

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



HUGO ALBERTO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

GUATEMALA SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

**EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE NUTRICIÓN EN PLANTAS DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA FINCA EL
NARANJO, ORATORIO, SANTA ROSA, GUATEMALA, C. A.**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

POR

HUGO ALBERTO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL PRIMERO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL QUINTO	Per. Agr. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

Guatemala, septiembre de 2020

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorable miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE NUTRICIÓN EN PLANTAS DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA FINCA EL
NARANJO, ORATORIO, SANTA ROSA, GUATEMALA, C. A.**

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistema de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los aspectos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



HUGO ALBERTO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Por darme la vida, ser mi guía en todo momento, gracias por este triunfo.

A MIS PADRES

Héctor Hugo Hernández Herrera, Mirna Ninett Rodríguez de Hernández, gracias por su amor, apoyo incondicional, confianza y esfuerzo en mi formación académica, personal, y por enseñarme a ser una persona de bien, este triunfo es de ustedes, los amo.

A MI HERMANO

Héctor Fernando, por demostrarme su apoyo y aprecio incondicional en todo momento, gracias.

A MIS ABUELOS

Mario Alberto Hernández Beltrán (†) Q.E.P.D y Feliciano Herrera (mama Chana) (†) Q.E.P.D, Juan Bautista Rodríguez y Petrona Hernández Pineda, (†) Q.E.P.D los extraño.

A MI ESPOSA

María Fernanda Elvira, gracias por estar en las buenas y en las malas, por alentarme a siempre seguir adelante, por su amor, comprensión, paciencia y apoyo incondicional, la amo.

A MI HIJA

María Alejandra, por ser mi motor, la persona más importante de mi vida, que le da propósito a mis días, te amo mucho mi niña.

A FAMILIA

A mi primo Henry, mi tío Otto, mis primas y primos, por siempre estar ahí apoyándome, dándome consejos, los quiero.

A MIS AMIGOS

Manfredo Marroquín, Edwin Valdez, Luis Jocop, Nelson Chinchilla, Axel Urizar, Oscar Argueta, como recuerdo de las experiencias compartidas, muestra de amistad y por animarme a seguir adelante, si se encuentran acá es porque son importantes para mí.

A MI FAMILIA EN GENERAL

Por todo su cariño y apoyo, gracias.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A DIOS:

Por darme la sabiduría en mi vida.

A GUATEMALA

Mi Patria, el país de la eterna primavera.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi casa de estudio, alma mater.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por los conocimientos y formación académica.

AGRADECIMIENTOS

A:

MI CASA DE ESTUDIOS

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, por brindarme los conocimientos necesarios para superarme y contribuir con el desarrollo del país.

MIS CATEDRÁTICOS

Por su paciencia, esmero y dedicación para educar y formar mejores profesionales.

MI ASESOR

Dr. Aníbal Sacbaja por su valiosa asesoría y su colaboración en la elaboración del presente documento.

MI SUPERVISOR

Ing. Agr. Pedro Peláez por su supervisión profesional y ejecución del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Página

ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL ÁREA CAFÉ TALERA DE LA ZONA ALTA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA ACERCA DEL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*), GUATEMALA, C.A.

1.1. PRESENTACIÓN	1
1.2. MARCO REFERENCIAL	2
1.2.1. Ubicación del departamento de Santa Rosa	2
1.2.2. Condiciones del departamento de Santa Rosa	4
1.2.3. Condiciones edafoclimáticos	5
1.2.4. Zonas de vida vegetal.....	6
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	7
1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO	7
1.4. METODOLOGÍA	8
1.4.1. Fase de gabinete	8
1.4.2. Fase de campo	9
1.4.3. Fase final	9
1.5. RESULTADOS	10
1.5.1. Listado de los Agroservicios del departamento de Santa Rosa.....	10

Página

1.5.2. Conocer todos los fertilizantes foliares disponibles en el mercado del departamento de Santa Rosa.....	10
1.5.3. Listado de los principales problemas agrícolas que presenta los caficultores el departamento de Santa Rosa.....	14
1.6. CONCLUSIONES.....	15
1.7. RECOMENDACIONES	16
1.8. BIBLIOGRAFÍA	17

CAPÍTULO II

**EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE NUTRICIÓN EN PLANTAS DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) EN LA FINCA EL NARANJO, ORATORIO, SANTA ROSA,
GUATEMALA, C.A.**

2.1. INTRODUCCIÓN	18
2.2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.2.1. Marco conceptual	20
2.2.2. Clasificación botánica del cultivo de café	20
2.2.3. Morfología del café	21
2.2.4. Nutrición vegetal	24
2.2.5. Nutrición de las plantas y su relación con la fertilización del suelo	26
2.2.6. Ley del mínimo	30
2.2.7. Deficiencias nutricionales	31
2.2.8. Nutrición en el cultivo de café	31
2.1.9. Materia orgánica y su relación con la nutrición	36
2.1.10. Ácidos húmicos (AH)	36
2.1.11. Ácidos fúlvicos (AF)	37

Página

2.1.12. La importancia del ácido húmico y fúlvico en la fertilidad del suelo y plantas.....	37
2.2. Marco referencial	38
2.2.1. Condiciones del municipio Oratorio	39
2.2.2. Condiciones edafoclimáticos	39
2.2.3. Zonas de vida vegetal.....	41
2.2.4. Antecedentes de trabajos de incorporación de ácidos húmicos y fúlvicos	41
2.3. OBJETIVOS.....	43
2.3.1. Objetivo general.....	43
3.1.1. Objetivos específicos.....	43
2.4. HIPÓTESIS	43
2.5. METODOLOGÍA	44
2.5.1. Selección de área experimental.....	44
2.5.2. Unidad experimental.....	44
2.5.3. Repeticiones.....	44
2.5.4. Descripción de los programas	44
2.5.5. Variables evaluadas	48
2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
2.6.1. El rendimiento de café maduro	51
2.6.2. Análisis económico de los programas evaluados	54
2.6.7. Resumen del análisis financiero	58
2.7. CONCLUSIONES.....	59
2.8. RECOMENDACIONES	60
2.9. BIBLIOGRAFÍA	61

2.10. ANEXOS.....	64
-------------------	----

CAPÍTULO III

SERVICIOS PRESTADOS EN EL ÁREA CAFÉ TALERA DEL DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA SOBRE EL MANEJO DE LA NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*), GUATEMALA, C.A.

3.1. PRESENTACIÓN.....	67
3.2. Servicio 1. Elaboración de parcelas comparativas en cultivo de café (<i>Coffea arábica</i>), en cuatro fincas del departamento de Santa Rosa	68
3.2.1. OBJETIVOS.....	68
3.2.2. METODOLOGÍA.....	68
3.2.3. RESULTADOS	70
3.2.4. EVALUACIÓN.....	73
3.3. Servicio 2. Realizar capacitaciones a caficultores para resaltar la importancia de las fertilizaciones foliares.	74
3.3.1. OBJETIVOS.....	74
3.3.2. METODOLOGÍA.....	74
3.3.3. RESULTADOS	75
3.3.4. EVALUACIÓN.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Listado de agroservicios dentro del departamento de Santa Rosa.	10
Cuadro 2. Programa de aplicación de la fertilización foliar recomendado para el cultivo de café.....	11
Cuadro 3. Productos de mayor disponibilidad en el mercado del departamento de Santa Rosa.....	12
Cuadro 4. Productos más utilizados por los caficultores en el departamento de Santa Rosa.....	13
Cuadro 5. valor de mercado de fertilizantes foliares en el departamento de Santa Rosa. .	13
Cuadro 6. Principales problemas de los caficultores del departamento de Santa Rosa. ...	14
Cuadro 7. Clasificación botánica del café.	20
Cuadro 8. Macronutrientes esenciales que necesitan las plantas para su desarrollo.	28
Cuadro 9. Micronutrientes esenciales para las plantas y concentraciones.	29
Cuadro 10. Descripción del aporte nutricionales kg/ha de los programas de fertilización utilizados en la investigación.	45
Cuadro 11. Programa de fertilización de la finca El Naranjo	46
Cuadro 12. Fuentes de nutrientes y sus cantidades aplicadas en el programa hidrosoluble.	47
Cuadro 13. Fuentes de nutrientes y sus cantidades aplicadas en el programa hidrosoluble AH + AF.	47
Cuadro 14. Resultados del rendimiento del café maduro de los programas evaluados.	51
Cuadro 15. Análisis de varianza del rendimiento del café maduro.	51
Cuadro 16. Resumen de post – andeva DUNCAN.....	52
Cuadro 17. Rendimiento del programa testigo.	54
Cuadro 18. Costos parciales del programa del testigo comercial.....	54
Cuadro 19. Rendimiento del programa comercial.	55
Cuadro 20. Costos parciales del programa granular.	55
Cuadro 21. Rendimiento del programa granular	55
Cuadro 22. Costos parciales del programa hidrosoluble.	56

