UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

USO DE COBERTURAS Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES EDÁFICAS Y EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CAFÉ *(Coffea arabica* L.*)* SAN FRANCISCO DEL VALLE, OCOTEPEQUE

POR:

JADASSOHN ARGEÑAL DERAS

TESIS

CATACAMAS **OLANCHO**

MAYO 2019

USO DE COBERTURAS Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES EDÁFICAS Y EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CAFÉ *(Coffea arabica* L.*)* SAN FRANCISCO DEL VALLE, OCOTEPEQUE

POR:

JADASSOHN ARGEÑAL DERAS

M.Sc. SELVIN ANTONIO SARAVIA MALDONADO

Asesor principal

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS **OLANCHO**

MAYO 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en la Sala de Información Geográfica (SIG), adscrita a la Facultad Ciencias de la Tierra y la Conservación de la Universidad Nacional de Agricultura la: **M Sc. SELVIN ANTONIO SARAVIA MALDONADO, M Sc. EMILIO JAVIER FUENTES ZUNIGA** y el **M Sc. OSCAR IVAN FERREIRA CATRILEO,** miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **JADASSOHN ARGEÑAL DERAS** del IV Año de la Carrera de Recursos Naturales y Ambiente presentó su informe.

"USO DE SU COBERTURAS Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES EDÁFICAS Y EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) SAN FRANCISCO DEL VALLE, OCOTEPEQUE."

El cual a criterio de los examinadores, Aprobó este requisito para optar al título Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los quince días del mes de mayo del año dos mil diecinueve.

M Sc. SELVIN ANTONIO SARAVIA M.
Consejero Principal

M Sc. EMILIO JAVIER FUENTES Z.
Examinador

M Sc. OSCAR IVAN FERREIRA CATRILEO
Examinador

DEDICATORIA

A **DIOS TODO PODEROSO** por darme la sabiduría y la fortaleza para siempre salir adelante ante toda circunstancia; y ayudarme a culminar con éxito esta etapa tan importante en mi vida.

A mi madre **ELSA GLADIS DERAS HENRRIQUEZ,** por ser mi apoyo incondicional ante toda adversidad, por ser mi inspiración a querer seguir saliendo adelante, por brindarme valores éticos, morales y religiosos que son de gran importancia en mi vida tanto personal como profesional y por mostrarme que con Dios todo se puede.

A mi abuela **MERCEDES ENRRIQUEZ DEL ROSARIO,** por ser mi segunda madre y siempre darme palabras de aliento y consejos importantes en mi vida, por brindarme siempre su amor incondicional y por estar presente en los momentos más importantes de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS TODO PODEROSO** por ayudarme a culminar con éxito esta etapa tan importante en mi vida y no dejarme solo en los momentos difíciles de mis estudios.

A mi madre **ELSA GLADIS DERAS HENRRIQUEZ.** Por brindarme su apoyo incondicional y ser un ejemplo a seguir en mi vida en todos los aspectos, impulsarme a siempre salir adelante aun ante las dificultades, y ser mi soporte en los tropiezos de mi vida; y con su educación hacerme una persona de bien.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA** por brindarme los espacios y conocimientos para formarme como profesional; y brindarme una segunda familia.

A mis compañeros del **CUARTO 7 H MEDIANA, ARLIN CONCEPCION LAGOS RAMIREZ, CARLOS LEONEL MORALES RAMIREZ, JOEL EDUARDO DOMINGUEZ RODAS, YERY DAVID ARITA GUTIERREZ, AMILCAR ERNESTO CARIAS RIVERA, ROBERTO CARLOS CACHO,** por bridarme su amistad y apoyo en momentos difíciles en mis estudios; por ser parte de mi segunda familia; darme palabras de aliento en momentos cruciales y por compartir muchos momentos de felicidad durante nuestros estudios.

A mis amigos **DAFRI FERNANDO ACOSTA TORRES y CARLOS WILANDER HERNANDEZ MARTINEZ,** por demostrarme su gran amistad y apoyarme siempre en momentos difíciles durante nuestra vida universitaria y personal, por darme palabras de aliento en circunstancias por más complicadas que sean y estar para todas las que sea.

A mi hermano **BRYAN FRANCISCO LEÓN DERAS** y mi tío **LUIS RENE DERAS HENRRIQUEZ,** por siempre brindarme apoyo y darme palabras de aliento para no

desistir de mis estudios, por apoyarme en momento difíciles y siempre estar cuando más los necesite.

A mis asesores **M. Sc. SELVIN ANTONIO SARAVIA MALDONADO, M. Sc. OSCAR FERREIRA, M. Sc. EMILIO FUENTES,** por el apoyo brindado para el desarrollo de mi trabajo de investigación y guiarme para culminar con éxito esta etapa de mi vida universitaria.

A mi asesor adjunto **ING. PREVIN OSMAR VALDIVIEZO LEMUS,** por brindarme el apoyo para desarrollar mi trabajo de investigación en campo; darme consejos muy importantes durante mi estadía con él y por darme la oportunidad de trabajar con el proyecto Coffe & Climate.

A la fundación **HANNS R. NEUMANN STIFTUNG,** por darme la oportunidad de trabajar con su cuerpo técnico y mostrarme muchas nuevas tecnologías para el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A la **PROMOCION 2018 DE RECURSOS NATURALES** por ser mi segunda familia y compartir muchos buenos momentos en nuestra etapa universitaria y ser los mejores amigos que me brindo esta universidad.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACION ..... **i**
DEDICATORIA ..... **ii**
AGRADECIMIENTOS ..... **iii**
LISTADO DE FIGURAS ..... **viii**
LISTADO DE CUADROS ..... **ix**
LISTADO DE ANEXOS ..... **x**
RESUMEN ..... **xi**
I. INTRODUCCION **1**
II. OBJETIVOS **2**
2.1. Objetivo General 2
2.2. Objetivos Específicos 2
III. REVISIÓN DE LITERATURA **3**
3.1. Origen del café 3
3.2. Cultivo de café 3
3.3. Clasificación Botánica del café 4
3.4. Importancia del café a nivel mundial 4
3.5. Importancia del café a nivel nacional 5
3.6. Importancia del café a nivel local 6
3.6.1. Municipios de mayor producción en Ocotepeque 6
3.7. Manejo agronómico del café 6
3.7.1. Manejo y control de coberturas verdes 6
3.7.2. Fertilización 7
3.7.3. Control de plagas y enfermedades 7
3.7.4. Manejo de tejidos 7
3.8. Condiciones edafoclimáticas requeridas para el cultivo del café 8
3.8.1. Requisitos climáticos 8
3.8.2. Condiciones adecuadas de suelo 8
3.8.3. Textura 8
3.9. Coberturas de suelo en sistemas de producción de café 9

3.9.1. *Cajanus cajan* 10
3.9.2. *Brachiaria ruziziensis* 11
3.9.3. Cobertura nativa o moradilla *Commelina diffusa* 11
3.9.4. *Crotalaria juncea* 11
IV. MATERIALES Y METODO 13
4.1. Descripción del área de estudio 13
4.2. Historial del área de estudio 14
4.3. Materiales y equipo 14
4.3.1. Materiales y equipo de oficina y de campo 14
4.4. Metodología 15
4.4.1. Fase de campo 15
4.4.2. Envío de muestras al laboratorio 16
4.4.3. Fase de oficina 16
4.5. Descripción del trabajo experimental 17
4.6 Descripción de unidad experimental 17
4.7. Variables edáficas evaluadas 18
4.7.1. Humedad del suelo 18
4.7.2. Temperatura del suelo 18
4.7.3. Actividad biológica 19
4.8. Variables agronómicas evaluadas 19
4.8.1. Altura de planta 19
4.8.2 Ancho de planta 19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 20
5.1. Precipitación 20
5.2. Humedad en el suelo 21
5.3. Temperatura en el suelo 23
5.3. Actividad de la macro fauna en el suelo (*Lumbricus terrestris)* 25
5.5. Resultados de análisis químicos de suelo 29
5.5.1. Resultados de análisis foliares 31
5.6. Análisis de coeficiente de correlación de Pearson 34
5.7. Análisis de componentes principales para las propiedades químicas en el suelo. 38
5.8. Medición de variables agronómicas 42
5.8.1. Primera medición de altura y ancho 42

5.8.2. Segunda medición de datos de plantas 44
5.8.3. Tercera medición de datos de las plantas..... 46
VI. CONCLUSIONES..... 49
VII. RECOMENDACIONES 50
VIII. BIBLIOGRAFIA..... 51
ANEXOS..... 55

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la parcela de investigación en la comunidad de Las Lomas San Francisco del Valle, Ocotepeque. 13
Figura 2. Descripción gráfica de los tratamientos en la parcela a evaluada. 17
Figura 3. Gráfico de representación de la precipitación (mm) en todo el tiempo de investigación. 20
Figura 4. Comparación de porcentajes de humedad presente en el suelo con presencia de cinco diferentes coberturas. 21
Figura 5. Representación gráfica de la temperatura en el suelo para los diferentes tratamientos evaluados. 24
Figura 6. Gráfico de presencia de macro fauna a nivel de suelo a tres diferentes profundidades. 26
Figura 7. Gráfico representando los componentes principales CP1, CP2 para las variables químicas de suelo a una profundidad de 0.00 a 15.00 cm. 39
Figura 8. Gráfico representando los componentes principales CP1, CP2 para las variables químicas de suelo a una profundidad de 15.00 a 30.00 cm. 41
Figura 9. Gráfico de representación del desarrollo vegetativo del café en altura y ancho para la primera toma de datos. 43
Figura 10. Gráfico de representación del desarrollo vegetativo del café en altura y ancho para la segunda toma de datos. 45
Figura 11. Gráfico de representación del desarrollo vegetativo del café en altura y ancho para la tercera toma de datos. 47

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Condiciones adecuadas para la producción de café 8
Cuadro 2. Ventajas de incorporación de coberturas vivas 10
Cuadro 3.Resultados de los análisis químicos de suelos de 0.00 a 15.00 cm. 29
Cuadro 4. Resultados de los análisis químicos de suelos de 15.00 a 30.00 cm. 30
Cuadro 5. Tabla de resultados de análisis foliar en el cultivo de café. 31
Cuadro 6. Tabla de interpretación de análisis foliar en café. 32
Cuadro 7. Tabla de correlación de Pearson de los resultados de los análisis químicos de suelos de la profundidad de 0.00 a 15.00 cm..... 34
Cuadro 8. Tabla de correlación de Pearson de los resultados de los análisis químicos de suelos de la profundidad de 15.00 a 30.00 cm..... 36

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Identificación de plantas a muestrear 56
Anexo 2. Medición de plantas en campo 56
Anexo 3. Medición de humedad de suelo con el TDR..... 57
Anexo 4. Chapia de coberturas para su incorporación al suelo..... 57
Anexo 5. Sensores de medición de temperatura..... 58
Anexo 6. Monitoreo de lombriz de tierra 58
Anexo 7. Medición de lombrices de tierra 59
Anexo 8. Levantamiento de muestras de suelo de cada tratamiento. 59
Anexo 9. Fotografía aérea de la parcela de investigación 60
Anexo 10. Preparación y rotulación de cada muestra para su envío al laboratorio. 60
Anexo 11. Recolección de muestras foliares de las plantas de café..... 61
Anexo 12. Empaquetado e identificación de muestras foliares para su envío al laboratorio. 61
Anexo 13. Etiqueta de identificación de muestras de suelo 62
Anexo 14. Etiqueta de identificación de muestras foliares 62
Anexo 15. Resultados foliares de las plantas de café del tratamiento de Brachiaria ruziziensis 63
Anexo 16. Resultados foliares de las plantas de café del tratamiento de Cajanus cajan 64
Anexo 17. Resultados foliares de las plantas de café del tratamiento de Crotalaria juncea. 65
Anexo 18. Resultados foliares de las plantas de café del tratamiento de moradilla Commelina diffusa. 66
Anexo 19. Resultados foliares de las plantas de café del Testigo son cobertura 67
Anexo 20. Niveles de absorción de nutrientes de acuerdo al pH del suelo. 68
Anexo 21. Recibo de pago por análisis químicos de muestras de suelo. 68

ARGEÑAL DERAS, J. 2019. Uso de coberturas y su influencia en las propiedades edáficas y en el comportamiento agronómico del café *(coffea arabica* L*.)* San Francisco del Valle, Ocotepeque. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho 81 p.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el departamento de Ocotepeque, específicamente en la comunidad de Las Lomas, San Francisco del Valle. Con el objetivo de determinar la influencia del uso de diferentes coberturas en las propiedades edáficas del suelo y en el comportamiento agronómico del cultivo de café. Para ello, fueron usados los diferentes tratamientos como cobertura; *Brachiaria ruziziensis, Cajanus cajan, Crotalaria juncea, Commelina diffusa* y un testigo sin cobertura. Igualmente, se midieron las siguientes variables en el suelo: porcentaje de humedad, temperatura y actividad de macro fauna, en diferentes profundidades, el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas de café y también las propiedades químicas por medio de los análisis de suelos a dos profundidades. Los datos obtenidos en campo fueron organizados y posteriormente analizados utilizando una estadística descriptiva. Se muestran suelos demasiado ácidos debido a bajos niveles de pH y altos contenidos de aluminio, mostrando al tratamiento de *Brachiaria ruziziensis* con un pH de 4.09 como el más ácido y el testigo un pH de 5.44, en la humedad presente en el suelo, el tratamiento de *Commelina diffusa* con 28.3%, en la temperatura de suelo, 25.2 °C fue la temperatura promedio que mejor se mantuvo por la *Commelina diffusa* y el testigo sin cobertura alcanzo hasta 27.5°C siendo el más alto, el monitoreo de la macro fauna presente en el suelo el tratamiento de *Crotalaria juncea* con un total de 178 presencias es el más representativo y solamente le acompaña la *Brachiaria ruziziensis* mostrando un total de 110 presencias. En la evaluación agronómica del café el tratamiento de *Crotalaria juncea* mostró las mejores condiciones de entorno para el crecimiento y desarrollo normal de la planta. Por lo que se concluye, que el uso de algunas coberturas puede contribuir a elevar la acidez en el suelo por lo que se recomienda que se realicen más estudios para determinar qué tipo de coberturas son más óptimas para el asocio con el cultivo de café que el asocio de nuevas coberturas de suelo con café es muy recomendable y beneficioso para el cultivo por ayudar y mantener condiciones óptimas en ciertas propiedades edáficas y el desarrollo vegetativo del café.

Palabras claves: asocio, comportamiento agronómico, propiedades edáficas.

I. INTRODUCCION

La actividad cafetalera ha sido uno de los principales pilares de la sostenibilidad económica, social y ambiental de Honduras. Es una de las actividades humanas que, a lo largo del siglo XX, transformo nuestro paisaje, la economía y la cultura de miles de familias rurales, es el rubro de mayor influencia en el sector agrícola; más de 100,000 familias se benefician directamente de la explotación del cultivo (Arguijo 2011).

Con la actual crisis generada por los bajos precios internacionales, aproximadamente cerca de un 50% del área total de todos los cultivares es atendida por los productores, dándoles un manejo mínimo en cuanto a nutrición y propiedades fisicoquímicas del suelo, esto acompañado del costo alto de insumos necesarios, haciendo énfasis que muchos productores no tienen conocimiento acerca de nuevas alternativas o prácticas que se pueden emplear para sustituir los métodos convencionales tradicionales (IHCAFE 2004).

En la presente investigación se evaluaron 4 tipos de coberturas *Brachiaria ruziziensis, Cajanus cajan, Crotalaria juncea y Commelina diffusa* y se compararon con un Testigo usando suelo desnudo, en asocio a una plantación de café de dos años de edad, con el propósito de analizar y determinar la influencia que ejercen estas coberturas en las propiedades edáficas y en el crecimiento y desarrollo vegetativo del café.

Este trabajo se tomará como base para más investigaciones y proyectos en las zonas de influencia en la franja del corredor seco y del Trifinio para generar más información sobre la influencia de este tipo de coberturas en asocio con cafetales para mejorar las condiciones del suelo en la zona y determinar cuál es la más eficiente para el manejo agronómico del café, así como las ventajas y desventajas del uso de estas cobertura como un asocio en cafetos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar como el uso de diferentes coberturas influye en las propiedades edáficas y en el comportamiento agronómico del café *(coffea arabica)* San Francisco del Valle, Ocotepeque.

2.2. Objetivos Específicos

Evaluar el efecto de diferentes coberturas en el suelo con respecto al crecimiento y desarrollo del cultivo de café *(coffea arabica* L.*)* a nivel de campo.

Determinar la influencia del uso de diferentes coberturas en las propiedades químicas del suelo.

Medir la influencia del uso de diferentes coberturas en el contenido de humedad y temperatura del suelo.

Cuantificar el efecto de las diferentes coberturas sobre las lombrices de tierra (*Lumbricus terrestris*).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen del café

Existen muchas historias en relación al origen del café, una de ellas dice que por el año de, 1140 en Abisinia, unos pastores se dieron cuenta que sus cabras se ponían muy inquietas y se dieron a la tarea de investigar el por qué, y descubrieron que comían unos frutos rojos que se daban en unas matas. Los pastores tomaron los frutos y prepararon una bebida caliente para protegerse del frío nocturno del desierto. Se dice que esa bebida es lo que conocemos como café (Fernando *et al*. 2012). Lejos de Sudamérica, la cuna del café la encontramos en África, concretamente en lo que hoy conocemos como Etiopia. De allí, el grano viajó a Europa y desde el Viejo Continente y de la mano de los muchos europeos que se lanzaron a la aventura americana, el café llegó al otro lado del Atlántico. Luis XIV envió unos granos para su cultivo en Martinica, y fue por allí por donde entró al continente Americano.

3.2. Cultivo de café

El café pertenece al género coffea. El *coffea arábica* es la especie más notable a nivel mundial. El café proviene de *C. arabica* o *arábicas* del *C. canephora* o *robustas* y, en menor escala del *C. liberica.* El crecimiento y desarrollo vegetativo del café están relacionados con factores medioambientales y edáficos de las zonas cafetaleras tales como: ubicación del predio (altitud, latitud), clima (temperatura, luz, humedad, precipitación) y tipo de suelo (características físicas y químicas) (Marin 2012).

Los cafetos de la variedad Típica se distinguen por el color bronceado (rojizo) de las hojas que emergen tanto del ápice del eje central como de las ramas laterales, el tallo generalmente consta de un solo eje vertical con ejes verticales secundarios frecuentes que

nacen de los nudos, presentan abundante ramas naturales, los frutos maduros se caracterizan por un color rojo vistoso y se desprenden fácilmente de la planta, pero algunos mutantes presentan frutos maduros amarillos (Cárdenas 2007).

3.3. Clasificación Botánica del café

El lugar botánico del café había sido estudiado por más de dos siglos antes de que Linneo (1737) lo describiera en términos modernos. Linneo clasificó el cafeto en un grupo de plantas afines y creó el género Coffea. Más tarde Jussie incorporó ese grupo de plantas dentro de la familia de las Rubiáceas.

La familia de las Rubiáceas posee, según el Profesor Augusto Chevalier, más 500 géneros y de 6 a 8 mil especies descritas. Menciona además este autor que el género Coffea pertenecen unas sesenta especies (Monroig 2008).