	Página
Cuadro 23. Rendimiento del programa hidrosoluble.	56
Cuadro 24. Costos parciales del programa hidrosoluble AH + AF.	57
Cuadro 25. Rendimiento del programa hidrosoluble AH +AF.....	57
Cuadro 26. Resumen de los costos de los programas utilizados en la investigación.....	58
Cuadro 27. Fincas seleccionas para la evaluación de los fertilizantes foliares más aminoácidos en el cultivo de café.	68
Cuadro 28. Rendimiento de café maduro por finca y parcela.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa del departamento de Santa Rosa y la zona alta cafetalera.	3
Figura 2. Morfología del café.....	21
Figura 3. Efecto de la fotosíntesis en la planta.....	25
Figura 4. Nutrientes esenciales para la planta	26
Figura 5. Ley del mínimo o principio de Liebig	30
Figura 6. Absorción de macronutrientes en el cultivo de café.	33
Figura 7. Absorción de macronutrientes en el cultivo de café	33
Figura 8. Requerimientos nutricionales en el ciclo del NPK en el cultivo de café.....	34
Figura 9. Absorción de micronutrientes en el cultivo de café.	35
Figura 10. Absorción de micronutrientes el ciclo del café.	35
Figura 11. Mapa de ubicación de la finca El Naranjo.	38
Figura 12. Medias del rendimiento de café maduro.	53
Figura 13A. Listado de productos.....	64
Figura 14A. Instrumentos utilizados: a) cintra métrica, b) bolsa análisis de suelo y c) pesa.....	65
Figura 15A. Fotografía de los fertilizantes, a) mezcla física de granular, b) materia prima de hidrosoluble y c) materia prima de hidrosoluble + AH y AF.	65
Figura 16A. Análisis de suelo de la finca El Naranjo.	66
Figura 17. Metodología de preparación de mezcla o solución.	69
Figura 18. Tratamientos evaluados en las cuatro fincas seleccionadas en el Departamento de Santa Rosa para la aplicación de fertilizantes foliares más aminoácidos.	69
Figura 19. Parcelas comparativas de las cuatro fincas seleccionadas.....	70
Figura 20. Cantidad de granos por bandola.	71
Figura 21. Cantidad de granos por libra.	72
Figura 22. Fases de capacitación a los caficultores de San Rafael las Flores	75

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, está conformado por tres componentes: el diagnóstico, la investigación y los servicios, los cuales se llevaron a cabo en la finca El Naranjo, municipio Oratorio, departamento de Santa Rosa. Desarrollado a través del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, durante el periodo de práctica de febrero a noviembre del año 2016.

El diagnóstico se realizó con el objetivo de identificar los principales problemas que afectan al área cafetalera de la Región IV, el diagnóstico se realizó en el departamento de Santa Rosa. Con ayuda de la empresa Transmerquin de Guatemala S.A. –GTM-, se recopiló información relacionada con nutrición, productos y precios que utilizan para el cultivo de café para conocer el programa de fertilización que los caficultores utilizan actualmente y conocer qué tipo de metodología utilizan en la aplicación de nutrientes.

Como logro obtenido del diagnóstico se identificaron los 12 agroservicios que se encuentran en la zona alta de café en el Departamento de Santa Rosa, se realizó un sondeo de los productos que los caficultores de la región utilizan actualmente y por último se identificó el principal problema que tienen los caficultores, el cual es que ellos no realizan aplicaciones de fertilizante foliar constantes ocasionándoles un bajo rendimiento en la producción.

El segundo capítulo, se muestra la investigación evaluación de cuatro programas de nutrición al suelo en el cultivo de café en la finca El Naranjo ubicada en municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa. Mediante la investigación se generó información sobre cada uno de los programas evaluados para café para mejorar los rendimientos actuales de la finca, al utilizar fertilizantes hidrosolubles aplicados directamente a la planta se obtuvo un rendimiento por kg/ha de café maduro; presentado un mejor rendimiento el tratamiento o programa cinco que contiene (fertilizantes hidrosoluble + ácidos húmicos + ácidos fúlvicos con un rendimiento de 909 kg/ha) siendo así el mejor programa el programa (testigo absoluto), programa dos (fertilizante de finca el Naranjo), programa tres (fertilizante granular) y programa cuatro (fertilizantes hidrosolubles), según los programas evaluados en

el análisis de costos el programas granular presento el mejor beneficio costo dando una relación 2.82.

Los servicios que se realizaron fueron dos: el primero consistió en la implementación de parcelas comparativas en cuatro fincas elegidas en el Departamento de Santa Rosa logrando la incorporación de fertilizantes foliares más aminoácidos ayudando al aumento del crecimiento de la bandola y peso del grano del café y el segundo servicio fue realizar capacitaciones a los caficultores de San Rafael Las Flores, los logros obtenidos de las capacitación fue que los caficultores de la zona conocieran el uso de los fertilizantes foliares y sus características.



CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DEL ÁREA CAFÉTALERA DE LA ZONA ALTA DEL DEPARTAMENTO
DE SANTA ROSA ACERCA DEL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE CAFÉ
(*Coffea arabica*), GUATEMALA, C.A.**

1.1. PRESENTACIÓN

El café es el tercer cultivo más importante en Guatemala, aporta el 6 % (624.165 millones de U.S. \$) del valor de Free on Board con sus siglas en inglés (FOB) de las exportaciones en el país, (BANGUAT, 2016), es fuente de empleo y fortalece la economía, debido a que es utilizado para el consumo local, mercado exterior y genera ingresos.

La parte alta del departamento de Santa Rosa se encuentra ubicada entre 1,000 m s.n.m a 1,800 m s.n.m donde se encuentra tierra fértil apta para el cultivo de café, lo cual la hace poseer las características propias para obtener mayor producción de café tipo duro y estrictamente duro.

El diagnóstico se realizó en el departamento de Santa Rosa con ayuda de la empresa Transmerquin de Guatemala S.A –GTM-, se recopiló información relacionada con nutrición, productos y precios que utilizan para el cultivo de café para conocer el programa de fertilización que los caficultores utilizan actualmente y conocer qué tipo de metodología utilizan en la aplicación de nutrientes.

Como logro obtenido del diagnóstico se identificó los agroservicios que se encuentran dentro del departamento de Santa Rosa y los municipios donde se cultiva café, logrando obtener información sobre los caficultores del departamento. Se detectó que los caficultores de la zona no realizan aplicaciones de fertilizantes foliares continuamente lo cual se ve afectado el rendimiento.

1.2. MARCO REFERENCIAL

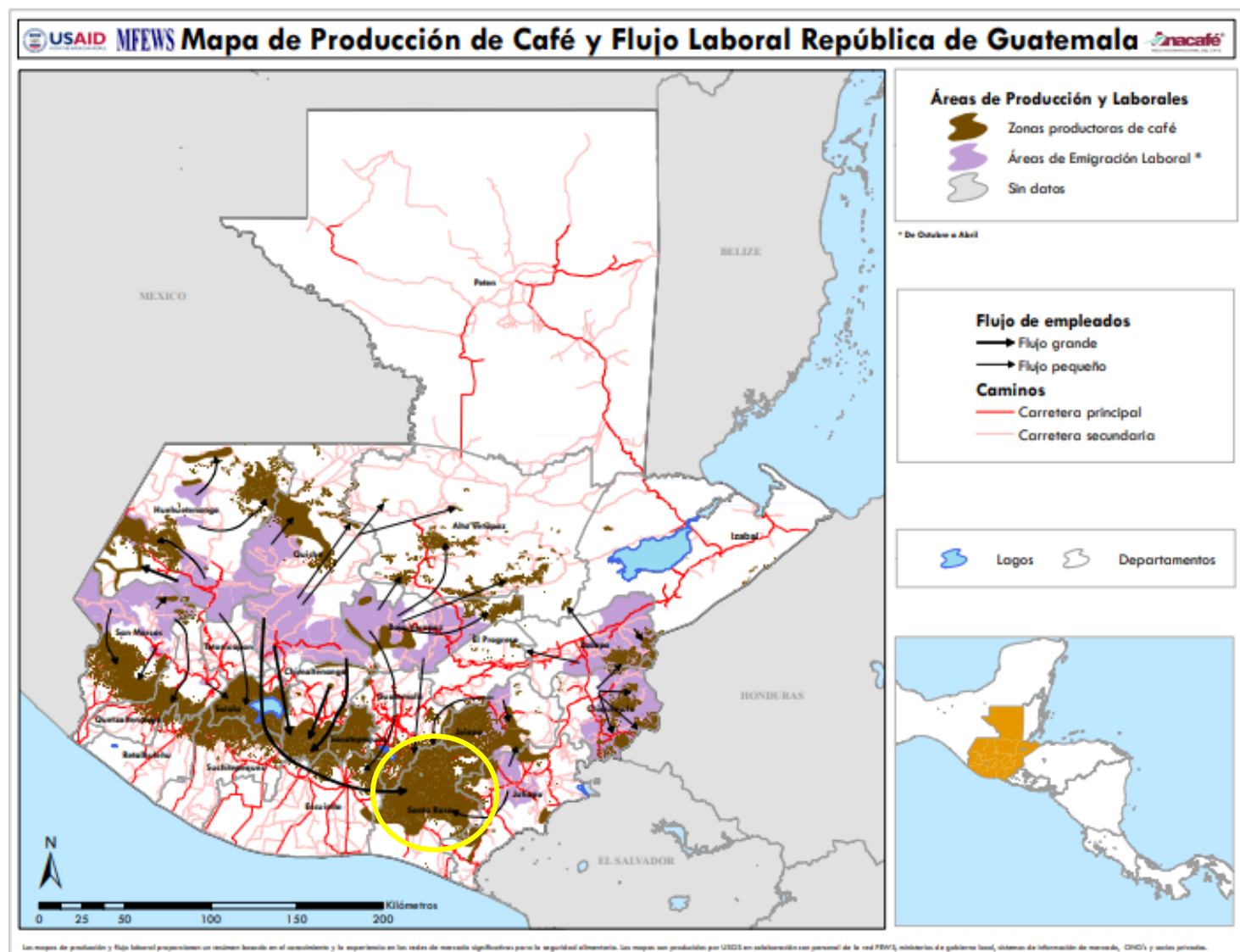
1.2.1. Ubicación del departamento de Santa Rosa

El departamento de Santa Rosa a una distancia de 78 km de la ciudad de Guatemala. Se encuentra a una altura de 640 m s.n.m, con una pendiente de 40 %, con 14° 10' 25.1" Latitud Norte y 90° 09' 27.6" Longitud Oeste, cuenta con extensión territorial de 2,295 km²; el clima que varía desde el templado en las montañas hasta el cálido en la costa del Pacífico. Situada en la región IV o región Sudeste. La Romana limita al Norte con los departamentos de Guatemala y Jalapa; al Sur con el Océano Pacífico; al Este con el departamento de Jutiapa; y al Oeste con el departamento de Escuintla (Figura 1).

La producción nacional se distribuye en los 22 departamentos del país, de los cuales las mayores producciones se concentran en los departamentos:

- Santa Rosa (18.9 %)
- San Marcos (11.8 %)
- Chimaltenango (9.3 %)
- Huehuetenango (9.1 %)
- Alta Verapaz (7 %)
- Suchitepéquez (5.3 %)

que en su conjunto representan el 61.5 %. Los demás departamentos constituyen el 38.5 % restante. La calidad de los cafés de Guatemala, es el resultado de una combinación de clima templado subtropical; abono de desechos volcánicos; altura y calidad de las plantaciones y un esmerado proceso de beneficio húmedo (lavado), lo cual lo distinguen por su limpio y penetrante aroma, marcada acidez, cuerpo pesado y un distinto carácter que los convierten en los preferidos para los conocedores (ANACAFE, 2016).



Fuente: ANACAFE, 2016.

Figura 1. Mapa del departamento de Santa Rosa y la zona alta cafetalera.

1.2.2. Condiciones del departamento de Santa Rosa

A. Municipios de la zona cafetalera que integran al departamento de Santa Rosa

1. San Rafael las Flores.
2. Casillas.
3. Nueva Santa Rosa.
4. Santa Rosa de Lima.
5. Santa Cruz Naranjo.
6. Barberena.
7. Cuilapa.
8. Santa María Ixhuatán
9. Oratorio.

B. Idioma

El idioma Pipil ha desaparecido por completo y el Xinca aún es recordado por pocos ancianos entre la población de los municipios de Chiquimulilla, Taxisco, Guazacapán y Santa María Ixhuatán. En consecuencia, el idioma que se habla en todo el municipio es el español (Valdez 2013).

C. Economía

Por la variedad de sus climas, el departamento de Santa Rosa consta con una gran cantidad de cultivos, como frutas de diversos tipos y vegetales, además la producción de tejidos y artesanías forma parte esencial de la economía de este municipio. Pero cabe resaltar que Oratorio es el municipio que más área destina a la producción de café (Valdez 2013).

D. Producción agrícola

Entre sus productos agrícolas sobresalen el café, que es de buena calidad, caña de azúcar, maíz, frijol, arroz, papa, ajonjolí, maicillo, algodón, tabaco, cebolla, aguacate, tomate y frutas, especialmente la piña (SEGEPLAN, 2009b).

1.2.3. Condiciones edafoclimáticas

A. Clima

Santa Rosa cuenta con variedad de climas, desde el frío que se encuentra en las montañas de la soledad o de Mataquescuintla, hasta el cálido de la costa. Por lo general, el clima es templado y sano.

Su configuración geográfica es bastante variada, con alturas que oscilan entre los 214 m s.n.m y 1.330 m s.n.m, con un clima que varía desde el templado en las montañas hasta el cálido en la costa del Pacífico (Monografía de Santa Rosa, 2016).

B. Suelos

Según Charles S. Simmons 1959, los suelos del departamento de Santa Rosa poseen buen drenaje interno, en relieve escarpado, sobre lahar de color oscuro. El suelo superficial es café muy oscuro y posee textura franca friable y espesor de 25 cm a 35 cm.

El subsuelo es de color café o café rojizo, de consistencia friable y textura franca arcillosa o arcillosa y con espesor de 20 cm a 50 cm.

C. Relieve

El aspecto físico es variado, toda vez que el terreno tenga zona orográfica meridional del país de los caracteres que la distinguen, ya en la cordillera principal compuesta de cerros formados de rocas eruptivas, tanto antiguas como relativamente modernas, sin que se manifiesten sierras bien pronunciadas, o ya también en la cordillera meridional, afectando depresiones al descender el terreno al litoral, atravesada en su parte norte por la Sierra Madre que desciende en suave declive hacia el sur. Los volcanes Tecuamburro, Jumaytepeque y Cerro Redondo añaden escabrosidad al paisaje (IGN, 2000).

El cultivo del café puede encontrarse desde las áreas montañosas con grandes pendientes hasta áreas casi costeras y con poco o nada pendiente.