A continuación la clasificación botánica del café actual:

- Reino ---------- Plantae
- División ---------- Anthophyta o Magnoliophyta
- Clase ---------- Magnoliopsideae
- Subclase ---------- Asterideae
- Orden ---------- Rubiales
- Familia ---------- Rubiaceae
- Género ---------- *Coffea*
- Especie ---------- *arabica, canephora, liberica*

3.4. Importancia del café a nivel mundial

Más de 25 millones de personas que viven en los trópicos dependen del café como medio de subsistencia. Este cultivo es el soporte económico de muchos países y el segundo producto más comercializado del mercado mundial, después del petróleo (Ecocafesal, 2009). No es posible exagerar la importancia del café en la economía mundial. El café es

uno de los productos primarios más valiosos, segundo en valor durante muchos años únicamente superado por el petróleo como fuente de divisas para los países en desarrollo. El cultivo, procesamiento, comercio, transporte y comercialización del café proporciona empleo a millones de personas en todo el mundo.

El café tiene una importancia crucial para la economía y la política de muchos países en desarrollo. Para muchos de los países menos adelantados del mundo, las exportaciones de café representan una parte sustancial de sus ingresos en divisas, en algunos casos más del 80.0%. El café es un producto básico que se comercia en los principales mercados de materias primas y de futuros, muy en especial en Londres y en Nueva York (God y Ecorfan 2005).

3.5. Importancia del café a nivel nacional

Históricamente las exportaciones de café han significado uno de los principales rubros para el sostenimiento de la economía nacional. Durante la cosecha 2016-2017 Honduras exportó 9.5 millones de sacos de 46kg mostrando un incremento del 41.85% comparado a los 6.7 millones registrados en el mismo periodo del 2015-2016; generando al país 1,327 millones de dólares. Aun con las adversidades que ha sufrido el cultivo como los factores climáticos, plagas y enfermedades, los productores con el apoyo de IHCAFE y las demás instituciones cafetaleras, han sabido enfrentar esos desafíos y han salido adelante manteniendo su producción y rompiendo el efecto de bi-anualidad. El café es el principal producto agrícola de exportación aportando más del 3% al PIB Nacional y cerca de 30% al PIB Agrícola. El café supera en más de $400 millones al banano que mantiene la segunda posición dentro de los principales productos de exportación (IHCAFE 2017).

El café se cultiva con importancia económica en 15 de los 18 departamentos del país, involucrando 63,703 productores. Las principales áreas de producción se encuentran en los departamentos de El Paraíso, Santa Bárbara, Olancho, Copán, Comayagua, La Paz y Lempira. Continúan en importancia, los departamentos de Cortés, Ocotepeque, Yoro, Francisco Morazán e Intibucá. Por último están Choluteca y Atlántida (Sostenible 1999).

3.6. Importancia del café a nivel local

La mayor parte de los productores son pequeños que se caracterizan por depender principalmente del café, con una economía familiar débil y vulnerable ante crisis de bajos precios y desastres naturales. Además, utilizan bajos niveles de tecnología, caracterizada por cafetales de baja densidad de siembra, mucha sombra, escaso manejo técnico y de muy bajos rendimientos, con costumbres y tradiciones familiares no adecuadas para el eficiente y racional uso de los recursos, carente de infraestructura y de recursos económicos para invertir en el adecuado mantenimiento del cultivo y de las fincas.

3.6.1. Municipios de mayor producción en Ocotepeque

Los municipios de: San Marcos, Sensenti, La Encarnación, Dolores Merendón, San Fernando y Fraternidad, comprenden un área total de 35,714 ha., con un promedio de 28 qq/mz. De esta área total cultivada, el 90% corresponde a pequeños productores (0 a 5 mz., 32,114 ha), el 5% a medianos productores (5 a 20 mz, 1800 ha) y 5% son grandes productores (20 o más mz. Cultivadas, 1800 ha) (Ruta 2013).

3.7. Manejo agronómico del café

3.7.1. Manejo y control de coberturas verdes

No se recomienda mantener el suelo desnudo, por lo que es necesario un manejo de coberturas, ejerciendo un control de tal forma que éstas no compitan por luz y agua. El manejo del cultivo en el terreno, va a tener como consecuencia una menor incidencia de "monte", esto facilita el manejo de la cobertura, que a su vez va a permitir un aporte de materia orgánica en la plantación, además de evitar la erosión del suelo (Ureña 2009).

3.7.2. Fertilización

La fertilización se realiza para obtener el mayor rendimiento posible con el mínimo de costo, para hacer rentable la actividad agrícola. Para cafetales, las recomendaciones deben considerar que hasta la floración las plantas de café necesitan principalmente N y P y a partir de la floración, cuando se inicia la etapa de producción, requiere principalmente N y K. Sin embargo, es fundamental mantener el balance de estos nutrientes (Valencia 2000).

En general, no se recomienda la fertilización foliar en cafetales, pues su efecto, por las bajas concentraciones de nutrientes utilizadas, es de corta duración, insuficiente, innecesaria y muchas veces antieconómica (Valencia 2000).

3.7.3. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades en el cultivos de café bajo un sistema de Buenas Prácticas Agrícolas, se basa principalmente en la prevención, esta comienza a la hora de elegir el material genético que introducimos a la finca, un buen balance nutricional, va a fortalecer el sistema inmune y de defensa que ellas tienen, sumado a las labores culturales de manejo de la plantación como, manejo de coberturas, podas sanitarias y de rejuvenecimiento en el café, va a disminuir sustancialmente la incidencia de enfermedades. Se debe establecer un control de monitoreo para detectar cualquier inicio de ataque de enfermedades para realizar un control (Ureña 2009).

3.7.4. Manejo de tejidos

Es la actividad que todo caficultor debe de realizar en los cafetales, consistiendo en la eliminación de ramas y rebrotes o "hijos" surgidos por plagas, los cuales no cumplen ninguna función benéfica, afectando la calidad del grano y retardando el crecimiento de la planta como tal. Las podas se realizan con el fin de permitir una buena aireación dentro de los cafetales y una entrada de luz aceptable según los requerimientos lumínicos del cultivo (Ramos 2016).

3.8. Condiciones edafoclimáticas requeridas para el cultivo del café

3.8.1. Requisitos climáticos

Agronómicamente pueden considerarse zonas óptimas para el cultivo del café aquellas que presenten temperaturas medias entre los 18°C y 23°C y precipitaciones de 1800 a 2500 mm, con una distribución que permita un periodo seco bien definido de 3 a 5 meses en donde se concentren las floraciones y las cosechas (Figueroa 2012) (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Condiciones adecuadas para la producción de café

Altitud (m.s.n.m.)	1,000 – 1,600
Precipitación pluvial (mm)	1,000 – 2,500
Temperatura (ºC)	18 – 22
Humedad relativa (%)	70 – 95
Luminosidad (horas de brillo solar)	1,500 – 2,500

Fuente**:** (Marin 2012)

3.8.2. Condiciones adecuadas de suelo

En relación al suelo, si bien el café presenta una notable adaptación a diferentes condiciones edáficas, son de esperar los mejores resultados productivos, en suelos profundos (> 1.5m.), de una acidez moderada (pH de 5 a 6.5), altos contenidos de materia orgánica (> 5%), elevados porcentajes de saturación de bases, adecuados contenidos de macro y micronutrientes y ausencia de elementos en niveles tóxicos (Carvajal 1984).

3.8.3. Textura

Aparte de ciertas variables como el pH y la MO los suelos también se tienen que acompañar de texturas medias (francas a franco arcillosas) que junto a buenas condiciones estructurales favorezcan un apropiado balance entre el drenaje del suelo y su capacidad de retener agua (Chaves 1999).

Las principales regiones cafetaleras de nuestro pais se encuentran asentadas sobre suelos que de acuerdo a la taxonomía del USDA (*United States Departament of Agriculture*) se ubican dentro de las órdenes de los Andisoles, Ultisoles, Inceptisoles o Alfisoles (Bertsch *et al*. 1993).

El predominio de texturas medias (francas a franco arcillosas) en la mayoría de los Andisoles, junto con sus buenas condiciones estructurales y una adecuada retención de agua por parte de sus coloides, se combinan para presentar un ambiente físico muy favorable para el desarrollo de los cafetos (Chaves 1999).

Los Andisoles en nuestro pais normalmente presentan altos porcentajes de saturación de bases y su fertilidad es variable dependiendo de la antigüedad y origen de las deposiciones volcánicas (Simmons 1969).

3.9. Coberturas de suelo en sistemas de producción de café

Las plantas de cobertura pueden ser utilizadas siguiendo dos enfoques generales: coberturas vivas y coberturas muertas. En el primer sistema las plantas de cobertura conviven con el cultivo principal. Este sistema es frecuentemente utilizado cuando no hay competencia por agua, luz o nutrimentos del suelo (Cervantes y Sancho 1997).

La investigación se enfocara al sistema de coberturas vivas en asocio con café, veamos algunas ventajas y desventajas de la incorporación de este tipo de cobertura a un sistema de producción Cuadro 2.

Cuadro 2. Ventajas de incorporación de coberturas vivas

Estructura de suelo	Fertilidad del suelo	Manejo de plagas y enfermedades
Mejora agregación	Provee cubierta de residuos	Preserva un balance favorable entre plagas y sus predadores
Incrementa macro poros	Regula temperatura	Aumenta diversidad biológica
Mejora infiltración	Conserva más humedad	
Reduce compactación	Aumenta fijación de "N"	
Disminuye escorrentía	Recicla nutrimentos	
Reduce erosión	Mantiene materia orgánica	

Fuente: (Cervantes y Sancho 1997)

Por otra parte, se tienen algunas desventajas como; la utilización de algunos materiales como mulch, si no es realizada con buenos manejos, puede generar una capa de materia orgánica impermeable que atrape mucha humedad provocando condiciones que predisponen a una rápida muerte de las raíces alimenticias del café(Fajardo 2001). Se necesita un manejo cuidadoso para prevenir la competencia entre el cultivo de cobertura y los cultivos asociados. En casos extremos esto puede llevar a que el cultivo de cobertura sea clasificado como una maleza (Pound 1997).

3.9.1. *Cajanus cajan*

El gandul o frijol de palo es un arbusto perenne que crece entre 1 a 3 m de altura y madura en cinco meses o más, según el cultivar y su reacción a la longitud del día. El color de las vainas es amarillo o rojizo en la madurez fisiológica. Es un cultivo de alto valor nutritivo. Sus granos contienen proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales

Entre los grandes aportes de esta planta están la posibilidad de acumular biomasa en el suelo, fijar nitrógeno, proporcionar cobertura a este, estructurar el suelo por medio de las raíces, reciclar nutrientes, además de numerosos beneficios secundarios, las cuales se

manejan entre los surcos de plantaciones nuevas de café y en espacios en donde hay suficiente penetración de luz solar (Coffe & Climate 2017).

3.9.2. *Brachiaria ruziziensis*

Es un pasto perenne que se adapta a muchos tipos de suelos, incluyendo los pobres, tolera la sombra pero es sensible a los encharcamientos. Crece en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 1,800 m.s.n.m. y en regiones con más de 1000 mm de lluvias. Posee un buen sistema radical, con la presencia de rizomas duros, que tienen facilidad de enraizar y producir ramas en los nudos inferiores. Es muy tempranero, con una buena velocidad de rebrote, y los niveles de proteínas entre el 11 y el 13% (Ajpop Gómez 2018).

Se comporta bien en zonas húmedas y no resiste sequías prolongadas, prefiere suelos fértiles y bien drenados formando rápidamente un colchón lo que impide crecimiento de malezas (Ajpop Gómez 2018).

3.9.3. Cobertura nativa o moradilla *Commelina diffusa*

El conocimiento de la cobertura nativa o natural constituye uno de los aspectos más importantes dentro del análisis físico biótico para el establecimiento de un cultivo, por ser indispensable no sólo en la caracterización de las unidades de paisaje, sino también, por su influencia en la formación y evolución de los suelos (Arévalo 2016). Se utiliza como forraje, es útil en los cafetales porque protege el suelo contra la erosión, también tiene uso medicinal (acompañada con otras plantas se utiliza en baños para disminuir inflamaciones en el cuerpo.

3.9.4. *Crotalaria juncea*

Es una planta leguminosa arbustiva que crece de 2 a 3m de altura, es de rápido crecimiento lo que le confiere mayor competitividad con plantas invasoras, presentando también un efecto alelopático o supresor con estas (Mayerly et al. 2005).

La *Crotalaria juncea* puede aportar de 10 a 15 ton/ha de materia seca cuando la población alcanza el 50% de la floración, con una relación C/N de 15. El aporte de nitrógeno es de 100-150kg/ha y 150-165kg/ha de N2 fijado, entre otro elementos, lo que demuestra su gran potencial para ser empleada como abono verde (Mayerly et al. 2005).

Las especies de *Crotalaria* tienen un considerable valor como forraje y ensilaje, como abono verde, como fuente de fibras, como cobertura de suelo en el control de la erosión y como ornamentales (Pinto y M. Ruiz 1986).

IV. MATERIALES Y METODO

4.1. Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó a partir del 03 de septiembre del año 2018 hasta el 22 de febrero del año 2019. El trabajo se llevó a cabo específicamente en la comunidad de Las Lomas, San Francisco del Valle Ocotepeque. Esta zona forma parte de la franja del corredor seco, posee en promedio una altitud: 1,233 msnm, precipitación anual: 1517 mm y la temperatura promedio de 21.7 °C y con coordenadas de referencia, latitud: 14.395443°, longitud: -88.998101° (Figura 1).

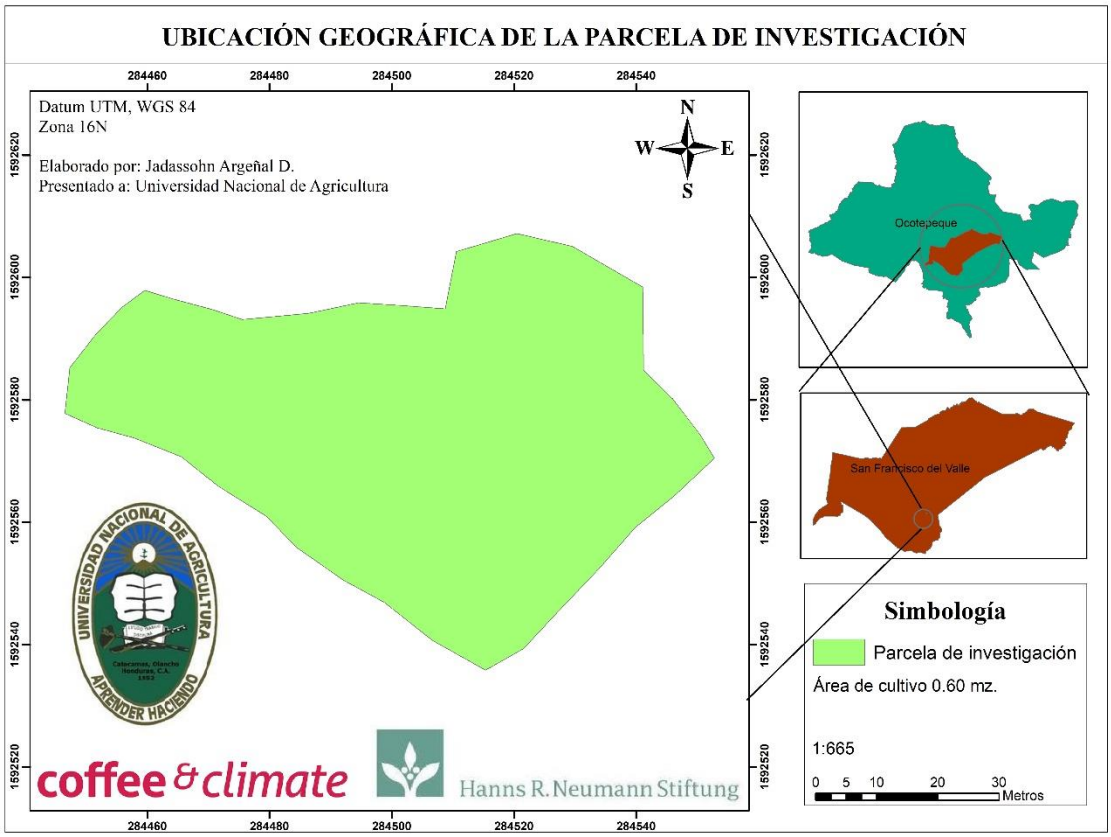


Figura 1. Ubicación geográfica de la parcela de investigación en la comunidad de Las Lomas San Francisco del Valle, Ocotepeque.

4.2. Historial del área de estudio

El área de estudio está ubicada en un terreno irregular con una pendiente de 35% de inclinación, el cultivo establecido en el área de estudio es café con aproximadamente 2 años exactos de edad. Esta parcela se encuentra bajo un sistema de prácticas de adaptación al cambio climático las cuales constan de un cambio de distanciamiento e incorporación de diferentes tipos de cobertura entre los surcos de café y también se tiene cobertura nativa. La parcela cuenta con un manejo adecuado como se le da normalmente. La zona forma parte de la franja del corredor seco y por ende cuenta con problemas como ser altas temperaturas, sequías y también la presencia de lluvias torrenciales.

Su manejo ha consistido en la incorporación de la biomasa producida por las coberturas al suelo y que a su vez también ayude como un tipo de fertilización orgánica, esto con fines de ayudar a la prolongación de la humedad en el suelo, mantener temperaturas a nivel de suelo que sean óptimas para el desarrollo radicular y este a su vez permita un buen desarrollo vegetativo de la planta, también a la mejora de las propiedades físicas, químicas y actividad biológica del suelo.

4.3. Materiales y equipo

4.3.1. Materiales y equipo de oficina y de campo

En oficina se utilizaron materiales como; marcadores, lápiz y cuaderno y equipos como: computadora, software de ArcGIS, software de SpecWare 9 Basic, software de InfoStat, paquete computacional de Office.

En campo se utilizaron materiales como; marcadores, cintas de nylon, bolsas de papel, bolsas de plástico y cuaderno de campo, herramientas como; metro, piocha, machete y barreno para suelo y equipo como; GPS, cámara digital, TDR 350, sensores “Smart buttons”, balanza digital, Rain logger.

4.4. Metodología

La caracterización del trabajo se llevó a cabo en tres fases, la primera a nivel de campo, la segunda el envío de muestras al laboratorio y una última en oficina.

4.4.1. Fase de campo

En esta fase se inició con la inspección a la parcela, en la que se tenían los tratamientos establecidos. En cada tratamiento se tomaron cuatro puntos de referencia, en cada punto se identificaron cinco plantas lo que al final equivaldría a veinte plantas por tratamiento, dichas plantas se identificaron con un listón de nylon color fluorescente y se mantuvieron en un monitoreo de cada dos meses y se tomaron de referencia para realizar las mediciones de otras variables a evaluar como: % de humedad en el suelo, actividad de macro fauna y temperatura de suelo y posteriormente también como referencia para la toma de muestras de suelo y muestras foliares del café.

A) Muestreo de suelo

La recolección de las sub muestras de suelo se realizó ubicando los puntos de muestreo donde se encuentran las plantas de referencia para las mediciones, se procedió a recolectarlas bajo el área foliar de cada planta exactamente en la banda de fertilización, esto se realizó a dos profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm.

Este muestreo se realizó en forma de zig-zag en cada tratamiento, obteniendo una muestra homogénea compuesta de 4 sub muestras. Se hizo uso de un barreno para obtener las muestras a las diferentes profundidades. Después almacenaron las muestras en un entorno bajo sombra y con temperatura ambiente, posteriormente se identificaron y rotularon respectivamente cada muestra para ser enviadas al laboratorio.