1.2.4. Zonas de vida vegetal

De la Cruz, basado en el sistema Holdridge (1978) clasifica al departamento de Santa Rosa en la zona de vida bmh - S (t) Bosque Muy Húmedo Subtropical Templado.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer el área cafetalera de la zona alta del Departamento de Santa Rosa acerca del manejo nutricional del cultivo de café (*Coffea arábica*), Guatemala, C.A.

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

1. Realizar un listado de los Agroservicios correspondientes en el área cafetalera de la zona alta del Departamento de Santa Rosa.
2. Conocer los fertilizantes foliares para el cultivo de café disponibles en los Agroservicios correspondientes en el área cafetalera de la zona alta del Departamento de Santa Rosa.
3. Determinar y priorizar los principales problemas de los agricultores de café en el área cafetalera de la zona alta del Departamento de Santa Rosa.

1.4. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología que se utilizó para llevar a cabo el diagnóstico con los caficultores de la zona alta del Departamento de Santa Rosa.

1.4.1. Fase de gabinete

Recopilación de información primaria sobre el Departamento de Santa Rosa.

1. Presentación de parte de la empresa Transmerquim, S.A. a los Agroservicios correspondientes del departamento de Santa Rosa, como estudiante del Ejercicio profesional Supervisado –EPS- de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Reconocimiento del área y presentación con los Agroservicios designados por la empresa Transmerquim, S.A.
3. Se realizó entrevista semi estructuradas al personal de los Agroservicios visitados para obtener información primaria.
4. Se realizó un sondeo en el área cafetalera de la zona alta del departamento de Santa Rosa para determinar principales problemas que presentan los caficultores sobre el manejo nutricional del cultivo de café.
5. Revisión de documentos relacionados al cultivo de café, así mismo del lugar, para obtención de información secundaria.
6. Formular el diagnóstico del departamento de Santa Rosa para poder determinar las problemáticas predominantes del cultivo de café.

1.4.2. Fase de campo

Se realizó un reconocimiento por el área cafetalera del departamento de Santa Rosa visitando los municipios que se dedican al cultivo de café los cuales son:

1. San Rafael las Flores.
2. Casillas.
3. Nueva Santa Rosa.
4. Santa Rosa de Lima.
5. Santa Cruz Naranjo.
6. Barberena.
7. Cuilapa.
8. Santa María Ixhuatán
9. Oratorio.

Se realizó una visita correspondiente a cada uno de los Agroservicios encontrados en cada municipio dedicados a la producción de café en el departamento de Santa Rosa. Logrando realizar una entrevista semi estructurada con el encargado del agro servicio para obtener información sobre los fertilizantes foliares que utilizan los caficultores así mismo conocer el precio, marca, presentación y nombre del producto.

1.4.3. Fase final

Por medio de las visitas a los Agroservicios se logró recolectar la información y detectar los principales problemas que presentan los caficultores de la zona y con la información obtenida se realizó un análisis de cada uno de los productos para conocer las problemáticas de los caficultores de la zona.

1.5.RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del área cafetalera del municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa.

1.5.1. Listado de los Agroservicios del departamento de Santa Rosa.

Cuadro 1. Listado de Agroservicios visitados en el departamento de Santa Rosa.

Nombre del Agroservicios	Dueño	Municipio
Fernando Monterroso	Fernando Monterroso	Nueva Santa Rosa
Agroveterinaria San Rafael	Yanira Morales	San Rafael Las Flores
Luis Castillo	Luis Castillo	Nueva Santa Rosa
Eldin Alvarez	Eldin Alvarez	Nueva Santa Rosa
Centro Agroganadero	Carlos Solares	Nueva Santa Rosa
Lilian Gonzalez	Lilian Gonzalez	Nueva Santa Rosa
Agro Esmeralda	Amarilis de Moran	Oratorio
Agro Monte Verde	Albert Hernandez	Ixhuatan
El agricultor	Luis de la Roca	Cuilapa
Rosby Dávila	Rosby Dávila	Ixhuatan
El Señor Ganadero	El Señor Ganadero	Oratorio
Agro Silher	José Silva	Oratorio

En el Cuadro 1 se describe los 12 Agroservicios que les proporcionan insumos agrícolas a todos los caficultores del área cafetalera de los distintos municipios visitados, teniendo una gran gama de productos para caficultores como agricultores de otros cultivos.

1.5.2. Conocer todos los fertilizantes foliares disponibles en el mercado del departamento de Santa Rosa

A continuación, se presenta en qué etapa fenológica del cultivo se deben de aplicar ciertos macro y micro elementos y la dosis adecuado para el cultivo.

Cuadro 2. Programa de aplicación de la fertilización foliar recomendado para el cultivo de café.

Etapas Fenológicas	Elementos necesarios	Producto	Dosis
**Pre floración	B, Zn, Mg	Sales	1 Kg-2Kg/ Mz
**Post Floración	Zn	Quelatos Naturales	½-1 L/Mz
**45 DSF	Zn, Bo	Quelatos Naturales	½-1 L/Mz
105 DSF	Ca, Zn	Quelatos inorgánicos	½-1 L/Mz
180 DSF	Ca, K	Quelatos inorgánicos	½-1 L/Mz

** DSF: Días secado después de la floración

En el Cuadro 2 se presenta el programa recomendado por ANACAFE para los caficultores para una buena aplicación de fertilizantes foliares. Para que ellos conozcan la etapa fenológica del cultivo los macro y micro elementos esenciales para un mejor desarrollo de la planta y la dosis adecuada de cada elemento esencial y con una composición de quelato para mejor movilización y absorción dentro de la planta para mayor eficiencia.

El costo en Santa Rosa por realizar 3 aplicaciones de foliares es de Q. 190.00 por ha, esto es equivalente a \$ 24.68 USD, esto tomando en cuenta que en la primera aplicación la realizan con Boro, la segunda con Zinc y la tercera con Potasio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Productos de mayor disponibilidad en el mercado del departamento de Santa Rosa.

Producto	Dosis/Bomba	Casa Comercial	Composición	Formulación	Presentación	Precio
Bayfolan	100 cc	Bayer	Elementos regulares quelatados	Liquido	Litro	Q65.00
					Galón	Q205.00
					caneca (20 L)	Q1,100.00
Mega foliar	50cc	Foragro	Aminoácidos Aucina M.O. Elementos regulares Vitamina B1	Liquido	Litro	Q70.00
					Galón	Q210.00
					caneca (20 L)	Q975.00
Folifert	100 cc	Agrocentro	Elementos regulares quelatados	Liquido	Litro	Q40.00
					medio litro	Q25.00
Cafetalero	100 cc	Nutrivesa	Elementos regulares	Liquido	Litro	Q50.00
					caneca (20 L)	Q850.00
Zinc Boro	100 cc	Nutrivesa	Elementos regulares Zinc boro	Liquido	Litro	Q40.00
					caneca (20 L)	Q750.00
Metalosate	80 cc	Albión	Calcio Magnesio Cobre Hierro Manganeso	Liquido	Litro	Q240.00
					Galón (5L)	Q1,000.00
Ultrafert	50cc	Disagro	Elementos regulares	Liquido	Litro	Q32.00
Maxiboost	100 cc		Elementos regulares quelatados	Liquido	Litro	Q140.00
Súper cafetal + EM	100 cc	A&G Foliares	Elementos regulares Elementos menores	Liquido	Litro	Q50.00
FertiCafé	110 cc	Disagro	Elementos regulares	Liquido	Litro	Q90.00

En el Cuadro 3 se presentó los productos de mayor disponibilidad que se manejan en el área del departamento de Santa Rosa, logrando obtener el nombre de la casa comercial, nombre comercial y precio de cada uno de los productos que utilizan los caficultores.

En el siguiente cuadro se describen los productos foliares multiminerales más utilizados en el departamento de Santa Rosa (Cuadro 4).

Cuadro 4. Productos más utilizados por los caficultores en el departamento de Santa Rosa.