B) Muestreo foliar

El muestro se realizó en el mes de enero, siendo un tiempo ideal para realizar el análisis foliar debido a que en este tiempo la cosecha de café ya ha finalizado en la mayoría de

las zonas. El muestreó en forma de zig – zag un total de 7 plantas de café por tratamiento, el muestreo foliar se efectuó en el mismo árbol donde se tomó la muestra de suelo; se eligieron bandolas de la parte media del árbol y sean productivas seleccionando el tercer par de hojas (de afuera hacia adentro de la bandola); tomando como primer par aquellas que presentan un tamaño mayor de 5 cm de longitud.

Se recolectaron 4 hojas sanas por cafeto (dos hojas por cada bandola ubicadas en sentido opuesto del árbol). Muestreando 7 plantas de café, se obtuvo un total de 28 hojas como mínimo por cada tratamiento. Las hojas recolectadas se depositaron en una bolsa de papel limpia, procurando que queden ordenadas, para evitar daños mecánicos y quemaduras de sol. Se mantuvieron a una temperatura ambiente en un refrigerador para evitar deshidratación. Cada bolsa se identificó con una etiqueta, la cual se amarra en la parte superior o se coloca dentro de la bolsa. Identificando: código de muestra y fecha de muestreo.

4.4.2. Envío de muestras al laboratorio

Para los análisis de químicos se recolectaron las muestras de suelo de cada tratamiento evaluado, se prepararon y se rotularon adecuadamente para ser transportadas al Laboratorio Químico Agrícola San Pedro Sula, Honduras.

Para los análisis foliares se recolectaron las muestras de las plantas de café de los tratamientos evaluados y se prepararon y empaquetaron adecuadamente cada una con su respectiva rotulación y se transportaron al Laboratorio Químico Agrícola San Pedro Sula, Honduras.

4.4.3. Fase de oficina

En esta fase se procedió a digitalizar toda la información y los datos obtenidos en campo y poder representarlos de distintas maneras para su posterior interpretación. De igual manera los resultados de los análisis químicos se trabajaron con distintos software y programas para su interpretación y representación.

4.5. Descripción del trabajo experimental

Los tratamientos evaluados estaban establecidos anterior a la investigación en campo, se procedió a trabajar mediante la estadística descriptiva para las variables edáficas tomadas en campo como el porcentaje de humedad, la temperatura y la actividad de macro fauna presente en el suelo.

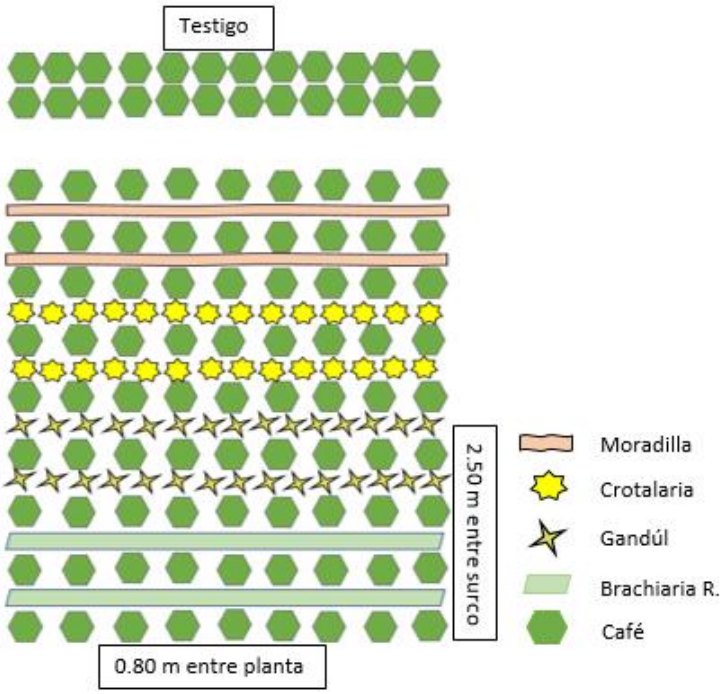


Figura 2. Descripción gráfica de los tratamientos en la parcela a evaluada.

Los tipos de coberturas que se encuentran establecidas son:

- Pasto (*Brachiaria ruziziensis*)
- Gandul (*Cajanus cajan*)
- Crotalaria (*Crotalaria juncea*)
- Cobertura nativa o moradilla (*Commelina diffusa*)

4.6 Descripción de unidad experimental

El área total del sitio de investigación corresponde a 4,192 m², en la cual está el cultivo de café con sus diferentes coberturas. La parcela está dividida en cinco tratamientos de

los cuales tres cuentan con coberturas introducidas, uno con cobertura nativa y eventualmente un testigo con suelo desnudo que es el sistema tradicional o convencional usado por los productores. En cada tratamiento se tomaron cuatro puntos de referencia para realizar las mediciones de las variables de las plantas de café, cada punto estaba conformado por 5 plantas de café presentando un total de 20 plantas por tratamiento.

Para los resultados de los análisis químicos de suelos que se realizaron se utilizó un análisis multivariado de componentes principales para ver que variabilidad mostraron los tratamientos en cuanto a las variables evaluadas y los resultados foliares se representaron mediante una tabla comparativa.

4.7. Variables edáficas evaluadas

4.7.1. Humedad del suelo

Para obtener los datos de humedad del suelo se utilizó un equipo digital especial conocido como "TDR 350 FieldScout" que ayuda a medir el porcentaje de humedad en función del tipo de suelo. Las mediciones se realizaron a una profundidad aproximada de 18 cm, el aparato cuenta con dos agujas especiales para introducirlas en el suelo y tomar los datos de humedad y temperatura, previamente este se debe calibrar según el tipo de suelo que se tiene y con un líquido que es agua desmineralizada para que no exista error en los datos tomados. Los datos que genera normalmente son los establecimientos de parámetros críticos de humedad de suelo para café generados por la influencia de las coberturas.

4.7.2. Temperatura del suelo

Se mantuvo el monitoreo de temperatura con unos sensores "Smart buttons" que se programan en un software específico para este equipo, estos sensores recogieron información cada 3 horas durante todos los días durante todo el tiempo de estudio. La temperatura promedio ideal de suelo es de 20°C a 26°C (Pulgarín Arcila 2008), con los datos obtenidos se realizaron comparaciones entre los tratamientos para ver qué tipo de cobertura es la que genera más influencia en la temperatura de suelo.

4.7.3. Actividad biológica

Se realizó con una metodología descriptiva que consta del monitoreo y recuento de lombrices de tierra *Lumbricus terrestris* por metro cuadrado (Jord 2006). La cual consta de seleccionar un sitio dentro del tratamiento en el cual se incorpora el mulch producido por las coberturas entre los surcos de café, se limpió y se midió 1 metro cuadrado después se procedió a realizar la primer excavación de 10 cm de profundidad con una piocha, luego se removió toda la tierra y se identificaron todas las lombrices de tierra (*Lumbricus terrestres)* y se hizo un conteo para ver de cuantas presencias se tenía en esta primera profundidad y después se les tomo un dato de peso con una balanza digital. El mismo procedimiento se replicó con las otras dos profundidades de 11-20 cm y 21-30 cm.

4.8. Variables agronómicas evaluadas

4.8.1. Altura de planta

Se realizaron mediciones de altura en las plantas cada 60 días tomando mediciones de su altura, esto se realizó con una cinta métrica que se coloca desde el pie de la planta hasta la copa de su follaje, se realizaron tres mediciones en total para determinar que cobertura generó las mejores condiciones para el crecimiento de la planta (Valdez 2014).

4.8.2 Ancho de planta

Se realizaron mediciones de ancho de plantas cada 60 días utilizando una cinta métrica midiendo las bandolas más largas que están en dirección de los camellones o camino entre surcos midiendo de la punta de la última hoja de adentro hacia afuera hasta la punta de la última hoja de la otra bandola. Se realizaron tres mediciones en total para determinar qué tipo de cobertura mantiene las condiciones más favorables para el desarrollo lateral de la planta de café (Valdez 2014).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Precipitación

En la **(**figura 6**)** se puede apreciar el comportamiento o la distribución de la precipitación de la zona de estudio que finalizó en el mes de septiembre y se presenta remarcado un periodo de sequía prolongada de dos meses de duración comprendidos desde octubre hasta noviembre sometiendo al cultivo de café a un fuerte estrés hídrico.

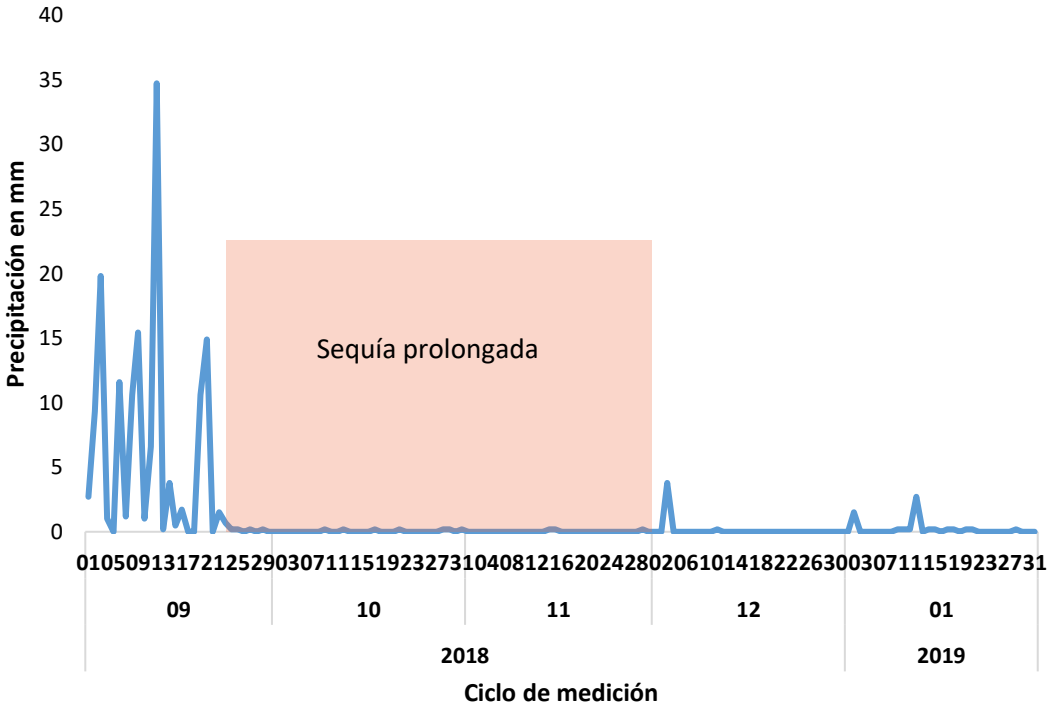


Figura 3. Gráfico de representación de la precipitación (mm) en todo el tiempo de investigación.

La precipitación es un factor fundamental para todo proceso de cualquier cultivo (Valencia 2000), para el café los niveles adecuados de precipitación en una adecuada distribución son de 1,000 – 2,500 mm (Ramírez Builes 2010). A ciertas coberturas como ser el pasto, el gandul y la crotalaria no les afecto en gran medida la ausencia de

precipitación esto debido a que tienen características de resistencia a estas condiciones extremas.

La ausencia de precipitación produjo para este periodo una reducción en la actividad macro biana como se aprecia en la figura 5, en todos los tratamientos, tomando en cuenta que aún se tenía biomasa casi degradada en su totalidad de la incorporación realizada en septiembre pero no de manera muy significativa. Aunque no se observó que influyera mucho en los porcentajes de humedad como ser observa en la (figura 4).

La precipitación en uno de los factores clave para cambiar tanto la humedad en el suelo así como la temperatura que como se puede observar en la (figura 5) todos los tratamientos mantuvieron una temperatura constante durante el tiempo de sequía.

Debido a este suceso de sequía pues no se tuvo una buena degradación de los materiales vegetales incorporados al suelo, por lo que podría ser una de las justificaciones de la poca influencia en las propiedades químicas de suelo.

5.2. Humedad en el suelo

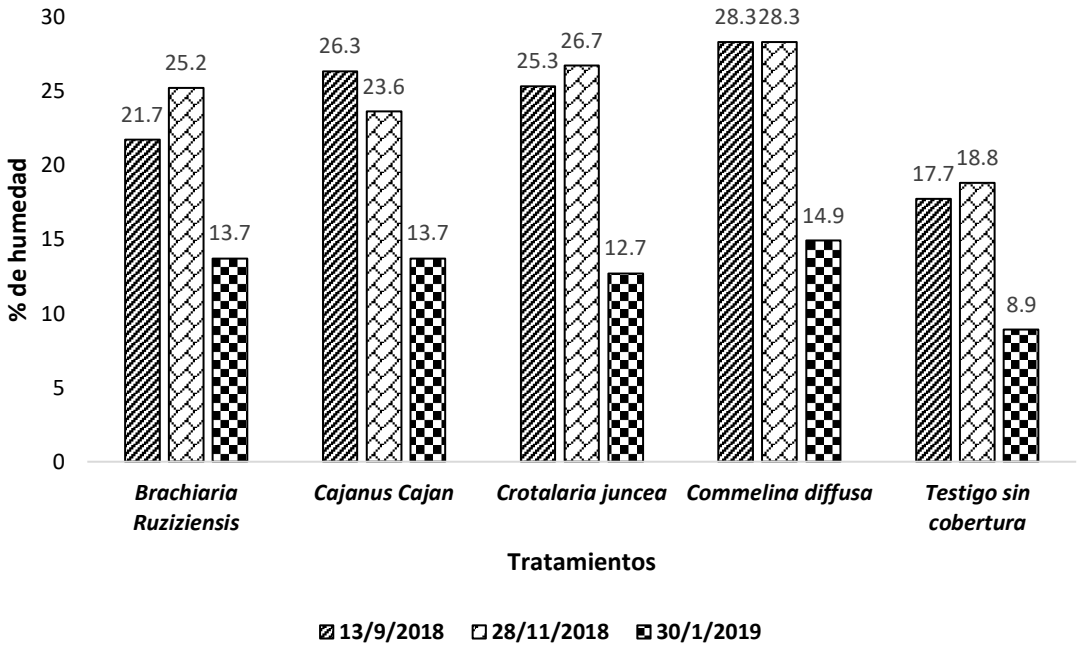


Figura 4. Comparación de porcentajes de humedad presente en el suelo con presencia de cinco diferentes coberturas.

Como se muestra en la figura 3, se compararon los porcentajes de humedad de los cinco tratamientos y se realizaron 3 mediciones. En el caso del primer tratamiento de *Brachiaria ruziziensis* muestra unos niveles de humedad considerables en la primer medición con un promedio de 21.7% tomando en cuenta que tenía biomasa del pasto incorporado al suelo este empezaba a influir en los niveles de humedad. En la segunda medición muestra un incremento a 25.2% de humedad siendo un rango bastante aceptable a nivel de suelo para el café.

En el segundo tratamiento que es el *Cajanus cajan*, se tienen resultados muy satisfactorios en la primer toma de datos con un promedio de 26.3% y utilizando las barras de error se puede observar la varianza de similitud entre los datos obtenidos que fue muy significativa indicando que todo el tratamiento cuenta con buenos niveles de humedad. Correspondiente a la segunda medición también se observó una varianza significativa en todos los datos obtenidos y esto se refleja en el promedio general que obtuvo de 23.6% de humedad siendo siempre un nivel aceptable para el suelo.

El siguiente tratamiento a evaluar fue el de *Crotalaria juncea* el cual es uno de los que mejores resultados presentaron, en la primer toma de datos se obtuvo un promedio general de 25.3% de humedad, por lo que se compara con el segundo resultado obtenido que alcanzo un 26.7% de humedad, el primer resultado presento una variabilidad muy significativa según las barras de error, en cambio el segundo resultado muestra una significancia de que los datos obtenidos son más uniformes y no varían en todo el tratamiento.

Aunque los mejores resultados se presentan en el tratamiento de cobertura nativa *Commelina diffusa* manteniendo un promedio de 28.3% en la primer y segunda medición, lo cual indica que la incorporación de este tipo de cobertura al suelo ayuda en medida muy positiva a la prolongación adecuada de humedad en el suelo y esto a su vez facilita bastante para mantener una actividad biológica favorable para la descomposición de materia orgánica y la desmineralización de nutrientes. A su vez también esto influyo a

mantener una temperatura a nivel de suelo favorable para los procesos que se llevan a cabo en este.

La distribución de homogeneidad no es muy significativa esto debido a que después de la primer toma de datos se prolongó una sequía en la zona, lo cual afectó a la preservación de humedad en ciertos lugares del tratamiento lo cual se refleja en la barra de error de la segunda medición, por lo que esta barra es menor que la de barra de la primer medición.

El último tratamiento es el testigo sin cobertura, el cual se esperaba obtener resultados como los que presento, con bajos niveles de humedad en todas las mediciones, el porcentaje más alto de humedad presentado fue de 18.8%, lo que concuerda con (Fajardo 2001) que indica que en suelos bajo *mulch* se puede observar un mayor contenido de humedad en comparación con suelos sin cubierta y esto debido a que disminuye las perdidas por evaporación.

Con lo que respecta a la tercer medición de todos los tratamientos, esta no sobre paso el 15% de humedad en el suelo, lo que se explica debido a que esta se realizó a finales de la cosecha de café ya cuando la cobertura que estaba incorporada se había degradado y también se vio influenciado por las condiciones climáticas presentes en ese tiempo que no eran lo suficientemente favorables.

Así podemos decir que existe una diferencia muy significativa entre los tratamientos que cuentan con coberturas de suelo incorporada y uno sin cobertura, el porcentaje de humedad se ve fuertemente influenciado por esta práctica lo cual es muy favorable para el desarrollo tanto radicular como vegetativo de la planta de café.

5.3. Temperatura en el suelo

Debido a que la temperatura cambia según la época del año, hora del día y profundidad, se mantuvo en monitoreo durante todo el día cada 3 horas todos los días hasta finalizar la

investigación, los resultados presentados en la figura 5 muestran un comportamiento a favor de los tratamientos con coberturas.

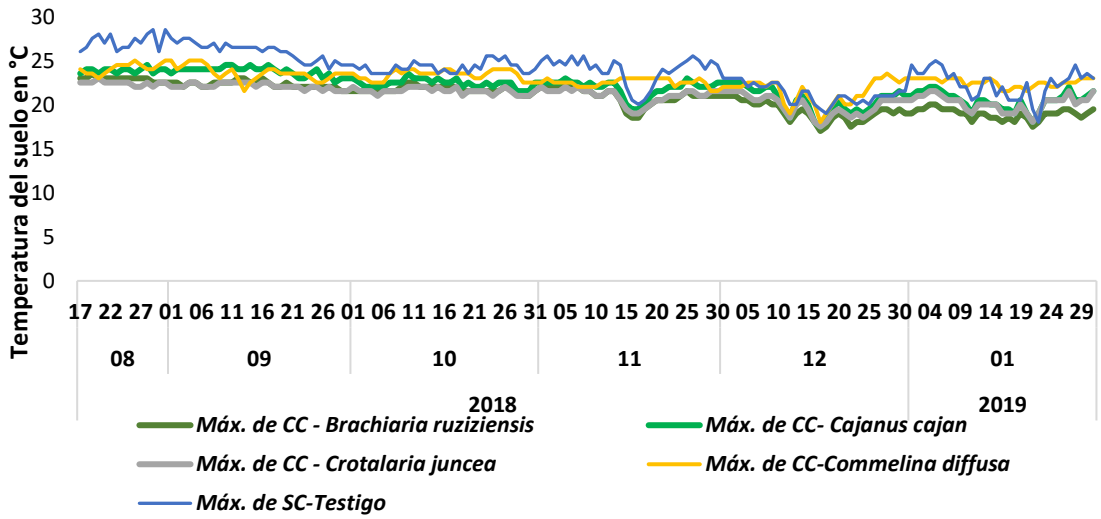


Figura 5. Representación gráfica de la temperatura en el suelo para los diferentes tratamientos evaluados.

La temperatura de suelo afecta la actividad metabólica de las raíces, la absorción radical, las reacciones químicas que ocurren en el suelo y la actividad de los micro y macro organismos. Los factores externos que la influencian son la radiación incidente (solar y/o terrestre), temperatura del aire, humedad del viento, velocidad del viento, cubierta vegetal y rugosidad de la superficie (Fajardo 2001).

Antes de incorporar el *mulch* la temperatura más alta que se tenía registrada era de 28.5°C que es la temperatura más alta alcanzada por el testigo sin cobertura, después que se incorpora la biomasa se tienen temperaturas constantes desde 22 a 24°C, (Fajardo 2001) señala que el efecto del uso de mulch sobre la temperatura de suelo depende del material utilizado, ya que cada mulch genera su propio régimen. Por lo que se puede observar que no tienen una diferencia muy pronunciada en todos los tratamientos a excepción del testigo.

Debido a que las temperaturas presentaron un comportamiento uniforme la degradación de la biomasa fue bastante lenta y a pesar de que en el mes de noviembre se presentó una

sequía bastante prolongada se pudo observar un cambio brusco en las temperaturas de los tratamientos a excepción del tratamiento de cobertura nativa *Commelina diffusa* que es el único que se mantiene en temperaturas de 22°C, los demás incluyendo el tratamiento sin cobertura tuvieron una temperaturas de 20 a 19°C.

A partir del mes de diciembre se puede observar mucha diferencia en los cambios de temperatura esto debido a las condiciones climáticas de bajas temperaturas en esa época la cual hace un cambio brusco para el mes de enero en donde se intenta retomar el comportamiento de la temperatura debido al cambio de condiciones del entorno y que ya no se tiene *mulch* como tal, hasta finales de este mes de enero que se vuelve a realizar otra incorporación pero ya se tiene todos los registros necesarios.

A pesar de presentarse diferencias significativas, las temperaturas de todos los tratamientos se encuentran en el rango óptimo para el desarrollo radicular del cultivo de café y degradación de materia orgánica.

(Franco, 1982) indica que a temperaturas constantes de 33°C en el suelo el sistema radicular y el desarrollo vegetativo del café como ser la altura de las plantas y el ancho tienden a ser drásticamente reducidos. Por lo tanto en la investigación se pudo apreciar que ninguno de los tratamientos incluido el que está sin cobertura sobre paso los límites de temperatura siendo el testigo sin cobertura el que tiene la temperatura más alta de 28.5°C.

5.3. Actividad de la macro fauna en el suelo (*Lumbricus terrestris)*

Como se muestra en la figura 6, a pesar de que los tratamientos están todos en la misma parcela, la macro fauna es más representativa para algunos tratamientos. El monitoreo se dividió en tres mediciones las cuales se mantuvieron en lapsos de tiempo similares al del mediciones de las variables de las plantas de café por tratamiento.

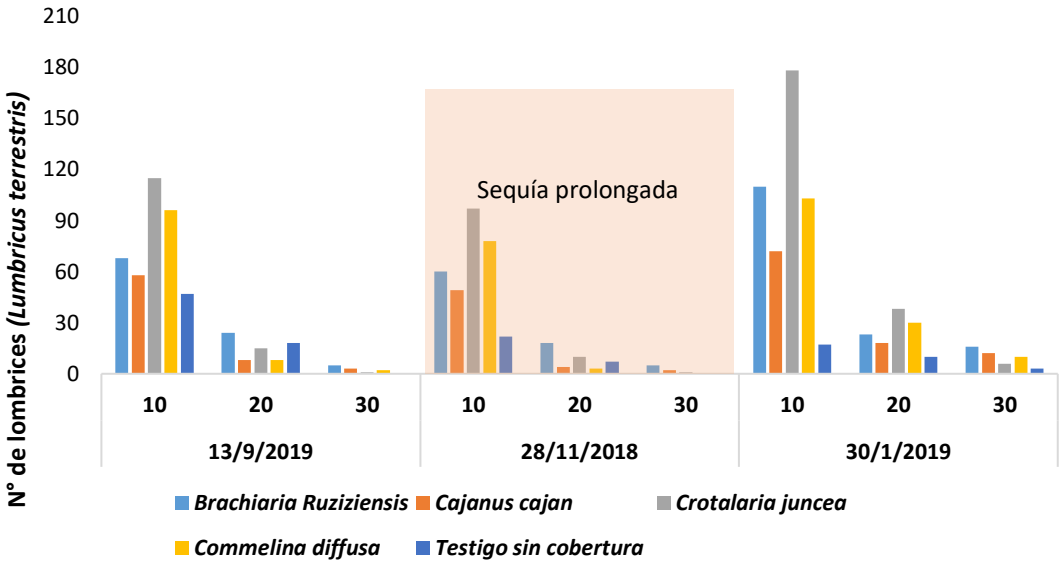


Figura 6. Gráfico de presencia de macro fauna a nivel de suelo a tres diferentes profundidades.

Según (Meléndez y Molina 2001) la mayor presencia de actividad biológica se encuentra siempre en los primeros centímetros de profundidad, y puede verse influenciado por la incorporación de biomasa al suelo en este caso sería la producida por las coberturas, el tratamiento con mayor presencia es el de cobertura de *Crotalaria juncea* que mantiene su actividad y esto debido a que el sistema radicular de esta tiende a ser muy desarrollado, se pudo monitorear un promedio de 115 presencias en los primeros 10 cm de profundidad en la primer toma de datos. En comparación con el Testigo que presento un promedio de solo 47 presencias a los primeros cm de profundidad.

Otro de los tratamientos que resulto con un promedio considerable para los primeros 10 cm de profundidad es el de cobertura nativa *Commelina diffusa* que demostró poder superar ligeramente al tratamiento de *Brachiaria Ruziziensis* y al tratamiento de *Cajanus cajan* en la primera profundidad. En cambio en las demás profundidades el que mantiene un poco más de actividad es el tratamiento de *Brachiaria Ruziziensis*, esto debido a que el sistema radicular de este pasto es bastante desarrollado pero de manera superficial, por eso puede mantener su tendencia de poseer actividad biológica a más profundidades.

Por ende en la primera medición se obtuvieron resultados muy positivos en cuanto a la actividad biológica tomando en cuenta que se había hecho la incorporación de biomasa

en un periodo de corto tiempo. Como se presenta en la figura 4 en la primera medición se tienen porcentajes de humedad muy considerables, esto permite que los organismos presentes puedan llevar a cabo todas sus funciones con normalidad en el suelo (Meléndez y Molina 2001).

Siempre se debe de tomar en cuenta que estas coberturas son introducidas y por ende tienen ciertas características tanto de desarrollo como de resistencias, en este caso el pasto es un hibrido modificado para soportar fuertes precipitaciones, altas temperaturas y sequías prolongadas, por lo que es muy común que en condiciones favorables presente respuestas positivas para la presencia de actividad biológica (Climate 2015).

En la segunda toma de datos los números de *Lumbricus terrestris* se ven disminuidos y se relaciona con la sequía que se tenía para esa temporada que se marcó desde finales de la temporada lluviosa de septiembre hasta inicios de diciembre, pero siempre se presentan resultados considerables en algunos tratamientos como ser la *Crotalaria juncea* con mayor actividad biológica y la *Commelina diffusa* siendo la segunda más representativa seguidamente de la *Brachiaria ruziziensis* que mostró una muy buena respuesta en los primeros 10 cm de profundidad en la segunda medición.

El *Cajanus cajan* al igual que la *Crotalaria juncea* es característico por tener un fuerte desarrollo radicular aún en suelos muy compactados, esto ayuda a explicar el comportamiento de la actividad biológica ya que viene obteniendo la misma tendencia del pasto pero en menos presencias, destacando que se presentaron pérdidas de plantas de *Cajanus cajan* por el verano anterior al trabajo de investigación y la reciente sequía, este presentó números considerables en los primeros centímetros de profundidad en la segunda toma de datos, no obstante en la tercera medición se obtuvo un comportamiento diferente ya que se observó más actividad biológica en todas las profundidades evaluadas.

El tratamiento con menor presencia como era de esperar fue el testigo sin cobertura ya que este contaba con un suelo totalmente desnudo, sin ningún tipo de incorporación de biomasa, solo se pudo observar un pequeño número representativo en la primer toma de datos pero se debe tener en cuenta que fue durante un mes de bastante precipitación que

es septiembre aunque en las demás profundidades evaluadas no presentó una actividad biológica muy representativa. Al igual que las dos tomas de mediciones siguientes mantuvo una muy baja presencia de macro fauna (*Lumbricus terrestris*).

En resumen se destaca la elevada presencia de lombrices en los primeros centímetros de profundidad debido a que está relacionada con el entorno favorable como se observa en la figura 3 los tratamientos con cobertura presentan un excelente porcentaje de humedad en el suelo el cual es influye de manera positiva para la actividad biológica de los micro y macro organismos en este caso la lombriz de tierra.

5.5. Resultados de análisis químicos de suelo

Debido a que el estado del suelo es muy importante se realizó un análisis para determinar el estado de las propiedades químicas, los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 3, indicando que los niveles de fertilidad natural son demasiado bajos esto debido a los altos niveles de acidez presente a una profundidad de 0-15 cm.

Cuadro 3.Resultados de los análisis químicos de suelos de 0.00 a 15.00 cm.

Tratamiento	**Profundidad cm**	**pH**	**MO**	**N-total**	meq/100g				Ppm					**SB meq/100g**	**H + Al**	**CICe**	**CICT**	**%SAl**	**%SB**
					K	**Ca**	**Mg**	**Al**	**P-asim**	**Zn**	**Mn**	**Fe**	**Cu**						
Brachiaria ruziziensis	0.0 - 15.0 cm	4.09	0.80	0.04	0.37	2.65	0.89	5.98	73.30	0.68	16.96	26.48	0.38	3.91	6.60	9.89	10.51	60.47	37.20
Cajanus cajan	0.0 - 15.0 cm	4.16	1.20	0.06	0.26	2.50	1.80	8.61	17.20	0.71	6.58	16.68	0.04	4.56	9.00	13.17	13.56	65.38	33.63
Crotalaria juncea	0.0 - 15.0 cm	4.11	0.54	0.03	0.35	2.71	2.00	14.63	8.33	0.76	4.41	12.72	0.13	5.06	15.20	19.69	20.26	74.30	24.98
Commelina diffusa	0.0 - 15.0 cm	4.37	1.06	0.05	0.31	3.47	3.26	8.41	9.86	0.74	7.72	22.14	0.16	7.04	8.80	15.45	15.84	54.43	44.44
Testigo (sin cobertura)	0.0 - 15.0 cm	4.34	0.80	0.04	0.47	3.36	1.04	3.41	34.90	2.77	62.92	27.83	0.69	4.87	3.80	8.28	8.67	41.18	56.17

Debido a que el estado del suelo es muy importante se realizó un análisis para determinar el estado de las propiedades químicas, los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 4, indicando que los niveles de fertilidad natural son demasiado bajos esto debido a los altos niveles de acidez presente a una profundidad de 15-30 cm.

Cuadro 4. Resultados de los análisis químicos de suelos de 15.00 a 30.00 cm.

Tratamiento	**Profundidad cm**	**pH**	**MO**	**N-total**	meq/100g				Ppm					**SB**	**H + Al**	**CICe**	**CICT**	**%SAl**	**%SB**
					K	**Ca**	**Mg**	**Al**	**P-asim**	**Zn**	**Mn**	**Fe**	**Cu**						
Brachiaria ruziziensis	15.0 -30.0 cm	4.32	0.93	0.05	0.36	3.13	1.45	4.81	9.63	0.59	14.20	17.81	0.21	4.94	5.20	9.75	10.14	49.33	48.72
Cajanus cajan	15.0 -30.0 cm	4.38	1.59	0.08	0.20	2.34	3.25	10.80	4.08	0.67	3.30	13.22	0.03	5.79	11.00	16.59	16.79	65.10	34.48
Crotalaria juncea.	15.0 -30.0 cm	4.43	1.99	0.10	0.24	2.28	2.63	14.68	7.74	0.50	2.02	9.32	0.08	5.15	15.30	19.83	20.45	74.03	25.18
Commelina diffusa	15.0 -30.0 cm	4.10	1.59	0.08	0.27	3.75	3.27	7.90	2.96	0.45	4.26	14.30	0.13	7.29	8.40	15.19	15.69	52.01	46.46
Testigo (sin cobertura)	15.0 -30.0 cm	5.44	0.67	0.03	0.53	4.66	2.97	3.79	6.44	1.33	59.22	9.84	0.37	8.16	4.00	11.95	12.16	31.72	67.11

Como se aprecia en los resultados de los análisis químicos, en las dos profundidades evaluadas, se tienen resultados muy bajos de pH y altos niveles de aluminio, lo que indica una sumatoria de bases muy baja al igual que el porcentaje de sumatoria de bases, estos conlleva a una baja capacidad de intercambio catiónico efectiva, y por tanto elementos como el manganeso y el zinc se presentan en niveles tóxicos para la planta.

5.5.1. Resultados de análisis foliares

Según lo mostrado en el cuadro 5 en el análisis de tejidos realizado a cada tratamiento se puede observar la mayoría de que hay una variabilidad en ciertos nutrientes.

Cuadro 5. Tabla de resultados de análisis foliar en el cultivo de café.

	%					Ppm			
Tratamiento	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Fe**	**Mn**	**Zn**	**Cu**
Brachiaria ruziziensis	2.24	0.15	1.60	1.64	0.45	81	241	9.0	133
Cajanus cajan	2.33	0.11	1.47	1.41	0.45	102	174	9.0	95
Crotalaria juncea	2.43	0.12	2.12	1.80	0.55	118	149	12.0	62
Commelina diffusa	2.24	0.21	1.82	1.66	0.43	92	273	9.5	27
Testigo sin cobertura	2.80	0.09	1.98	1.28	0.04	130	888	9.0	0.55

Como ser el tratamiento con *Brachiaria ruziziensis* que muestra una ligera deficiencia de nitrógeno por lo que también se puede observar por los niveles disponibles a nivel de suelo que se encuentran muy bajos evaluados en dos profundidades, lo que está influenciado por los bajos niveles de pH, esto se refleja en el variado crecimiento de las plantas de café. No obstante las plantas de café de este tratamiento también presentan un exceso en elementos como el Mn y el Cu.

Pero se toma en cuenta que los niveles de fosforo (P) y potasio (K) están en un rango adecuado para las plantas por esta razón no es tan representativo el poco crecimiento de plantas. En cuanto al Mg se tiene un valor muy alto en cuanto al rango ideal de este nutriente en la planta, tomando en cuenta que a nivel de suelo se encuentra en niveles óptimos no perjudiciales para la planta.

(Suárez Rozo 2010) muestra los rangos ideales de los nutrientes presentes en la planta de café para Honduras en la siguiente cuadro:

Cuadro 6. Tabla de interpretación de análisis foliar en café.

Nutrimento	Bajo	Adecuado	Alto
N (%)	<2.5	2.5 – 3	> 3
P (%)	<0.13	0.13 a 0.2	>0.2
K (%)	<1.5	1.5 - 2.7	>2.7
Ca (%)	<1.1	1.1-1.7	>1.7
Mg (%)	<0.2	0.20-0.35	>0.35
S (%)	<0.16	0.16-0.25	>0.25
Fe (ppm)	<75	75-150	>150
Mn (ppm)	<50	50-150	>150
Zn (ppm)	<15	15-20	>20
Cu (ppm)	<6	6-12	>12
B (ppm)	<50	50-100	>100

Fuente: (Meléndez y Molina 2001)

Se debe tener en cuenta ciertos niveles de aceptabilidad para algunos elementos presentes en las plantas. Se tomaron en cuenta cinco elementos que se deben tomar en cuenta para describir el estado fisiológico de la planta según (Valencia 2000) de los macro elementos uno de los más importantes es el N después sigue el P, K, Ca y de los micro elementos se toma el Mn.

Con respecto al tratamiento de *Cajanus cajan* este presenta niveles ligeramente bajos con respecto al N y P, lo cual se refleja en relación con el suelo ya que también se tienen niveles de N relativamente bajos, tomando en cuenta que este tipo de leguminosa aporta de 200-270 kg N-total ha a partir de su incorporación como biomasa al suelo (Facundo 2011). A comparación de los niveles presentados por el Testigo sin cobertura que tiene el porcentaje más alto de nitrógeno (N) pero en los niveles de fosforo (P) comparado con los rangos del (cuadro 6). La misma tendencia tiene comparando los niveles de calcio (Ca) que son más altos en el tratamiento de gandul que en el Testigo sin cobertura pero

en donde se observan unos niveles totalmente distintos es con el manganeso (Mn) que en ambos tratamientos es alto pero en el testigo es donde se encuentra en niveles más críticos para la planta en cambio el gandul es moderadamente alto.

El tratamiento de *Crotalaria juncea* como se observa en el (cuadro 5) es uno de los tratamientos que tiene los mejores resultados como ser los niveles de Mn que prácticamente es el ideal, por lo que no está a niveles perjudiciales o tóxicos para la planta, y también en relación a los niveles de N es ligeramente bajo pero no en niveles críticos para una deficiencia en la planta y se puede relacionar con los niveles de N-total de suelo que en este tratamiento son los que se encuentran un poco encima de los demás tratamientos pero aun en niveles bajos, aun cuando esta cobertura aporta 300-360 kg N-total ha (Facundo 2011). En cuanto a los niveles de Ca se encuentra ligeramente alto pero en comparación con el tratamiento de testigo que resulto con el nivel más bajo en este elemento.

En cuanto a la cobertura nativa *Commelia diffusa* no presento resultados tan malos en varios de los elementos evaluados como ser el fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca), en variables como el nitrógeno (N) se obtuvieron resultados ligeramente bajos en comparación con el Testigo de igual manera pero se tuvo un comportamiento diferente en cuanto al magnesio (Mg) que en el Testigo es muy bajo y en el tratamiento de cobertura nativa se encuentra en un rango ligeramente alto. En cuanto a manganeso (Mn) ambos tratamientos son muy altos para los niveles que requiere la planta.

5.6. Análisis de coeficiente de correlación de Pearson

En base a los resultados de los análisis de suelos, se realizó un análisis de correlación de Pearson el cual permitió ver las relaciones ya sean directas o indirectas entre las variables químicas evaluadas a una profundidad de 0-15 cm.

Cuadro 7. Tabla de correlación de Pearson de los resultados de los análisis químicos de suelos de la profundidad de 0.00 a 15.00 cm.