Producto	Empresa	Precio por litro	Número de Aplicaciones	Costo total
Bayfolan	Bayer	Q. 60.00	1 – 2	Q. 120.00
Ultrafert	Disagro	Q. 35.00	1 – 2	Q. 70.00
Cafetalero	Nutrivesa	Q. 45.00	1 – 2	Q. 90.00
Milagro	Foragro	Q. 40.00	1 – 2	Q. 80.00
Maxiboost	Disagro	Q. 140.00	1 – 2	Q. 280.00
Folcrop Combi	Agroval	Q. 120.00	1 – 2	Q. 240.00
Súper Complex	Corneta	Q. 60.00	1 – 2	Q. 120.00

Cuadro 5. Valor de mercado de fertilizantes foliares en el departamento de Santa Rosa.

Caficultor	L/ha/año	Área cafetalera (ha)	Litros consumidos	Precio (Q) GTM	Dinero mercado	\$ (USD)
Pequeño (35,625)	2	59,375	118,750	100	11,875,000	1,542,207.79
Mediano(1500)	3	2,500	7,500	90	675,000	87,662.34
Grande(375)	4	625	2,500	80	200,000	25,974.03
Total	9	62,500	77,250	270	12,750,000	1,655,844.16

Se determinó con la ayuda de expertos dependiendo el tipo de caficultor, que por ha de café se consumen de dos a cuatro litros en el departamento de Santa Rosa para un total de 77,250 L consumidos con un valor de mercado de Q. 6, 862,500.

1.5.3. Listado de los principales problemas agrícolas que presenta los caficultores el Departamento de Santa Rosa.

En el Cuadro 6 se presenta los principales problemas agrícolas que presentan los caficultores.

Cuadro 6. Principales problemas de los caficultores del departamento de Santa Rosa.

No.	Principales problemas del municipio de Oratorio	Puntuación
1	La mayoría de caficultores realiza aplicaciones foliares de fertilizantes, pero no aplica concentrado el elemento; sino en bajas dosis por nutriente.	9
2	Los caficultores aun no conocen ciertos fertilizantes foliares que puede ser de gran ayuda para complementar la nutrición del café.	8
3	Los caficultores aún están en proceso de realizar aplicaciones preventivas para el tema de la roya, por lo que es necesario capacitarlos.	8
4	Los caficultores aún están en proceso de realizar aplicaciones preventivas para el tema de la roya, por lo que es necesario capacitarlos.	7
5	Mayor parte de caficultores no conocen los productos de Transmerquim, por lo que es necesario promover los productos y demostrar su efectividad.	7
7	Los caficultores desconocen la importancia de una nutrición foliar adecuada.	7
8	Los caficultores necesitan acceso a la información de los productos de Transmerquim.	7
9	Los caficultores necesitan capacitaciones sobre productos que actúen de manera preventiva, así como también de aplicar los elementos en concentraciones altas y no diluidas	5
10	Los caficultores necesitan hacer aplicaciones foliares, para complementar la nutrición del cultivo de café	5

1.6. CONCLUSIONES

1. Los Agroservicios son una fuente de distribución para las casas comerciales de insumos agrícolas, por lo que la visita de los 12 Agroservicios se logró tener información sobre los caficultores del departamento de Santa Rosa
2. El mercado de fertilizantes foliares del departamento de Santa Rosa tiene potencial, por lo que es importante invertir en la promoción y desarrollo de los productos de la empresa Transmerquim de Guatemala, S.A. –GTM-. Las aplicaciones de fertilizantes, mejoran el vigor y desarrollo de las plantas por lo que es necesario la aplicación en las diferentes etapas fenológicas de (Pre - floración, Pos - floración, Llenado de grano).
3. Como principal problema se concluyó que la mayoría de caficultores realiza aplicaciones foliares de fertilizantes, pero no aplica concentrado el elemento; sino en bajas dosis por nutriente.

1.7.RECOMENDACIONES

1. Se comprobó que ciertos caficultores desconocen de la importancia de una nutrición foliar adecuada, por lo que se recomienda ofrecer más capacitaciones, asimismo se comprobó que muchos caficultores no conocían y carecían de información de los productos de la empresa Transmerquim de Guatemala, S.A. –GTM-, por lo que es necesario seguir promoviendo los productos, ya que son de gran utilidad para los mismos.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 1993. Suelos de la agroindustria cafetalera de Guatemala; región sur. Guatemala, ANACAFE / Universidad de Georgia Athens, Departamento de Agronomía. 79 p.
2. IGN (Instituto Geográfico Nacional, Guatemala). 2000. Diccionario geográfico nacional. Guatemala. 4 tomos.
3. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1945. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
4. Valdez Batz, HA. 2013. Gimnasio polideportivo los Planes Villa Nueva. Tesis Arq- Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura. 112 p. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3583.pdf.

 Rolando Barrios



2.1.INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo de suma importancia económica y cultural para Guatemala. Desde sus inicios se observó en el país un gran potencial para la producción de dicho cultivo, sin embargo, actualmente su producción afronta muchos problemas de sostenibilidad

La Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ), sectoriza la producción de café en siete regiones en Guatemala. La Región IV, abarca los departamentos de Santa Rosa, Jutiapa y Jalapa. Dentro de esta, existen alrededor de 18,341 productores de café, que representa el 14.67 % de los caficultores a nivel nacional (125,000). El área total cultivada con café en la Región IV es de 81,113 ha aproximadamente, que equivale al 26.59 % del área cultivada en el país. En Santa Rosa, se cultiva 61,914 ha de café, en Jutiapa 5,798 ha y Jalapa 13,401 ha.

Los caficultores se caracterizan por producir en pequeña escala o minifundistas (47 %), grandes productores (22 %) y producción entre las dos categorías indicadas (31 %), con productividad promedio de 765 kg de café pergamino por ha (ANACAFÉ, 2014).

Como cualquier otro cultivo es importante la aplicación de fertilizantes en las plantas, debido a que sirve como fuente de nutrientes para que las raíces de las plantas puedan absorber los elementos nutricionales que se encuentran disponibles en el suelo, ya sean incorporados o almacenados en el mismo.

El café necesita de 16 o más elementos, los cuales se han dividido en cuatro grupos para su empleo: los provenientes del agua y aire (carbono, oxígeno, hidrógeno), los macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) que la planta los necesita en grandes cantidades, los secundarios (calcio, magnesio y azufre) la planta los necesita en menores cantidades pero son igual de importantes, los micronutrientes (boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc y cloro) son requeridos en pequeñas cantidades, pero su ausencia es perjudicial para la producción.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- se realizó la siguiente evaluación de cuatro programas de nutrición al suelo en el cultivo de café en la finca El Naranjo ubicada en municipio de Oratorio, departamento de Santa Rosa. Mediante la investigación se generó información sobre cada uno de los programas evaluados para café para mejorar los rendimientos actuales de la finca.

Utilizando fertilizantes hidrosolubles de aplicación directa a la planta teniendo como logros de dicha investigación, se obtuvo como resultados del análisis estadístico que el rendimiento por kg/ha de café maduro lo cual presento mejor rendimiento fue el programa 5 (hidrosoluble + ácidos húmicos + ácidos fúlvicos con un rendimiento de 909 kg/ha) siendo así el mejor programa que los demás, según los programas evaluados en el análisis de costos el programas granular presento el mejor beneficio costo dando una relación 2.82.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

El café es un arbusto originario de Etiopía. Es sin duda hoy uno de los vegetales más conocidos en el mundo entero (Flores,1983).

El género *Coffea*, consta de 25 a 40 especies en Asia y África tropicales; pertenece a la tribu *Coffeoideae* de la familia *Rubiaceae*. Géneros relacionados con ella y de valor económico u ornamental incluyen la Quina, Ixora, Pavetta y Gardenia, siendo la primera la fuente para la obtención de quinina (Flores, 1983).

2.2.2. Clasificación botánica del cultivo de café

Según Linneo (1737) clasificó el café en un grupo de plantas afines y creó para él el género *Coffea*. Más tarde, Jussie incorporó ese grupo de plantas dentro de la familia Rubiaceas (Monroig, 1999). En el Cuadro 7 se puede observar la clasificación botánica del cultivo de café.