Variable	pH	MO	N-total	K	Ca	Mg	Al	P-asim	Zn	Mn	Fe	Cu	SB	H + Al	CICe	CICT	%SAl	%SB
Ph	1.00																	
MO	0.35	1.00																
N-total	0.35	1.00**	1.00															
K	0.27	-0.58	-0.58	1.00														
Ca	0.94*	0.06	0.06	0.45	1.00													
Mg	0.45	0.34	0.34	-0.57	0.40	1.00												
Al	-0.45	-0.35	-0.35	-0.51	-0.39	0.46	1.00											
P-asim	-0.35	-0.15	-0.15	0.40	-0.22	-0.75	-0.60	1.00										
Zn	0.54	-0.18	-0.18	0.84*	0.54	-0.43	-0.62	0.10	1.00									
Mn	0.48	-0.17	-0.17	0.88*	0.50	-0.55	-0.75	0.31	0.97**	1.00								
Fe	0.43	0.11	0.11	0.63	0.50	-0.42	-0.93*	0.70	0.56	0.71	1.00							
Cu	0.36	-0.32	-0.32	0.95*	0.47	-0.62	-0.75	0.53	0.87*	0.95*	0.82*	1.00						
SB	0.73	0.26	0.26	-0.22	0.73	0.92*	0.19	-0.66	-0.08	-0.19	-0.11	-0.25	1.00					
H + Al	-0.47	-0.36	-0.36	-0.50	-0.40	0.45	1.00**	-0.57	-0.63	-0.75	-0.92*	-0.75	0.17	1.00				
CICe	-0.22	-0.25	-0.25	-0.52	-0.17	0.66	0.97**	-0.72	-0.59	-0.74	-0.88*	-0.76	0.43	0.96**	1.00			
CICT	-0.24	-0.27	-0.27	-0.52	-0.19	0.65	0.97**	-0.70	-0.60	-0.74	-0.88*	-0.75	0.42	0.97**	1.00**	1.00		
%SAl	-0.78	-0.22	-0.22	-0.64	-0.76	0.18	0.88*	-0.26	-0.80*	-0.85*	-0.86*	-0.81	-0.18	0.89*	0.76	0.77	1.00	
%SB	0.81	0.24	0.24	0.62	0.78	-0.14	-0.87*	0.21	0.80*	0.83*	0.84*	0.78	0.22	-0.87*	-0.74	-0.75	-1.00**	1.00

*= significativo al nivel del 5% (P≤0.05)

**= significativo al nivel del 1% (P≤0.01)

NS= no significativo (P>0.05)

De acuerdo a los resultados mostrados en el (cuadro 7) se muestran varias correlaciones muy significativas tanto de sentido positivo como de sentido negativo en este caso se interpretaran de acuerdo al tipo de relación que se presente.

Se muestra que el calcio (Ca) tiene una relación directa con el pH indicando que a medida que este aumente los niveles de calcio también irán en aumento. En cuanto a la materia orgánica (MO) y el porcentaje de (N-total) existe una relación directa, esto debido a que de la descomposición de materia orgánica se libera nitrógeno en el suelo, en este caso la poca cantidad de materia orgánica presente se traduce a poco nitrógeno en el suelo.

Por otra parte uno de los elementos mayores que es el potasio (K) se encuentra presente en niveles óptimos también ayudara a que se mantengan los niveles de manganeso (Mn) para la absorción de nutrientes a través de la raíz, ya que este micro elemento en fuertes cantidades es fuertemente toxico para la planta.

En cuanto a la acidez de suelo (Al) debido a los bajos niveles de pH presenta una relación directa con el porcentaje de saturación de aluminio (%SAl) indicando que la solubilidad de aluminio se incrementa de manera significativa al igual que el riesgo de toxicidad a las raíces. En cuanto a la relación de la acidez de suelo con la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) tienen una relación directa, este fenómeno tiene implicaciones considerables en la fertilidad del suelo y la eficiencia de la fertilización, pues entre más ácido el suelo habrá menor capacidad de retención o “almacenamiento”, esto implica más aluminios ocupando los sitios de intercambio, menos participación de las bases intercambiables (calcio-Ca, magnesio-Mg y potasio-K) y más susceptibilidad de éstos para perderse por lixiviación.

En base a los resultados de los análisis de suelos, se realizó un análisis de correlación de Pearson el cual permitió ver las relaciones ya sean directas o indirectas entre las variables químicas evaluadas a una profundidad de 15-130 cm.

Cuadro 8. Tabla de correlación de Pearson de los resultados de los análisis químicos de suelos de la profundidad de 15.00 a 30.00 cm.

Variable	pH	MO	N-total	K	Ca	Mg	Al	P-asim	Zn	Mn	Fe	Cu	SB	H + Al	CICe	CICT	%SAl	%SB
pH	1.00																	
MO	-0.65	1.00																
N-total	-0.65	1.00**	1.00															
K	0.84*	-0.89*	-0.89*	1.00														
Ca	0.63	-0.75	-0.75	0.86*	1.00													
Mg	0.12	0.35	0.35	-0.21	0.13	1.00												
Al	-0.45	0.95*	0.95*	-0.80	-0.82	0.29	1.00											
P-asim	0.19	-0.33	-0.33	0.34	-0.12	-0.90*	-0.15	1.00										
Zn	0.97**	-0.75	-0.75	0.85*	0.70	0.15	-0.58	0.09	1.00									
Mn	0.95*	-0.83	-0.83*	0.96**	0.83	0.02	-0.70	0.18	0.96**	1.00								
Fe	-0.57	-0.24	-0.24	-0.15	-0.07	-0.55	0.58	0.14	-0.42	-0.33	1.00							
Cu	0.80	-0.89*	-0.89*	1.00**	0.88*	-0.22	-0.82	0.33	0.81	0.94*	-0.11	1.00						
SB	0.60	-0.44	-0.44	0.60	0.86*	0.61	-0.50	-0.54	0.66	0.69	-0.36	0.61	1.00					
H + Al	-0.46	0.95*	0.95*	-0.80	-0.81	0.27	1.00**	-0.14	-0.60	-0.71	-0.41	-0.82*	-0.51	1.00				
CICe	-0.30	0.92*	0.92*	-0.69	-0.62	0.54	0.95*	-0.36	-0.42	-0.55	-0.60	-0.71	-0.22	0.95*	1.00			
CICT	-0.32	0.92*	0.92*	-0.70	-0.62	0.52	0.95*	-0.34	-0.45	-0.56	-0.59	-0.71	-0.23	0.95*	1.00**	1.00		
%SAl	-0.66	0.92*	0.92*	-0.91*	-0.95*	0.07	0.95*	-0.04	-0.75	-0.86*	-0.11	-0.92*	-0.72	0.95*	0.81	0.82*	1.00	
%SB	0.67	-0.92*	-0.92*	0.91*	0.95*	-0.05	-0.94*	0.03	0.77	0.87*	0.09	0.92*	0.74	-0.94*	-0.80	-0.81	-1.00**	1.00

*= significativo al nivel del 5% (P≤0.05)

*= significativo al nivel del 1% (P≤0.01)

NS= no significativo (P>0.05)

En el cuadro 8 se muestra las correlaciones de los resultados químicos de suelos a la segunda profundidad evaluada para ver los tipos de correlaciones presentes y ver si hay variabilidad en cuanto a los resultados de correlación del (cuadro 7).

Tomando en cuenta una de los principales criterios para interpretación de suelos, el comportamiento del pH muestra una relación muy significativa en la presencia de manganeso (Mn) y zinc (Zn) indicando que a medida que el suelo sea más acido tendremos más presencia de estas formas químicas. Tomando en cuenta la materia orgánica (MO) que está presente en porcentajes muy bajos se encuentra en una relación directa con la acidez de suelo (Al) mostrando una respuesta positiva de presencia de aluminio ante la poca materia orgánica en el suelo lo que permite la lixiviación de nutrientes haciendo que el suelo pierda fertilidad y alcance niveles altos de acidez. Por consecuente también el porcentaje de saturación de acidez (%SAl) se ve elevado, esta acidez termina indicando que la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) resulta en una relación directa con los porcentajes de materia orgánica, indicando que elemento como (calcio-Ca, magnesio-Mg y potasio-K) sean bajos y sean lavados del perfil de suelo.

Otro elemento que muestra poca presencia es el potasio (K) el cual indica una relación positiva con micro elementos como el manganeso (Mn) y el cobre (Cu) en cuanto al aumento de estos y por consecuente a mayores niveles de acidez estos son más tóxicos para la planta. Otros elementos como el calcio (Ca) que se presenta en pocas cantidades en niveles altos de acidez permite también hace que micro elementos como el cobre estén más presentes.

Los suelos muy ácidos como los Ultisoles rojos, y los suelos de origen volcánico como los Andisoles, presentan alta capacidad de fijación de P que disminuye aún más su disponibilidad para las plantas (Molina 2001), tal y como se presenta la relación de este elemento con otros como el magnesio (Mg) que no se muestra de manera presente que sea significativa debido a los niveles de pH presentes, por lo que se ven que a medida este disminuye el fosforo asimilable (P-asim) también es bajo.

En esta profundidad se da el mismo comportamiento que la primera en cuanto a la relación de la acidez de suelo (Al) con la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) tienen una relación directa, este fenómeno tiene implicaciones considerables en la fertilidad del suelo y la eficiencia de la fertilización, pues entre más ácido el suelo habrá menor capacidad de retención o "almacenamiento", esto implica más aluminios ocupando los sitios de intercambio, menos participación de las bases intercambiables (calcio-Ca, magnesio-Mg y potasio-K) y más susceptibilidad de éstos para perderse por lixiviación.

Los elementos menores como el zinc (Zn) se encuentra disponibles en niveles de pH similares con los del manganeso (Mn), según (Ramírez Carbajal 1997) el pH óptimo para manganeso está entre 5 y 6.5 y para el zinc su mayor disponibilidad se encuentra en pH ácidos a neutros, de 5 a 7. Al igual que la relación entre el manganeso con el cobre (Cu) que también se indica que son variables dependientes ya que trabajan en los mismos rangos de pH.

En cuanto al cobre (Cu) se muestra en una correlación directa con los porcentajes de saturación de acidez (%SAl) y saturación de bases (%SB) ya que estos valores se encuentran de manera muy representativa en los resultados.

5.7. Análisis de componentes principales para las propiedades químicas en el suelo.

Permitió analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos de una tabla de **n** observaciones y **p** columnas o variables. El análisis de componentes principales (ACP) ayudo a encontrar, con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación en las filas de la tabla de datos.

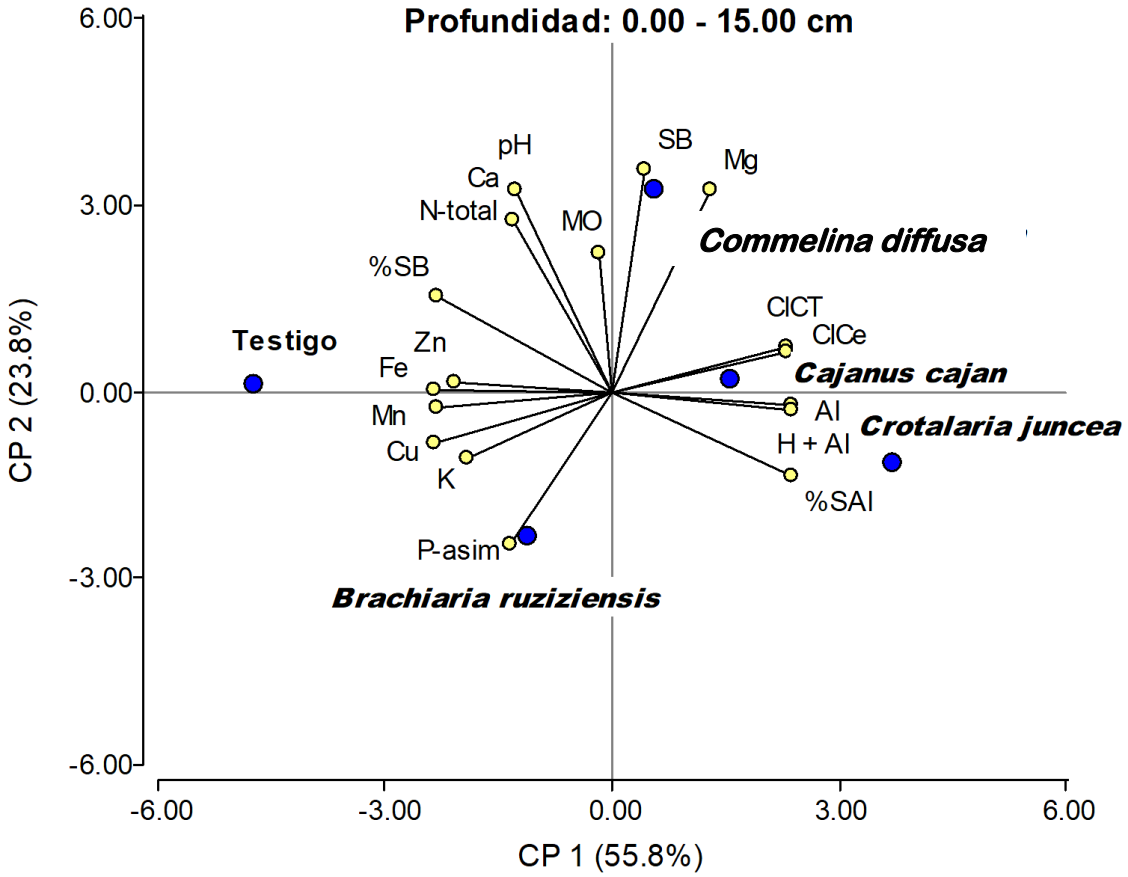


Figura 7. Gráfico representando los componentes principales CP1, CP2 para las variables químicas de suelo a una profundidad de 0.00 a 15.00 cm.

Como se puede observar en la figura 7 en el primer componente principal CP1 tenemos representado un total de (55.8%) valores mayores y en sentido positivo de los resultados, mostrando las variables individuales CICe, CICT, Al, H + Al, %SAl, ubicando estas variables como las más importantes para explicar la variabilidad de todos los tratamientos estudiados. Por el contrario en el CP1, el Cu, Fe, Mn, %SB, Zn, lo hicieron en sentido negativo.

En la CP1, el tratamiento de *Crotalaria juncea* muestra en las variables Al, H + Al, %SAl, en mayor medida relacionadas negativamente al pH lo que indica que a menor nivel de pH estas variables aumentaran más en porcentajes perjudiciales para la planta. De tal manera se observa que esta cobertura no influye para que el suelo regule su acidez. También se correlaciona con signo negativo al Fe, Zn, Mn, Cu, lo que se explica de manera que cuando los niveles de Al, H + Al y %SAl aumentan, los niveles de estas disminuyen considerablemente.

El tratamiento de *Cajanus cajan* en la CP1 las variables de CICe, CICT, se correlacionan positivamente con el Al, como lo indica el (CENICAFÉ 2016) los suelos de la zona cafetera son de carga variable o carga dependiente del pH; esto quiere decir que el incremento de la acidez (reducción del pH) se traduce en una disminución de la CICE y la CICT. Este fenómeno tiene implicaciones considerables en la fertilidad del suelo y la eficiencia de la fertilización, pues entre más ácido el suelo habrá menor capacidad de retención o "almacenamiento", más aluminios ocupando los sitios de intercambio, menos participación de las bases intercambiables (Ca^{2+}, Mg^{2+} y K^{+}) y más susceptibilidad de éstos para perderse por lavado.

En la CP2 (23.8%) la SB, Mg, Ca, pH fueron importantes variables con signo positivo y la variable de P-asim con signo negativo. En el tratamiento de *Commelina diffusa* la SB se relaciona positivamente con el Mg, Ca, pH lo que indica una relación directa entre estas variables.

Por otra parte el tratamiento con *Brachiaria ruziziensis* muestra una presencia considerable de P-asim, que está en mayor medida relacionada negativamente con la SB, Mg lo que indica que hay una relación inversa mostrando que a mayores niveles de SB y Mg el valor de P-asim disminuye levemente en este tratamiento.

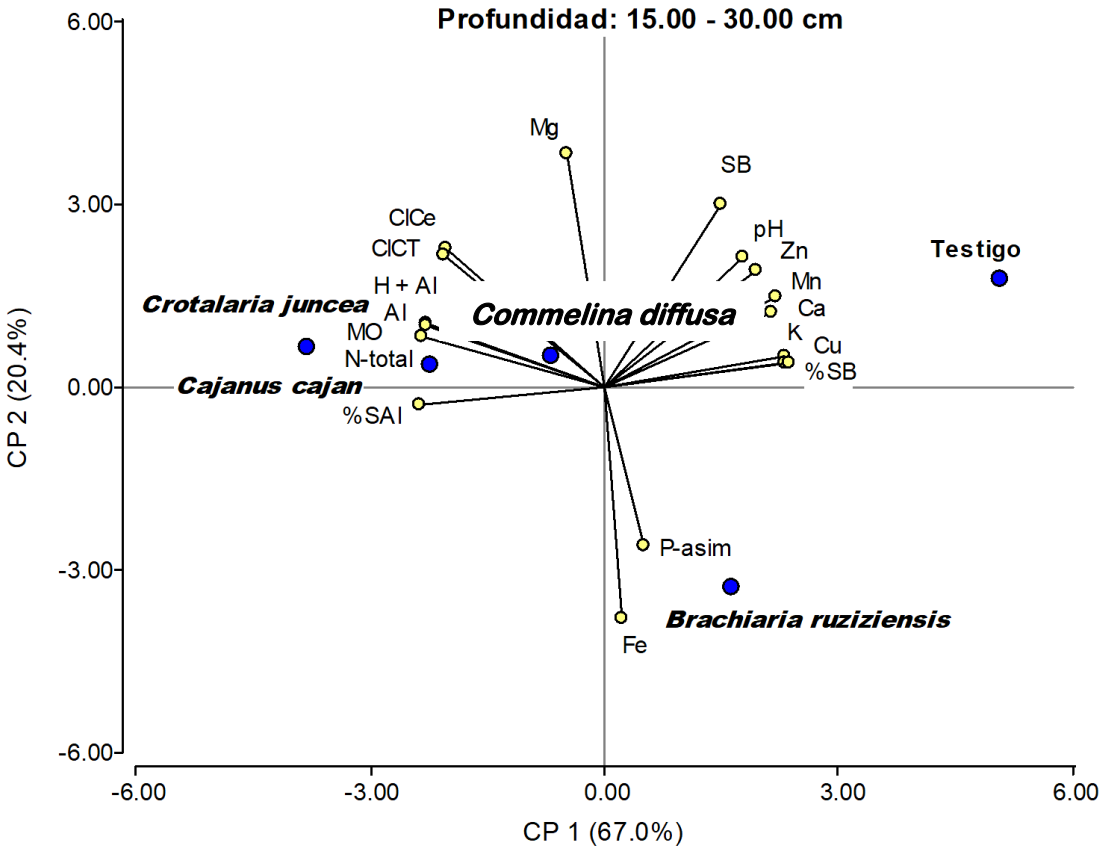


Figura 8. Gráfico representando los componentes principales CP1, CP2 para las variables químicas de suelo a una profundidad de 15.00 a 30.00 cm.

Como se muestra en la figura 8 este segundo gráfico de Biplot es para la segunda profundidad de los resultados de los análisis químicos de suelos. En la CP1 podemos ver representado el (67.0%) de las relaciones y variabilidades entre las variables presentadas. Las más representativas positivamente son el K, Cu, %SB siendo de las variables más representativas para explicar la variabilidad de los tratamientos. Por el contrario en un sentido negativo las variables de %SAl, N-total, MO, Al, fueron las más representativas.

En la CP1 el %SB estuvo correlacionado positivamente con respecto al K y también el Ca en la matriz de coeficiente de correlación se muestra en la tabla de probabilidades que estos elementos por su nivel de significancia no tienen una diferencia estadísticamente significativa con él %SB a diferencia del Mg que tiene un ligero comportamiento negativo, pero de igual manera este presenta una diferencia significativa en su disponibilidad. Como menciona (Suárez Rozo 2010) debe existir un equilibrio entre los cationes mayores para que la relación entre ellos no se convierta en un factor limitante en

el desarrollo y crecimiento del cultivo. Este equilibrio se establece a partir del porcentaje de saturación de bases, y en este caso el tratamiento del testigo sin cobertura es el que muestra los porcentajes ideales de este como se aprecia en la figura 8.

Los tratamientos de *Crotalaria juncea* y *Cajanus cajan* es donde se encuentran los niveles de más altos de acidez, observando el %SAl en relación negativa con el Mn, Cu, Zn indicando que cada vez que disminuyan estos micro nutrientes la acidez será ligeramente mayor en el suelo.

En la CP2 solamente se tiene representado un (20.4%) de la variabilidad de los tratamientos con respecto a los resultados de los análisis de suelo. Siendo las variables de Fe y P-asim las más representativas en sentido negativo y en sentido positivo la variable de Mg. Teniendo muy poca interacción en este componente solo se presenta el tratamiento de *Brachiaria ruziziensis* con el P-asim que se relaciona de manera negativa con el Mg.

En cuanto al tratamiento de cobertura nativa *Commelina diffusa* se encuentra ubicado en el centro del gráfico debido a que a esta profundidad es el tratamiento que mostro los mejores resultados en todas las variables químicas evaluadas, siempre mostrando niveles de acidez debido a los niveles pH (5.44), este es el único tratamiento que mostro un incremento en su pH por lo que ciertas variables se mostraron más disponibles.

5.8. Medición de variables agronómicas

5.8.1. Primera medición de altura y ancho

De acuerdo a los resultados que se presentan en la (figura 9) hay una variabilidad en el crecimiento de las plantas de café evaluadas por cada tratamiento en cuanto a la altura y el ancho de estas plantas, esto muestra que tipo de cobertura genera condiciones más favorables para que haya un buen crecimiento de las plantas de café.

Se consideraron lapsos de tiempo de 2 meses para realizar cada medición de las variables evaluadas en las plantas seleccionadas de los tratamientos.

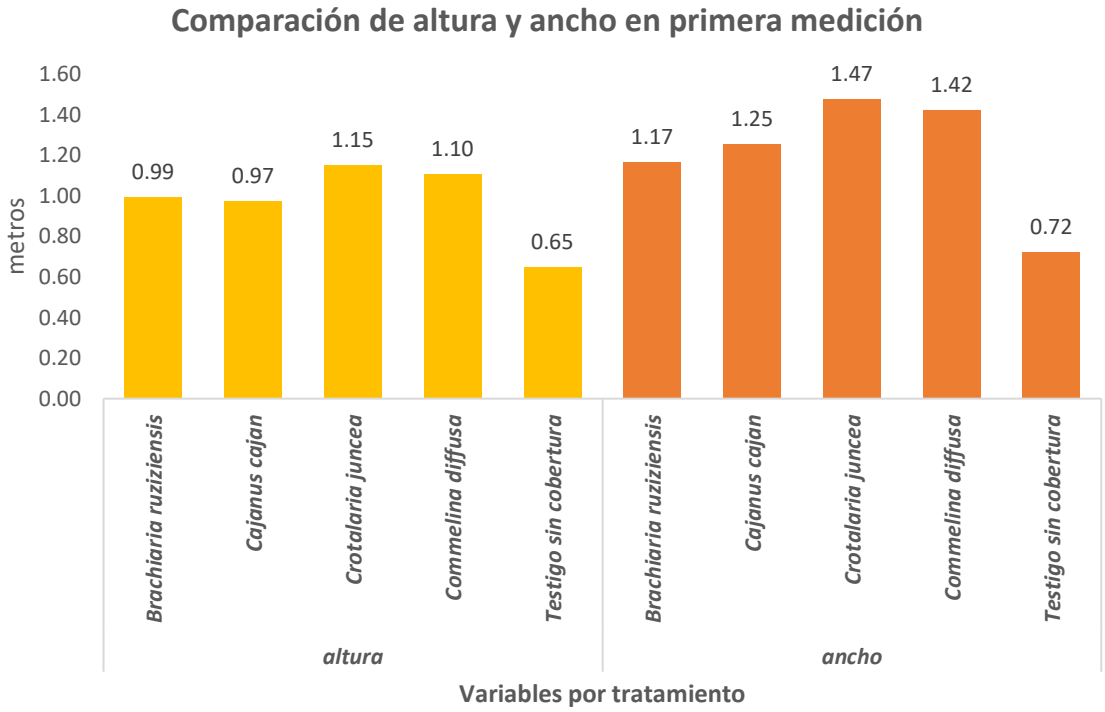


Figura 9. Gráfico de representación del desarrollo vegetativo del café en altura y ancho para la primera toma de datos.

Pero en cuanto al desarrollo lateral de las plantas se muestra que alcanza mayores números que el crecimiento hacia arriba, ya que se puede observar el tratamiento de *Brachiaria ruziziensis* tenía un promedio de altura de 0.99 metros y un ancho de planta promedio de 1.17 metros, en comparación con el Testigo sin cobertura que posee una altura promedio de 0.65 metros y un ancho de planta promedio de 0.72 metros lo que indica una diferencia en cuanto al asocio de este pasto con el café como una alternativa de asocio con café para tener ciertos beneficios de mantener y ayudar al desarrollo de la planta.

El tratamiento de *Cajanus cajan* muestra un promedio general de altura de 0.97 metros pero presenta un promedio de ancho de planta de 1.25 metros lo que indica que esta cobertura también influye en ciertas condiciones para el desarrollo del café, comparado a la altura promedio del Testigo sin cobertura que tiene de 0.65 metros y un ancho promedio de planta de 0.72 metros, también se puede ver este tratamiento como una posible

alternativa para asociar con el cultivo de café para obtener mejores resultados que el manejo convencional.

En cuanto al tratamiento de *Crotalaria juncea* es el que mejores resultados presento para esta primer toma de datos obteniendo una altura promedio de 1.15 metros y un promedio bastante considerable de ancho de planta de 1.47 metros, así que se puede observar que este tipo de cobertura sería una de las alternativas más considerables para poder establecer en asocio con el cultivo de café, comparando con el Testigo sin cobertura que mostros un promedio de altura en las plantas de café de 0.65 metros y un ancho de planta de 0.72 se muestra una diferencia por el asocio de coberturas y manejar el café de manera convencional.

El tratamiento de cobertura nativa conocida como "moradilla" (*Commelina diffusa)* es el otro tratamiento que mostro resultados muy considerables con una altura promedio de 1.10 metros y un promedio de ancho de planta de 1.42 metros y considerando que es una cobertura que se encuentra en la mayoría de las fincas productoras de café sería otra de las alternativas para asociar con el cultivo de café. Comparado con el Testigo sin cobertura que mostró una altura promedio de 0.65 metros y un promedio de ancho de planta de 0.72 metros obtenemos una diferencia muy significativa.

5.8.2. Segunda medición de datos de plantas

De acuerdo a los resultados que se presentan en la (figura 10) en la segunda medición hay una variabilidad en el crecimiento de las plantas de café evaluadas por cada tratamiento en cuanto a la altura y el ancho, esto muestra que tipo de cobertura genera condiciones más favorables para que haya un buen crecimiento de las plantas de café.

La medición se realizó 2 meses después de la primera para observar que plantas y de que tratamientos han presentado diferencias en su desarrollo vegetativo.

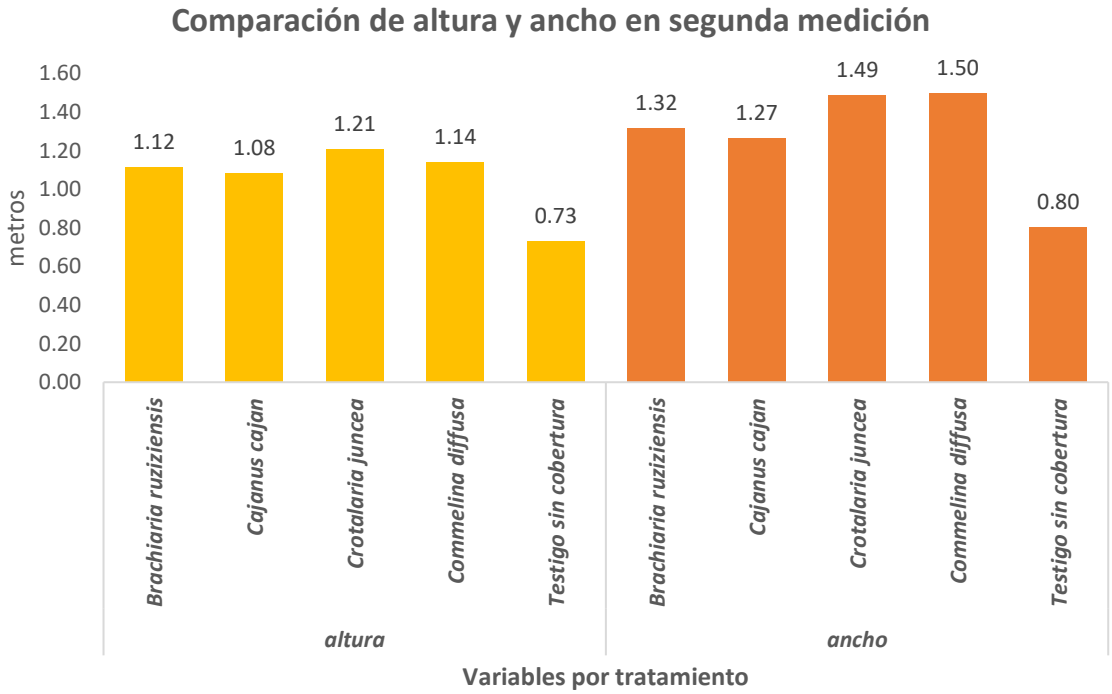


Figura 10. Gráfico de representación del desarrollo vegetativo del café en altura y ancho para la segunda toma de datos.

En esta medición se muestran resultados de desarrollo más pronunciados en cuanto a mayor altura de las plantas y mayor desarrollo lateral. El primer tratamiento de *Brachiaria ruziziensis* muestra un promedio de altura de planta de 1.12 metros teniendo una diferencia de (+13 cm) con los primeros datos obtenidos, en cuanto al ancho de planta muestra un promedio de 1.32 metros que en comparación de los primeros datos obtenidos hay una diferencia de (+15 cm) mostrando un buen desarrollo vegetativo en comparación con el Testigo sin cobertura que muestra un promedio de altura de 0.73 metros y un promedio de ancho de planta de 0.80 metros lo que indica que este tiene un desarrollo vegetativo más lento indicando una clara diferencia con el tratamiento de pasto.

El tratamiento de *Cajanus cajan* muestra un promedio general de altura de 1.08 metros teniendo una diferencia de (+11 cm) con la primer toma de datos, pero presenta un promedio de ancho de planta de 1.27 metros lo que indica que en el desarrollo lateral no hubo mucha diferencia con respecto a la primer medición teniendo una diferencia de solo (+2 cm) comparando a la altura promedio del Testigo sin cobertura que tiene de 0.73 metros y un ancho promedio de planta de 0.80 metros, se puede observar la clara

diferencia presente aunque el tratamiento haya presentado poco desarrollo vegetativo lateral.

En cuanto al tratamiento de *Crotalaria juncea* al igual que en la primer medición presento de los mejores resultados obteniendo una altura promedio de 1.21 metros en la plantas de café con una diferencia de (+6 cm) y un promedio de ancho de planta de 1.49 metros, así que se puede observar que este tipo de cobertura siempre mantiene buenas condiciones para estar en asocio con el cultivo de café, comparando con el Testigo sin cobertura que mostros un promedio de altura en las plantas de café de 0.73 metros y un ancho de planta de 0.80 se muestra una diferencia por el asocio de coberturas y manejar el café de manera convencional.

El tratamiento de cobertura nativa conocida como "moradilla" (*Commelia diffusa)* mostro una altura promedio de 1.14 metros obteniendo una diferencia con la primer tomad e datos de (+4 cm) y un promedio de ancho de planta de 1.50 metros mostrando una diferencia de (+8 cm) y considerando que es una cobertura que se encuentra en la mayoría de las fincas productoras de café sería otra de las alternativas para asociar con el cultivo de café. Comparado con el Testigo sin cobertura que mostró una altura promedio de 0.73 metros y un promedio de ancho de planta de 0.80 metros obtenemos una diferencia muy representativa.

En el tratamiento de *Brachiaria ruziziensis* se pudo observar un desarrollo lateral mayor que los demás de manera muy representativa, tomando en cuenta que desde la primer medición hasta la segundo transcurrió un tiempo de 76 días es tiempo suficiente para que la planta de café pueda mostrar cambios significativos en su desarrollo. Haciendo énfasis que en la segunda toma de datos se realizó cuando estaba presente una sequía en la zona de estudio la cual pudo afectar al desarrollo de las plantas de los demás tratamientos.

5.8.3. Tercera medición de datos de las plantas

De acuerdo a los resultados que se presentan en la (figura 11) en la tercera medición hay un poco variabilidad en el crecimiento de las plantas de café evaluadas por cada

tratamiento en cuanto a la altura y el ancho, esto muestra que tipo de cobertura genera condiciones más favorables para que haya un buen crecimiento de las plantas de café.

La medición se realizó 2 meses después de la tercera para observar que plantas y de que tratamientos han presentado diferencias en su desarrollo vegetativo

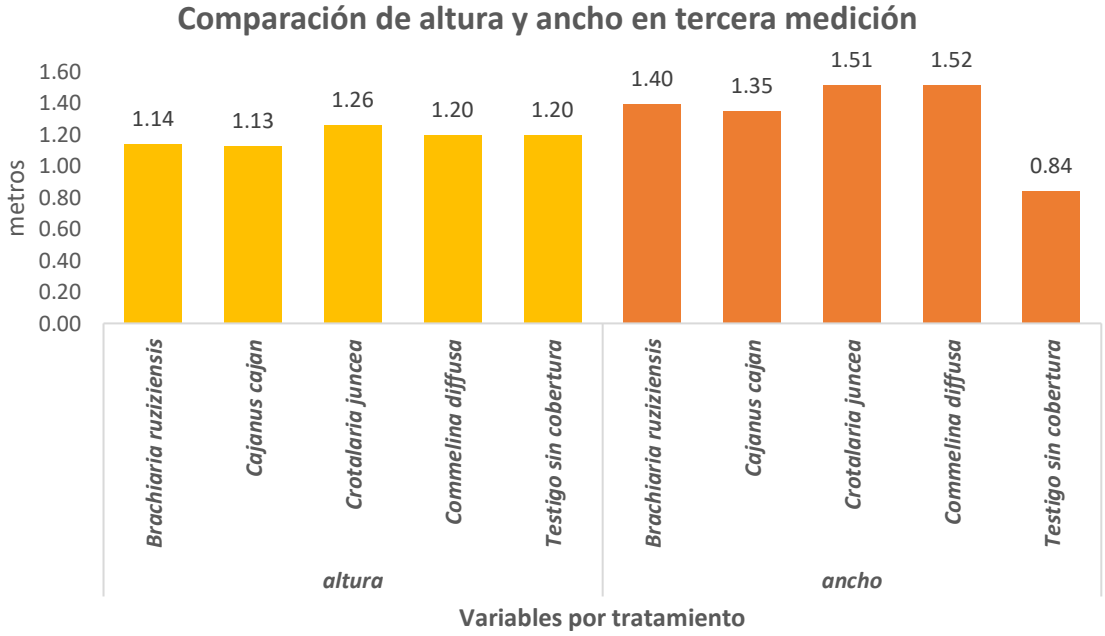


Figura 11. Gráfico de representación del desarrollo vegetativo del café en altura y ancho para la tercera toma de datos.

En esta medición se muestran resultados de desarrollo más pronunciados en cuanto a mayor altura de las plantas y mayor desarrollo lateral. El primer tratamiento de *Brachiaria ruziziensis* muestra un promedio de altura de planta de 1.14 metros teniendo una diferencia de (+2 cm) con la segunda toma de datos, en cuanto al ancho de planta muestra un promedio de 1.40 metros que en comparación de la segunda toma de datos obtenidos hay una diferencia de (+8 cm) mostrando un desarrollo vegetativo lateral que se mantiene más pronunciado, en comparación con el Testigo sin cobertura que muestra un promedio de altura de 1.20 metros y un promedio de ancho de planta de 0.84 metros lo que indica que este tiene un desarrollo vegetativo más lento indicando una clara diferencia con el tratamiento de pasto.

El tratamiento de *Cajanus cajan* muestra un promedio general de altura de 1.13 metros teniendo una diferencia de (+5 cm) con la segunda medición pero presenta un promedio de ancho de planta de 1.32 metros lo que indica que en el desarrollo lateral no hubo mucha diferencia con respecto a la segunda medición teniendo una diferencia de solo (+5 cm) comparando a la altura promedio del Testigo sin cobertura que tiene de 1.20 metros y un ancho promedio de planta de 0.84 metros, se puede observar la clara diferencia presente aunque el tratamiento haya presentado poco desarrollo vegetativo.

En cuanto al tratamiento de *Crotalaria juncea* al igual que en la segunda toma de datos presento de los mejores resultados obteniendo una altura promedio de 1.26 metros en la plantas de café con una diferencia de (+5 cm) y un promedio de ancho de planta de 1.51 metros con una diferencia de (+2 cm) de la segunda medición, así que se puede observar que este tipo de cobertura siempre mantiene buenas condiciones para estar en asocio con el cultivo de café, comparando con el Testigo sin cobertura que mostros un promedio de altura en las plantas de café de 1.20 metros y un ancho de planta de 0.84 se muestra una diferencia por el asocio de coberturas y manejar el café de manera convencional.

El tratamiento de cobertura nativa conocida como "moradilla" (*Commelia diffusa)* mostro una altura promedio de 1.20 metros obteniendo una diferencia con la segunda toma de datos de (+6 cm) y un promedio de ancho de planta de 1.52 metros mostrando una diferencia de (+2 cm) y considerando que es una cobertura que se encuentra en la mayoría de las fincas productoras de café sería otra de las alternativas para asociar con el cultivo de café. Comparado con el Testigo sin cobertura que mostró una altura promedio de 1.20 metros y un promedio de ancho de planta de 0.84 metros obtenemos una diferencia muy representativa.

VI. CONCLUSIONES

En el comportamiento agronómico de las plantas de café, la cobertura *Commelina diffusa* es la que presentó mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo vegetativo del cultivo del café.

La mayoría de los tratamientos con cobertura no presentaron influencia en relación a la acidez presente en el suelo, por lo que ninguna cobertura muestra generar acidez pero tampoco regularla.

El tratamiento de cobertura nativa o moradilla *Commelina diffusa* es el que presentó los niveles óptimos en algunos nutrientes presentes en el suelo.

El tratamiento de *Brachiaria ruziziensis* presento la temperatura más baja en comparación con la moradilla (*Commelina diffusa*) con una diferencia de 7°C.

El tratamiento con *Commelina diffusa* es el que mantiene porcentajes más altos de humedad 28.3%, en relación a los demás tratamientos, debido a que por ser una planta rastrera esta también tiende a producir más material vegetal fresco.

La presencia de lombrices de tierra *Lumbricus terrestris* se observó menos presencia en el tratamiento de *Cajanus cajan* esto debido a que se tenía un nivel de acidez demasiado alto por lo que no se propiciaron las condiciones adecuadas para la actividad biológica.

Por los resultados obtenidos de la investigación a excepción de las propiedades químicas, las coberturas demostraron una influencia en las demás propiedades edáficas y en el comportamiento agronómico del café.

VII. RECOMENDACIONES

En base a los niveles de acidez y aluminio presentes en el suelo, se recomienda realizar una enmienda para normalizar el pH de suelo.

Se recomienda el uso o aprovechamiento de la cobertura nativa o moradilla presente en la zona ya que esta crece con facilidad y no tiene ningún costo para los productores que implementen el uso de esta cobertura de igual manera ayuda para prolongar la humedad en el suelo lo cual ayuda mucho al desarrollo radicular de la planta de café.