Cuadro 7. Clasificación botánica del café.

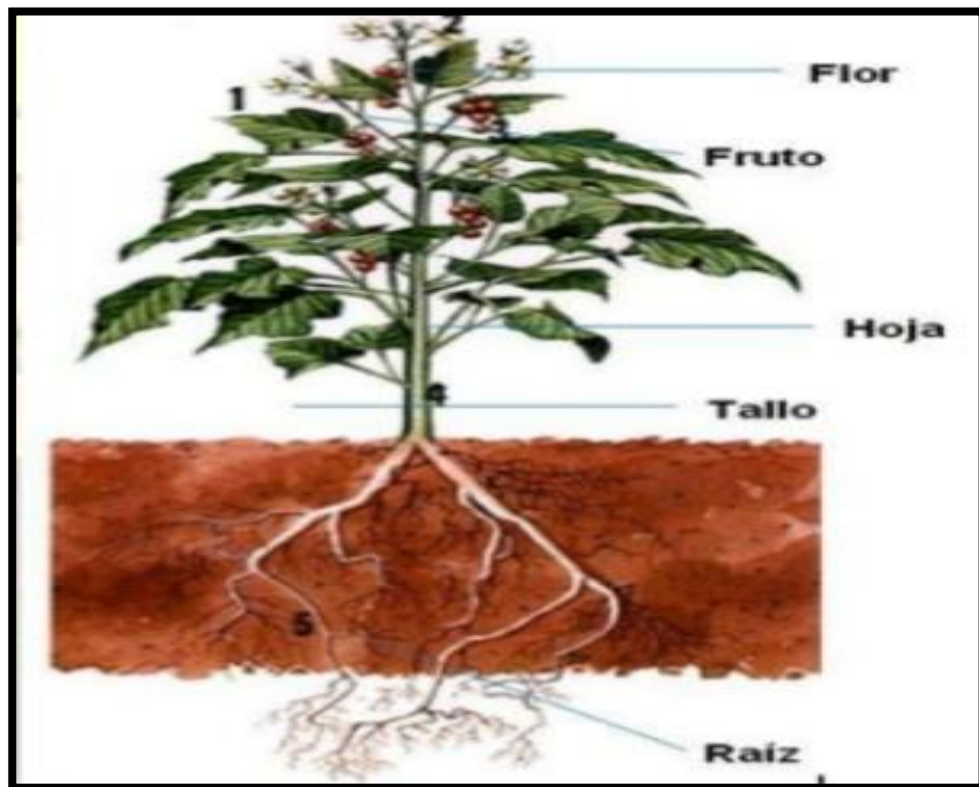
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rubiales
Familia	Rubiaceae
Género	<i>Coffea</i>
Especie	<i>Coffea arabica</i> L

Fuente: Monroig, 1999.

2.2.3. Morfología del café

Los cafés son árboles o arbustos de las regiones tropicales del género *Coffea*, de la familia de Rubiaceae. Comúnmente se cultivan en las regiones tropicales y ecuatoriales, donde siempre es primavera o verano y sus hojas son simples, opuestas y con estípula y bien desarrolladas; sus flores son pequeñas, tubulosas y blancas, los frutos es una drupa con dos nueces y con pulpa azucaradas (Arcila, 2007).

En la Figura 3 se presenta las características morfológicas del café.



Fuente: Arcila, 2007.

Figura 2. Morfología del café.

A. Sistema radicular

La raíz desempeña un papel fundamental en el crecimiento y la producción, para la planta es utilizada como anclaje al suelo y a través de ella absorber los minerales esenciales para su crecimiento. Además, tiene otras funciones como es la síntesis de algunas hormonas reguladoras del crecimiento, y la síntesis de metabolitos secundarios. La raíz puede servir también como órgano de almacenamiento (Raven, 1999).

Las clases de raíces que tiene el café son: pivotante, axiales o de sostén, laterales y raicillas. La raíz pivotante es considerada como la raíz principal que puede alcanzar a una longitud de 50 cm a 60 cm. Desde esta raíz se origina las raíces axiales o de sostén y las laterales, de las raíces laterales se desarrollan las raicillas en un 80 % a 90 % en los primeros 30 cm del suelo con un radio de 2.0 m a 2.50 m desde la base del tronco, tienden a ser más cortas y numerosas en la capa superficial del suelo (Reaven, 1999).

Las raíces laterales y axiales son muy importantes debido que la planta absorbe agua y nutrientes a partir del suelo (Alvarado, 1994).

B. Órganos vegetativos aéreos

El crecimiento de la parte aérea del café se genera a partir de las células meristemáticas, ubicadas en el ápice del tallo, de las ramas (yemas apicales), y en las axilas de las hojas (yemas laterales, yemas axilares y yemas seriadas) (Moen, 1968).

A partir de los meristemos de las yemas se desarrollan los primordios de nudos, hojas, brotes, ramas y flores. El ápice del tallo es el responsable de la formación de nudos, hojas y del crecimiento en altura de la planta (crecimiento ortotrópico). En el ápice de las ramas ocurre la formación de nudos, hojas y la expansión lateral de la planta (crecimiento plagiotrópico) (Cannell, 1985).

C. Tallo

El tallo es leñoso, erecto y de longitud variable de acuerdo con el clima y tipo de suelo. En las variedades comerciales el tallo varía entre 2.0 m a 5.0 m de altura (Alvarado, 1994).

El tallo produce yemas que originan las partes de la planta como: las yemas en el tallo y las yemas en las ramas (Alvarado, 1994).

D. Ramas o bandolas

Conocidas también como ramas laterales o ramas primarias. Estas son opuestas y alternas y dan origen a las ramas secundarias; a su vez, pueden originar ramificaciones terciarias o palmillas en la parte en un punto apical de crecimiento que va formando nuevas hojas y entrenudos. El número de estos puede variar de un año a otro y consecuentemente las axilas que se forman dan origen al número de flores y por ende a los frutos (Alvarado, 1994).

E. Hojas

Sus formas elípticas a lanceolada, levemente coriáceas con lámina y márgenes un poco onduladas de un color verde claro cuando son jóvenes y verde oscuro cuando completan su desarrollo (Arcila, 2007).

Su tamaño no solo varía entre especies y cultivares sino también de acuerdo con las condiciones de sombra o plena exposición del sol (Alvarado, 1994).

Son órganos que realizan los tres procesos fisiológicos más importantes que soportan el crecimiento y desarrollos vegetativo y reproductivo, éstos son: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración (Arcila, 2007).

F. Flores

Aparecen generalmente hacia el tercer año, pero no alcanzan su plenitud hasta el cuarto o quinto año (Coste, 1968). La disposición floral del café es distal es decir, en grupos separados de yemas, que brotan en los nudos a lo largo de las ramas laterales (Promecafe, 2006).

La floración del café permanece pocos días. Es inducida primero, por días cortos y posteriormente, cuando hay humedad suficiente, proviene de la lluvia. (Alvarado & Rojas, 1994).

G. Fruto

El fruto maduro es una drupa elipsoidal en los cultivares comerciales, ligeramente aplanada, de superficie lisa y brillante y de pulpa delgada constituido de tres partes diferentes: el epicarpio o epidermis; el mesocarpio o pulpa y el endospermo o semilla (Alvarado, 1994).

El tiempo que transcurre entre la floración y la maduración de los frutos varía con las variedades, las condiciones climáticas y los métodos de cultivo (Coste, 1968).