Regular la acidez de suelo, esto para ver la respuesta de esta cobertura con niveles de pH más óptimos para el desarrollo de la actividad de las lombrices de tierra.

Que se sigan realizando más investigaciones enfocadas a la evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y el comportamiento agronómico del cultivo de café en relación al uso de coberturas.

Que se le dé seguimiento a esta investigación ya que es de vital importancia para los proyectos y organizaciones de la zona de influencia del Trifinio y la franja del corredor seco, poder generar más datos y definir nuevas alternativas de asocios a los cultivos de café y ayudar a los productores a innovar con nuevas prácticas

VIII. BIBLIOGRAFIA

Ajpop Gómez, AM. 2018. EVALUACIÓN DEL ASOCIO DEL CULTIVO DE CAFÉ CON PASTO RUZI (Brachiaria ruziziensis); SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ. .

Arévalo, N. 2016. Prospective land use and vegetation cover on land management - Case canton Cuenca (en línea). Estoa 5(9):7-19. DOI: https://doi.org/10.18537/est.v005.n009.02.

Bertsch, F; Mata, R; Genriquez, C. 1993. Características de los principales Ordenes de Suelos presentes en Costa Rica. Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales (IX):19.

CENICAFÉ. 2016. La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Tabla 1):1-12.

Cervantes, C; Sancho, F. 1997. El Uso De Plantas De Cobertura En Sistemas De Produccion. (I):111-120.

Chaves, V. 1999. Manejo de la fertilizacion en café (en línea). XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos 1999 :163-173. Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_163.

Climate, C&. 2015. Uso de Brachiaria ruziziensis y Gandul como cobertura para plantaciones de café. Hanns R. Neumann Stiftung 1:17.

Coffe & Climate. 2017. USO DE BRACHIARIA RUZIZIENSIS COMO COBERTURA EN CAFETALES. :10.

Facundo, F. 2011. CULTIVOS DE COBERTURA: INFLUENCIA SOBRE LA CALIDAD QUÍMICA Y FÍSICA DEL SUELO Furlán, Facundo 1* 1. :13-16.

Fajardo, A. 2001. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA UTILIZACIÓN DE COBERTURAS. .

Fernando, L; Guti, S; Gabriel, J; Ram, A; Soledad, C; Londo, M. 2012. DE RAÍCES Y ENTRE CALLES DEL CULTIVO DEL CAFÉ. 63(2):50-57.

Figueroa, O. 2012. ANALISIS DE SUELOS Y FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE CAFE. Agrobanco .

Jord, A. 2006. MANUAL DE (en línea). Sevilla, España 1:143. Disponible en http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/4/3. Factores que determinan productividad cafetal.

Marin, G. 2012. Producciòn de cafès especiales (en línea). s.l., s.e. 10-55 p. Disponible en http://www.desco.org.pe/sites/default/files/publicaciones/files/manual cafe_selva_VF.

Mayerly, A; Suárez, J; Valencia, FF; Morales-londoño, CS. 2005. BIOMASA SECA Y CONTENIDO DE NUTRIENTES DE Cajanus cajan , Crotalaria juncea y Tephrosia candida , EMPLEADAS COMO ABONOS VERDES. 56(2):93-109.

Meléndez, G; Molina, E. 2001. FERTILIDAD DE SUELOS Y MANEJO DE LA NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS EN COSTA RICA. Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica :142.

Pound, B. 1997. Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América Latina (en línea). Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica Cultivos 1:421.

Disponible en http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Pound7.htm.

Pulgarín Arcila, J. 2008. Factores que determinan la productividad del cafetal (en línea). Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de 3:26. Disponible en http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/4/3. Factores que determinan productividad cafetal.

Ramírez Builes, VH. 2010. Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en colombia (en línea). Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia . Disponible en file:///C:/Users/DIST. OCCIDENTAL/Desktop/Coffe & Climate/tps/TESIS/documentos/precipitacion.

Ramírez Carbajal, R. 1997. CONVENIO y BIOLÓGICAS (en línea). Santafé de Bogotá, OC., septiembre de 199 :24. Disponible en file:///C:/Users/DIST. OCCIDENTAL/Desktop/Coffe & Climate/tps/TESIS/documentos/pH y elementos de suelo.

RUTA, UR (Unidad Regional para el Desarrollo Sostenible). 2013. Contexto y Problemática del Café en la Región Trifinio (En línea). Consultado 26 agosto 2017. Disponible en www.ruta.org.

Suárez Rozo, M del R. 2010. Requerimientos-nutricionales-y-fertilizacion-del-cultivo-del-cafe (en línea). Mayagüez, Puerto Rico, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. p. 13. Disponible en https://www.monografias.com/trabajos94/requerimientos-nutricionales-y-fertilizacion-del-cultivo-del-cafe/requerimientos-nutricionales-y-fertilizacion-del-cultivo-del-cafe.shtml.

Ureña, J. 2009. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en los cultivos de café en asocio con aguacate. Asociación de Frutales de Llano Bonito .

Valdez, J. 2014. DISTURBIOS FISIOLOGICOS Y NUTRICIONALES DEL CAFE. Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de :25.

Valencia, G. 2000. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. International Plant Nutrition Institute .

ANEXOS

Anexo 1. Identificación de plantas a muestrear



Anexo 2. Medición de plantas en campo



Anexo 3. Medición de humedad de suelo con el TDR



Anexo 4. Chapia de coberturas para su incorporación al suelo



Anexo 5. Sensores de medición de temperatura



Anexo 6. Monitoreo de lombriz de tierra



Anexo 7. Medición de lombrices de tierra



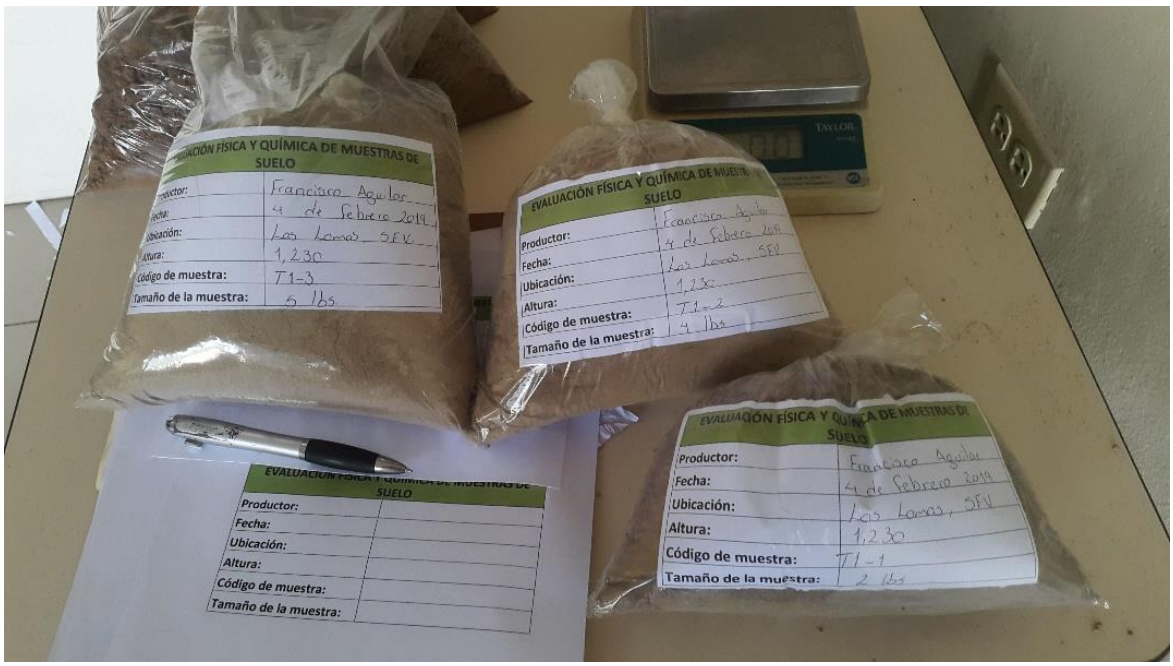
Anexo 8. Levantamiento de muestras de suelo de cada tratamiento.



Anexo 9. Fotografía aérea de la parcela de investigación



Anexo 10. Preparación y rotulación de cada muestra para su envío al laboratorio.



Anexo 11. Recolección de muestras foliares de las plantas de café



Anexo 12. Empaquetado e identificación de muestras foliares para su envío al laboratorio.



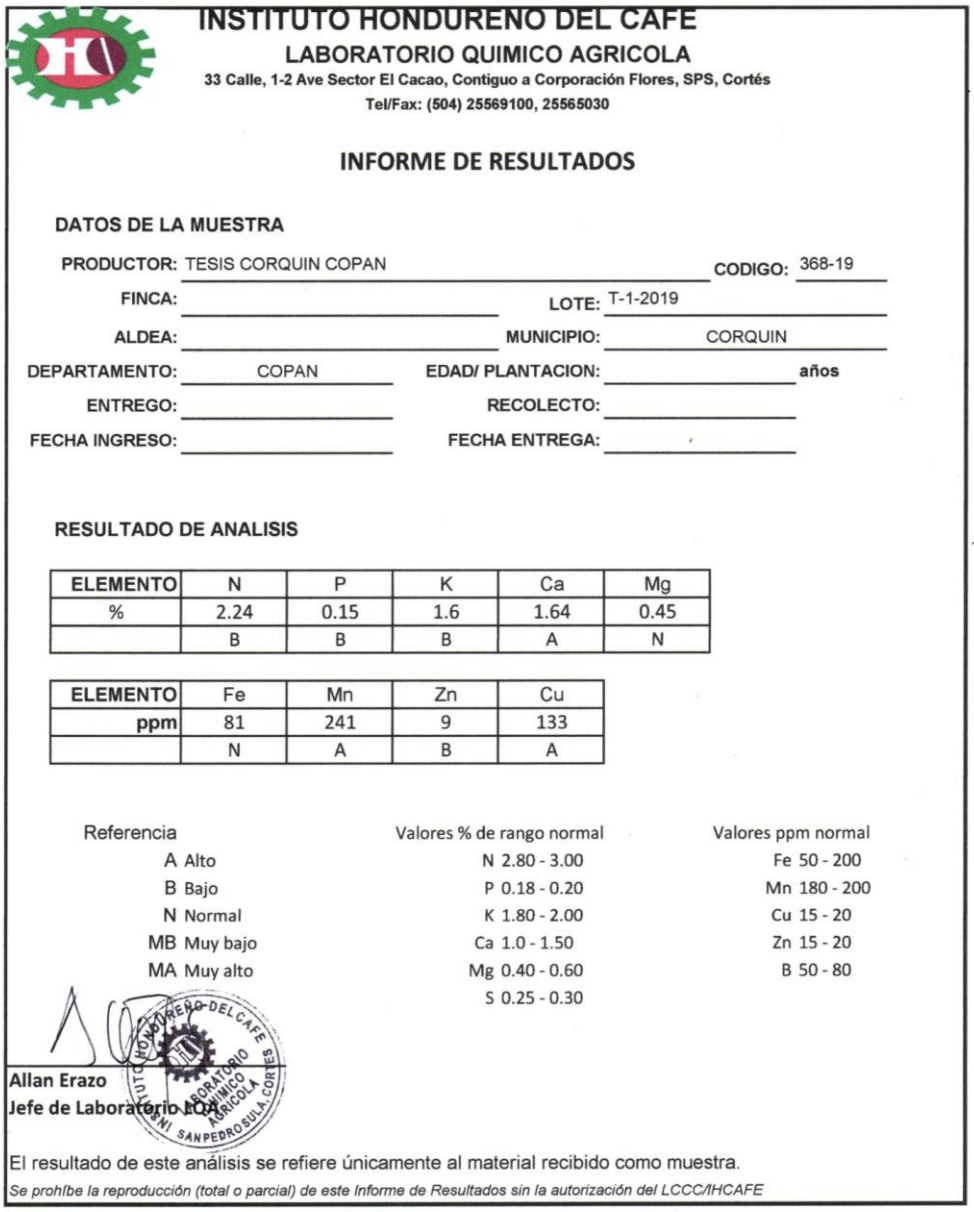
Anexo 13. Etiqueta de identificación de muestras de suelo

EVALUACIÓN QUÍMICA DE MUESTRAS DE SUELO	
Productor:	
Fecha:	
Ubicación:	
Altura:	
Código de muestra:	
Tamaño de la muestra:	

Anexo 14. Etiqueta de identificación de muestras foliares

EVALUACION FOLIAR DE PARCELA DEMOSTRATIVA		
N°	**Tratamiento**	**Código**
1	Brachiaria R.	T1
2	Gandul	T2
3	Crotalaria	T3
4	Moradilla	T4
5	Testigo SC	T5

Anexo 15. Resultados foliares de las plantas de café del tratamiento de Brachiaria ruziziensis



INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFE

LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA

33 Calle, 1-2 Ave Sector El Cacao, Contiguo a Corporación Flores, SPS, Cortés

Tel/Fax: (504) 25569100, 25565030

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DE LA MUESTRA

PRODUCTOR: TESIS CORQUIN COPAN **CODIGO:** 368-19

FINCA: **LOTE:** T-1-2019

ALDEA: **MUNICIPIO:** CORQUIN

DEPARTAMENTO: COPAN **EDAD/ PLANTACION:** **años**

ENTREGO: **RECOLECTO:**

FECHA INGRESO: **FECHA ENTREGA:**

RESULTADO DE ANALISIS

ELEMENTO	N	P	K	Ca	Mg
%	2.24	0.15	1.6	1.64	0.45
	B	B	B	A	N

ELEMENTO	Fe	Mn	Zn	Cu
ppm	81	241	9	133
	N	A	B	A

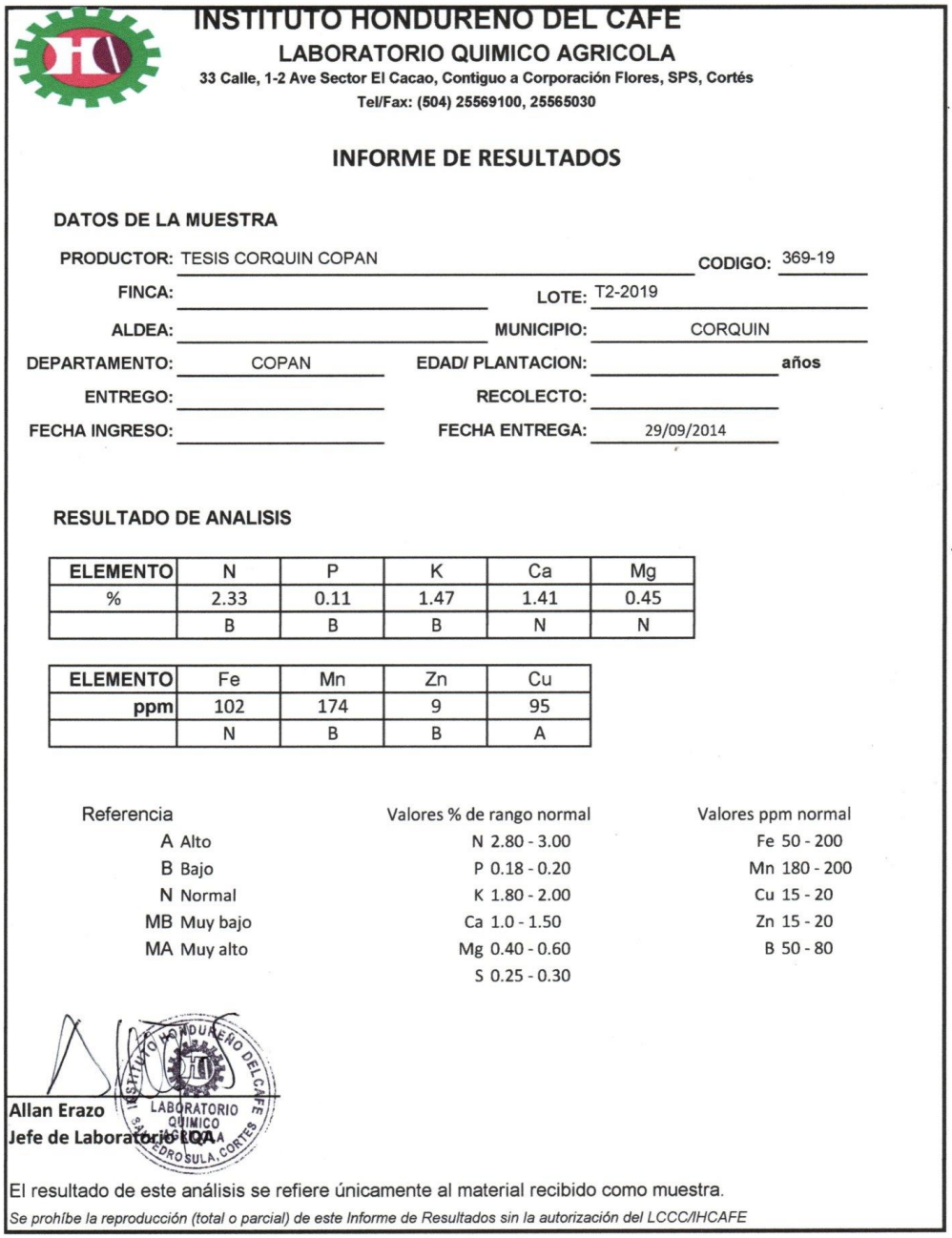
Referencia		Valores % de rango normal		Valores ppm normal	
A	Alto	N	2.80 - 3.00	Fe	50 - 200
B	Bajo	P	0.18 - 0.20	Mn	180 - 200
N	Normal	K	1.80 - 2.00	Cu	15 - 20
MB	Muy bajo	Ca	1.0 - 1.50	Zn	15 - 20
MA	Muy alto	Mg	0.40 - 0.60	B	50 - 80
		S	0.25 - 0.30		

Allan Erazo
Jefe de Laboratorio LCA

El resultado de este análisis se refiere únicamente al material recibido como muestra.