2.2.4. Nutrición vegetal

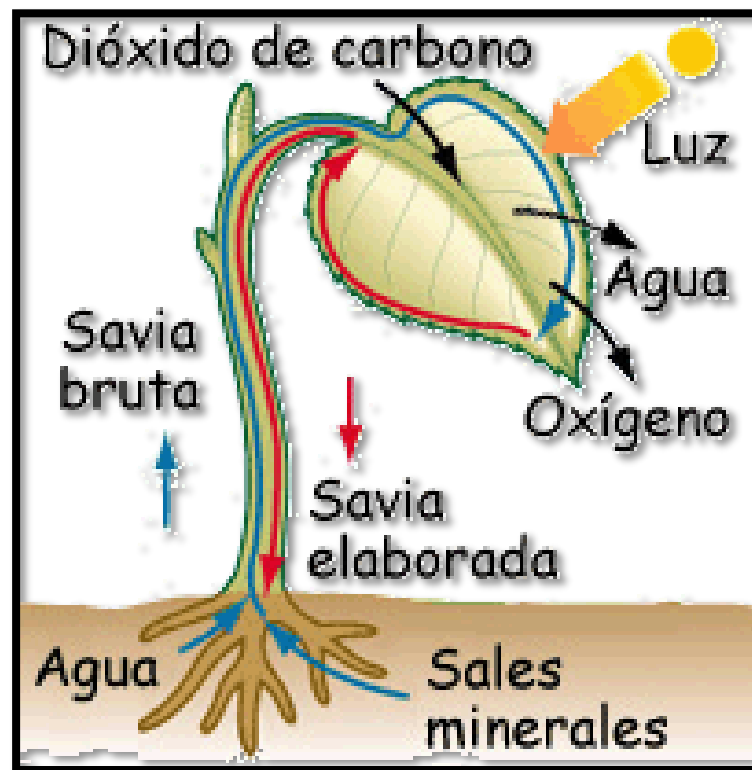
La nutrición puede definirse como el suministro y la absorción de compuestos químicos necesarios para el crecimiento y el metabolismo; y los nutrientes como los compuestos químicos requeridos por un organismo. Los mecanismos por el cual los nutrientes se convierten en material celular o suministran energía son llamados procesos metabólicos. El término metabolismo comprende una serie de variadas reacciones que ocurren en una célula viva para mantener la vida y el crecimiento. Así, la nutrición y el metabolismo están cercanamente relacionados entre sí (Mengel, 2000).

La nutrición recurre a procesos de absorción de gas y de soluciones minerales ya directamente en el agua para los vegetales inferiores y las plantas acuáticas, en el caso de los vegetales vasculares en la solución nutritiva del suelo por las raíces o en el aire por las hojas (Mengel, 2000).

Las raíces, el tallo y las hojas son los órganos de nutrición de los vegetales vascular constituyen el aparato vegetativo. Por los pelos absorbentes de sus raíces (pelos radiculares), la planta absorbe la solución del suelo, es decir el agua y las sales minerales, que constituyen la savia bruta (ocurre que las raíces se asocian a hongos para absorber mejor la solución del suelo, se habla entonces de micorriza (Mengel, 2000).

En las hojas se efectúa la fotosíntesis; la planta recibe aminoácidos y azúcares que constituyen la savia elaborada. Bajo las hojas, los estomas permiten la evaporación de una parte del agua absorbida (oxígeno: O_2) y la absorción de dióxido de carbono (CO_2).

Por el tallo, circulan los dos tipos de savia: la savia bruta por el xilema y la savia elaborada por el floema (Figura 3) (Mengel, 2000).



Fuente:(Mengel, 2000).

Figura 3. Efecto de la fotosíntesis en la planta

Los elementos esenciales requeridos por las plantas superiores son exclusivamente de naturaleza inorgánica. Para que un elemento sea considerado un nutriente esencial de las plantas debe satisfacer las tres condiciones siguientes (Arnon y Stout, 1934):

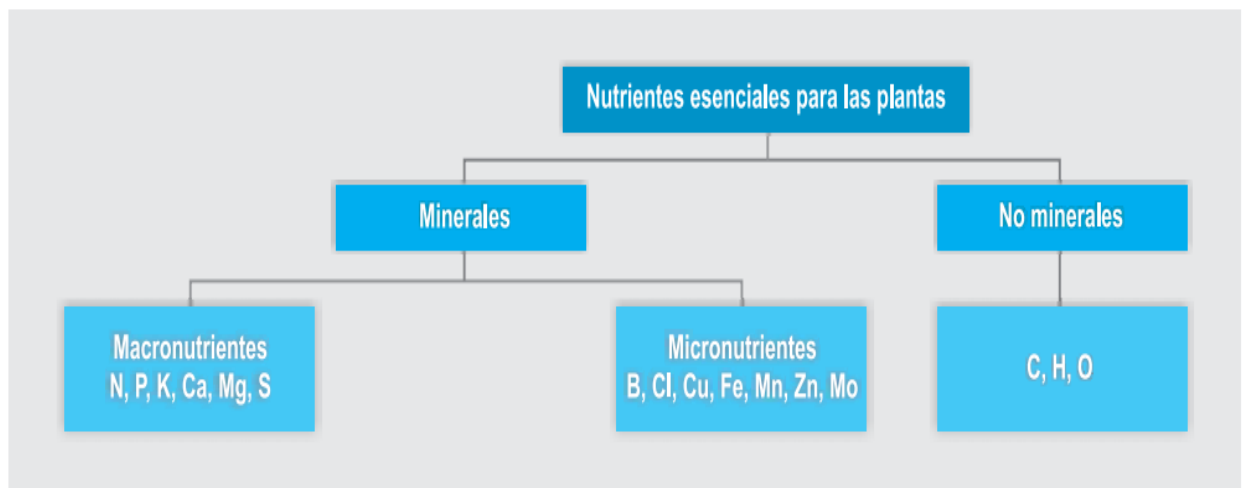
- Una deficiencia de este elemento hace imposible que la planta complete su ciclo vital.
- La deficiencia es específica para el elemento en cuestión.

Basándose en el contenido de cada nutrimento dentro del tejido vegetal, se pueden clasificar en macronutrientes y micronutrientes. Cabe hacer énfasis en que esta división no obedece al tamaño molecular del elemento ni a la importancia de los mismos; todos son esenciales pero los macro elementos se requieren en mayores cantidades (Arnon, 1934).

2.2.5. Nutrición de las plantas y su relación con la fertilización del suelo

Según Farfán (2004) todas las plantas superiores, entre ellas el café, requieren 16 o más elementos que se consideran esenciales para su crecimiento. Estos, de acuerdo a sus origen pueden clasificarse en minerales (aquellos que se encuentran principalmente en el suelo y son absorbidos por las raíces de las plantas en sus formas inorgánicas) y no minerales (los que proceden esencialmente de la atmosfera y del agua) (Mengel, 2000).

De acuerdo con la cantidad requerida, los elementos minerales se clasifican en Macronutrientes El nitrógeno, el fósforo y el potasio son llamados macronutrientes primarios y es muy frecuente fertilizar con esos nutrientes. Los macronutrientes secundarios son el calcio, el magnesio y el azufre y los micronutrientes Son el cloro, el hierro, el boro, el manganeso, el zinc, el cobre, el níquel y el molibdeno (Figura 4) (Marschner, 1995).



Fuente: Marschner, 1995.

Figura 4. Nutrientes esenciales para la planta

Para una fácil comprensión, tanto los elementos de macro y micronutrientes se pueden clasificar en cuatro grupos como se indica a continuación (Havlin, 1999).

Grupo 1: N y S - presente en forma reducida y están unidos covalentemente constituyentes de la materia orgánica.

Grupo 2: P, B y Si - se produce como oxianiones tales como fosfato, borato o silicato.

Grupo 3: K, Na, Mg, Ca y Cl - involucrado en osmorregulación y el equilibrio iónico y tienen funciones específicas de conformación de la enzima y la catálisis (por ejemplo, metaloproteínas complejos).

Grupo 4: Fe, Cu, Mo y Zn - presente como estructural quelato o metaloproteínas; también implicados en la oxidación-reducción (redox) reacciones (primeros tres elementos)

La cantidad requerida de nutrientes por las plantas varía de acuerdo a las características del cultivo (especie, variedad, etapa de desarrollo y nivel de producción entre otras), factores climáticos (principalmente la precipitación, temperatura y luminosidad), propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas), y de manejo de la plantación (densidad de siembra, riego, control de arvenses, fertilización (Havlin, 1999).