Se prohíbe la reproducción (total o parcial) de este Informe de Resultados sin la autorización del LCCC/IHCAFE

Anexo 16. Resultados foliares de las plantas de café del tratamiento de Cajanus cajan



INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFE

LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA

33 Calle, 1-2 Ave Sector El Cacao, Contiguo a Corporación Flores, SPS, Cortés

Tel/Fax: (504) 25569100, 25565030

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DE LA MUESTRA

PRODUCTOR: TESIS CORQUIN COPAN **CODIGO:** 369-19

FINCA: **LOTE:** T2-2019

ALDEA: **MUNICIPIO:** CORQUIN

DEPARTAMENTO: COPAN **EDAD/ PLANTACION:** **años**

ENTREGO: **RECOLECTO:**

FECHA INGRESO: **FECHA ENTREGA:** 29/09/2014

RESULTADO DE ANALISIS

ELEMENTO	N	P	K	Ca	Mg
%	2.33	0.11	1.47	1.41	0.45
	B	B	B	N	N

ELEMENTO	Fe	Mn	Zn	Cu
ppm	102	174	9	95
	N	B	B	A

Referencia		Valores % de rango normal		Valores ppm normal	
A	Alto	N	2.80 - 3.00	Fe	50 - 200
B	Bajo	P	0.18 - 0.20	Mn	180 - 200
N	Normal	K	1.80 - 2.00	Cu	15 - 20
MB	Muy bajo	Ca	1.0 - 1.50	Zn	15 - 20
MA	Muy alto	Mg	0.40 - 0.60	B	50 - 80
		S	0.25 - 0.30		

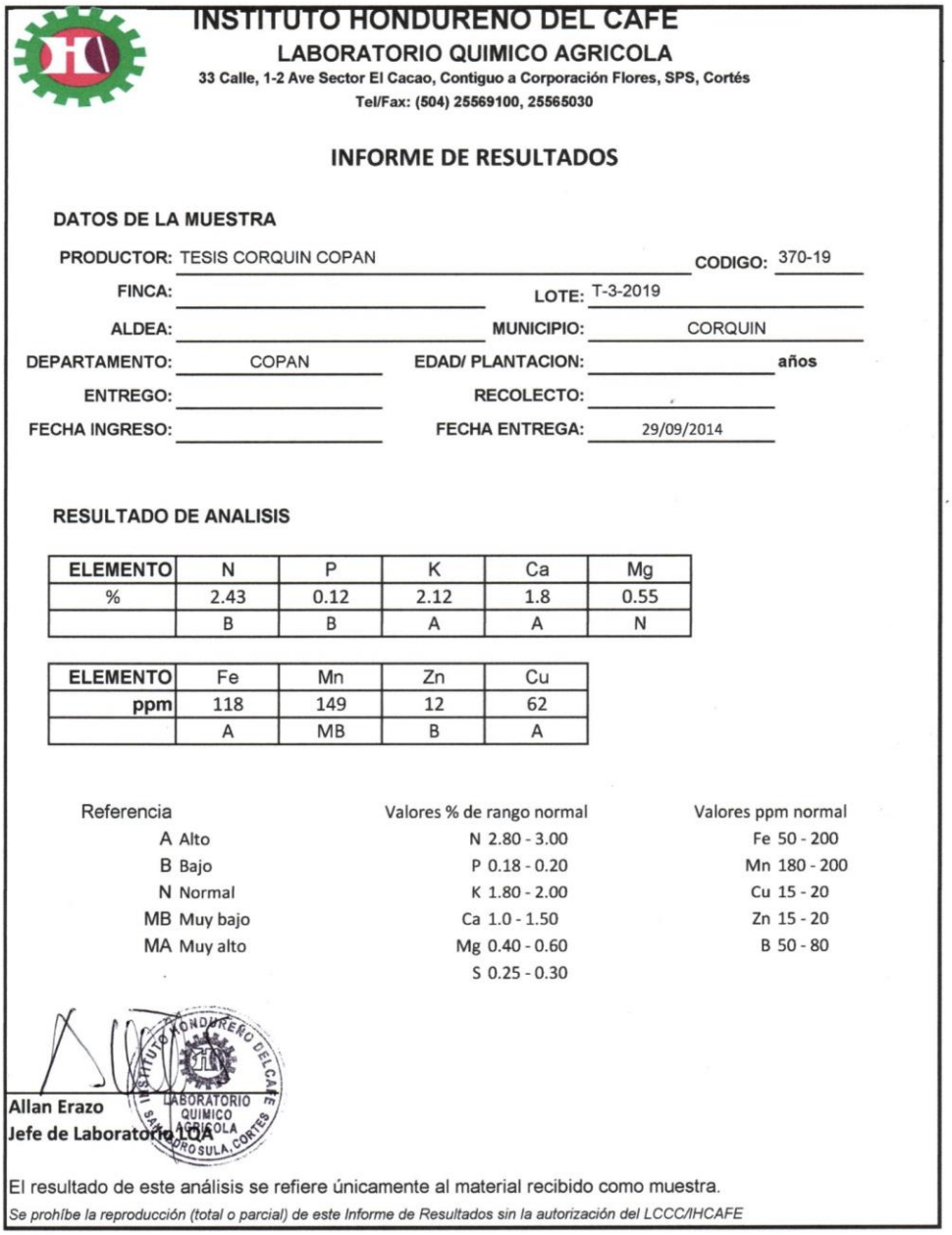
Allan Erazo
Jefe de Laboratorio LQA

INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFE LABORATORIO QUIMICO SAN PEDRO SULA, CORTES

El resultado de este análisis se refiere únicamente al material recibido como muestra.

Se prohíbe la reproducción (total o parcial) de este Informe de Resultados sin la autorización del LCCC/IHCAFE

Anexo 17. Resultados foliares de las plantas de café del tratamiento de *Crotalaria juncea*.



INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFE

LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA

33 Calle, 1-2 Ave Sector El Cacao, Contiguo a Corporación Flores, SPS, Cortés

Tel/Fax: (504) 25569100, 25565030

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DE LA MUESTRA

PRODUCTOR: TESIS CORQUIN COPAN **CODIGO:** 370-19

FINCA: **LOTE:** T-3-2019

ALDEA: **MUNICIPIO:** CORQUIN

DEPARTAMENTO: COPAN **EDAD/ PLANTACION:** **años**

ENTREGO: **RECOLECTO:**

FECHA INGRESO: **FECHA ENTREGA:** 29/09/2014

RESULTADO DE ANALISIS

ELEMENTO	N	P	K	Ca	Mg
%	2.43	0.12	2.12	1.8	0.55
	B	B	A	A	N

ELEMENTO	Fe	Mn	Zn	Cu
ppm	118	149	12	62
	A	MB	B	A

Referencia	Valores % de rango normal	Valores ppm normal
A Alto	N 2.80 - 3.00	Fe 50 - 200
B Bajo	P 0.18 - 0.20	Mn 180 - 200
N Normal	K 1.80 - 2.00	Cu 15 - 20
MB Muy bajo	Ca 1.0 - 1.50	Zn 15 - 20
MA Muy alto	Mg 0.40 - 0.60	B 50 - 80
	S 0.25 - 0.30	

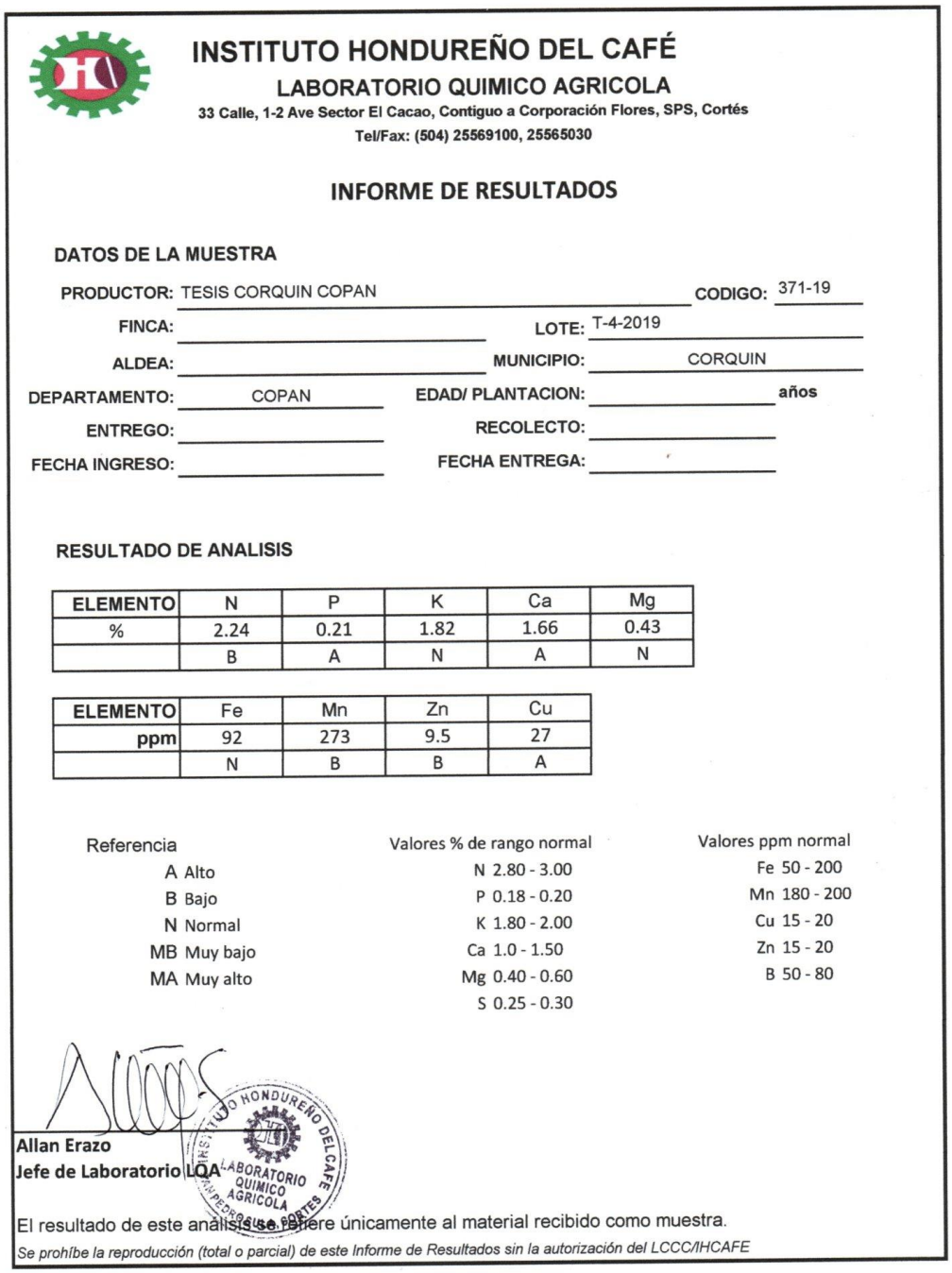
INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFE LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA SAN PEDRO SULA, CORTES

Allan Erazo
Jefe de Laboratorio LQA

El resultado de este análisis se refiere únicamente al material recibido como muestra.

Se prohíbe la reproducción (total o parcial) de este Informe de Resultados sin la autorización del LCCC/IHCAFE

Anexo 18. Resultados foliares de las plantas de café del tratamiento de moradilla *Commelina diffusa*.



INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA

33 Calle, 1-2 Ave Sector El Cacao, Contiguo a Corporación Flores, SPS, Cortés

Tel/Fax: (504) 25569100, 25565030

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DE LA MUESTRA

PRODUCTOR: TESIS CORQUIN COPAN — CODIGO: 371-19

FINCA: — LOTE: T-4-2019

ALDEA: — MUNICIPIO: CORQUIN

DEPARTAMENTO: COPAN — EDAD/ PLANTACION: — años

ENTREGO: — RECOLECTO:

FECHA INGRESO: — FECHA ENTREGA:

RESULTADO DE ANALISIS

ELEMENTO	N	P	K	Ca	Mg
%	2.24	0.21	1.82	1.66	0.43
	B	A	N	A	N

ELEMENTO	Fe	Mn	Zn	Cu
ppm	92	273	9.5	27
	N	B	B	A

Referencia		Valores % de rango normal		Valores ppm normal	
A	Alto	N	2.80 - 3.00	Fe	50 - 200
B	Bajo	P	0.18 - 0.20	Mn	180 - 200
N	Normal	K	1.80 - 2.00	Cu	15 - 20
MB	Muy bajo	Ca	1.0 - 1.50	Zn	15 - 20
MA	Muy alto	Mg	0.40 - 0.60	B	50 - 80
		S	0.25 - 0.30		

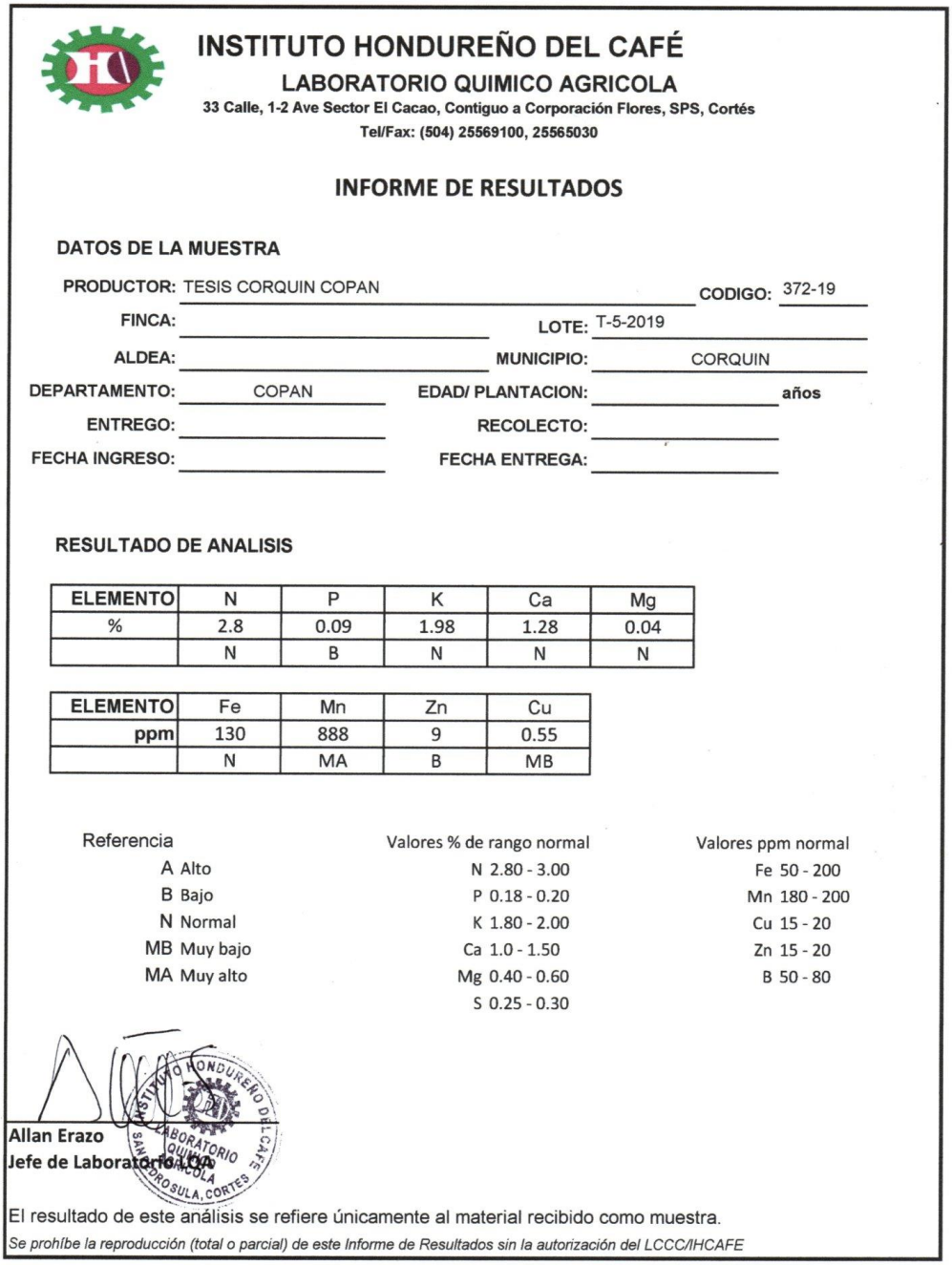
INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFE LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA

Allan Erazo
Jefe de Laboratorio LQA

El resultado de este analisis se refiere únicamente al material recibido como muestra.

Se prohíbe la reproducción (total o parcial) de este Informe de Resultados sin la autorización del LCCC/IHCAFE

Anexo 19. Resultados foliares de las plantas de café del Testigo son cobertura



INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA

33 Calle, 1-2 Ave Sector El Cacao, Contiguo a Corporación Flores, SPS, Cortés

Tel/Fax: (504) 25569100, 25565030

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DE LA MUESTRA

PRODUCTOR: TESIS CORQUIN COPAN **CODIGO:** 372-19

FINCA: **LOTE:** T-5-2019

ALDEA: **MUNICIPIO:** CORQUIN

DEPARTAMENTO: COPAN **EDAD/ PLANTACION:** **años**

ENTREGO: **RECOLECTO:**

FECHA INGRESO: **FECHA ENTREGA:**

RESULTADO DE ANALISIS

ELEMENTO	N	P	K	Ca	Mg
%	2.8	0.09	1.98	1.28	0.04
	N	B	N	N	N

ELEMENTO	Fe	Mn	Zn	Cu
ppm	130	888	9	0.55
	N	MA	B	MB

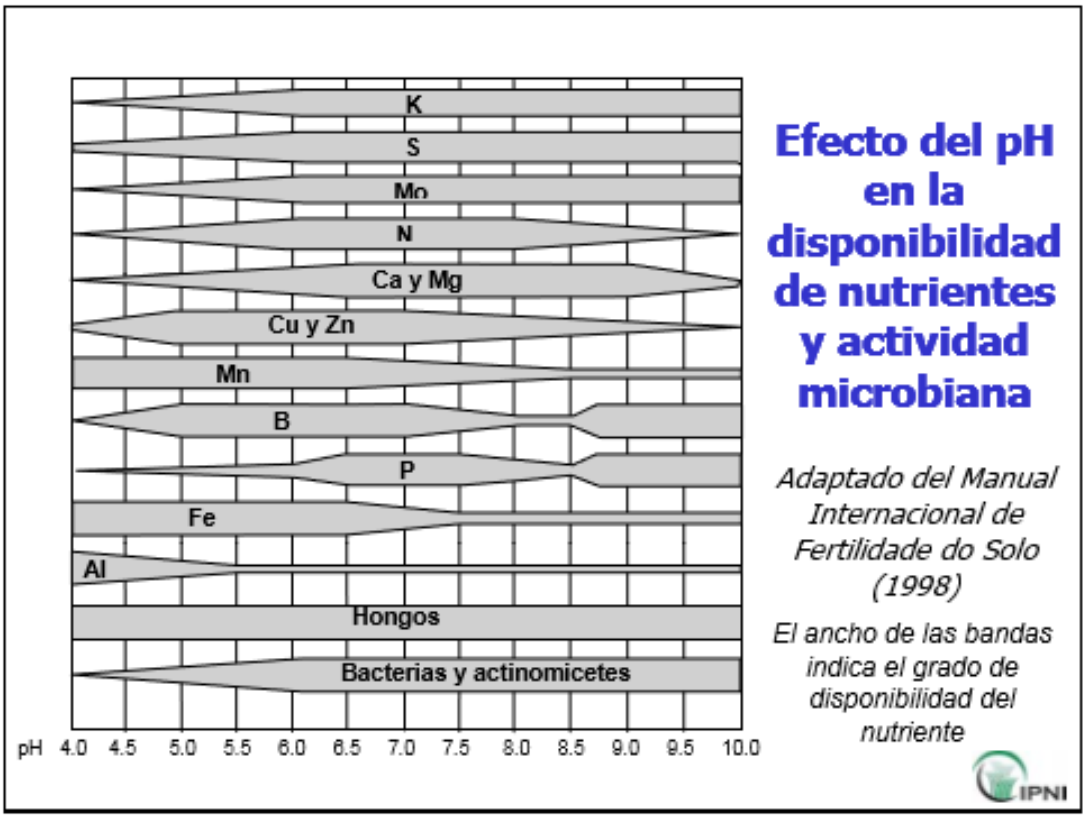
Referencia		Valores % de rango normal		Valores ppm normal	
A	Alto	N	2.80 - 3.00	Fe	50 - 200
B	Bajo	P	0.18 - 0.20	Mn	180 - 200
N	Normal	K	1.80 - 2.00	Cu	15 - 20
MB	Muy bajo	Ca	1.0 - 1.50	Zn	15 - 20
MA	Muy alto	Mg	0.40 - 0.60	B	50 - 80
		S	0.25 - 0.30		

Allan Erazo
Jefe de Laboratorio LQA

El resultado de este análisis se refiere únicamente al material recibido como muestra.

Se prohíbe la reproducción (total o parcial) de este Informe de Resultados sin la autorización del LCCC/IHCAFE

Anexo 20. Niveles de absorción de nutrientes de acuerdo al pH del suelo.



Anexo 21. Recibo de pago por análisis químicos de muestras de suelo.