A. Macronutrientes

Se caracterizan por sus concentraciones superiores al 0.1 % de la materia seca. Los tres elementos que se encuentran en mayor concentración son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno; los cuales se toman del agua y de la atmósfera (Marschner, 1995).

En el Cuadro 8 se presentan los macronutrientes esenciales que las plantas necesitan para su desarrollo como las concentraciones que necesitan.

Cuadro 8. Macronutrientes esenciales que necesitan las plantas para su desarrollo.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible para las plantas	Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	Funciones
Hidrógeno	H	H ₂ O	60,000	El hidrógeno es necesario para la construcción de los azúcares y por lo tanto para el crecimiento. Procede del aire y del agua.
Carbono	C	CO ₂	450,000	El carbono es el constituyente principal de las plantas. Se encuentra en el esqueleto de numerosas biomoléculas como el almidón o la celulosa. Se fija gracias a la fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono procedente del aire, para formar hidratos de carbono que sirven como almacenamiento de energía a la planta
Oxígeno	O	O ₂ , H ₂ O, CO ₂	450,000	El oxígeno es necesario para la respiración celular, los mecanismos de producción de energía de las células. Se encuentra en numerosos otros componentes celulares. Procede del aire.
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	15,000	El nitrógeno es el componente de los aminoácidos, de los ácidos nucleicos, de los nucleótidos, de la clorofila, y de las coenzimas.
Potasio	K	K ²⁺	10,000	El potasio se requiere en la ósmosis y el equilibrio iónico, así como en la apertura y el cierre de los estomas; activa también de numerosas enzimas
Calcio	Ca	Ca ²⁺	5,000	El calcio es un componente de la pared celular; cofactor de enzimas; interviene en la permeabilidad de las membranas celulares; componiendo la calmodulina, regulador de actividades enzimáticas y también de las membranas.
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	2,000	El magnesio es el componente central de la molécula de clorofila; es activador de numerosas enzimas.
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	2,000	El fósforo se encuentra en los compuestos fosfatados que transportan energía (ATP, ADP), los ácidos nucleicos varias coenzimas y los fosfolípidos.
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	1,000	El azufre forma parte de algunos aminoácidos (cisteína, metionina), así como de la coenzima A

Fuente: Mengel, 2000.

B. Micronutrientes

También oligoelementos no sobrepasan el 0.01 % de la materia seca. Son el cloro, el hierro, el boro, el manganeso, el zinc, el cobre, el níquel y el molibdeno. Todos los mencionados cumplen en todas las especies vegetales con los criterios de esencialidad mencionados anteriormente. Existen otros elementos benéficos que pueden ser esenciales para algunos cultivos; tales como el sodio, el silicio o el cobalto (Marschner, 1995).

En el Cuadro 9 se presentan los microelementos esenciales que la plana necesita para su desarrollo.

Cuadro 9. Micronutrientes esenciales para las plantas y concentraciones.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible para las plantas	Concentración adecuada en tejido seco, mg/kg	Funciones
Cloro	Cl	Cl ⁻	100	El cloro se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico; probablemente indispensable para las reacciones fotosintéticas que producen el oxígeno
Hierro	Fe	Fe ³⁺ Fe ²⁺	100	El hierro es necesario para la síntesis de la clorofila; componentes de los citocromos y de la nitrofenasa
Boro	B	H ₃ BO ₃	20	El boro interviene en la utilización del calcio; la síntesis de los ácidos nucleicos, la polinización y la integridad de las membranas
Manganeso	Mn	Mn ²⁺	50	El manganeso es activador de algunas enzimas; necesario para la integridad de la membrana cloroplástica y para la liberación de oxígeno en la fotosíntesis
Zinc	Zn	Zn ²⁺	20	El zinc es el activador o componente de numerosas enzimas
Cobre	Cu	Cu ⁺ , Cu ²⁺	6	El cobre es el activador o componente de algunas enzimas que se producen en las oxidaciones y las reducciones
Níquel	Ni	Ni ²⁺	--	El níquel forma parte esencial de una enzima ureasa que funciona en el metabolismo
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ²⁻	0.1	El molibdeno es necesario para la fijación de nitrógeno y en la reducción de los nitrato

Fuente: Mengel, 2000.

2.2.6. Ley del mínimo

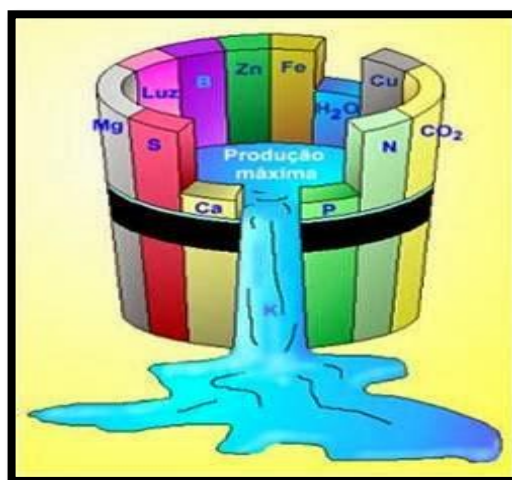
Justus von Liebig (1803 - 1873) enuncia la siguiente ley sobre la nutrición mineral de las plantas: “El rendimiento de un cultivo está limitado por el nutriente que se presente en mínima cantidad” (La insuficiencia de un nutriente reduce la eficiencia de otros nutrientes).

Llamada simplemente Ley de Liebig o Ley del Mínimo (Figura 5), es un principio desarrollado en la ciencia agrícola por Carl Sprengel (1828) y más tarde popularizado por Justus Von Liebig. Afirma que el crecimiento no es controlado por el monto total de los recursos disponibles, sino por el recurso más escaso.

El crecimiento de los vegetales está limitado por el elemento cuya concentración es inferior a un valor mínimo por debajo del cual no tiene lugar el crecimiento no, más por los elementos que se encuentran en grandes concentraciones (Dajoz, 1979.)

El rendimiento de los cultivos está regulado por el factor más limitante y se puede incrementar únicamente con la concentración de ese factor limitante. Cuando esa limitación se ha corregido, los rendimientos pasan a ser reguladores por el siguiente factor limitante. Incrementos posteriores en rendimiento, ocurrirán solamente si este factor es corregido. Este proceso se repite con incrementos de rendimientos escalonados hasta que no existan factores limitantes (Wallace, 1993).

“La disponibilidad del nutriente más abundante en el suelo es como la disponibilidad del nutriente menos abundante en el suelo.” (Wallace, 1993).



Fuente: Wallace, 1993.

Figura 5. Ley del mínimo o principio de Liebig

2.2.7. Deficiencias nutricionales

Se considera deficiencia cuando algún nutriente no se encuentra disponible en la solución o se carece de este, que favorece el crecimiento y el desarrollo creando una anomalía dentro de la estructura fisiológica de la planta, por ejemplo plantas enanas, poco follaje, tallos flácidos y absorción de flores como frutos (Wallace, 1993).

Debido a lo comentado anteriormente los elementos se clasificaron en función de la necesidad de la planta:

A. Elementos indispensables

Son aquellos elementos de importancia vital para la Nutrición de la planta y que reúnen los criterios de esencialidad (Wallace, 1993).

B. Elementos útiles

Son aquellos elementos que en forma directa o indirecta benefician la nutrición de las plantas, sin ser indispensables en la nutrición mineral (Silicio y Cobalto) (Wallace, 1993).

C. Elementos prescindibles

Son aquellos elementos que son absorbidos por la planta, pero que no realizan funciones fisiológicamente específicas, o de beneficio directo o indirecto en el crecimiento de las plantas (Wallace, 1993).

Esta clasificación se realizó buscando tener un parámetro para el diseño de soluciones nutritivas que atiendan las necesidades fisiológicas de la planta e ir aportando aquellos elementos que son indispensables en su desarrollo y crecimiento (Wallace, 1993).

2.2.8. Nutrición en el cultivo de café

Es suministrar todos y cada uno de los nutrientes inorgánicos que el café necesita en el momento oportuno, la cantidad debida y sostener y/o aumentar la productividad (Malavolta, 1990).

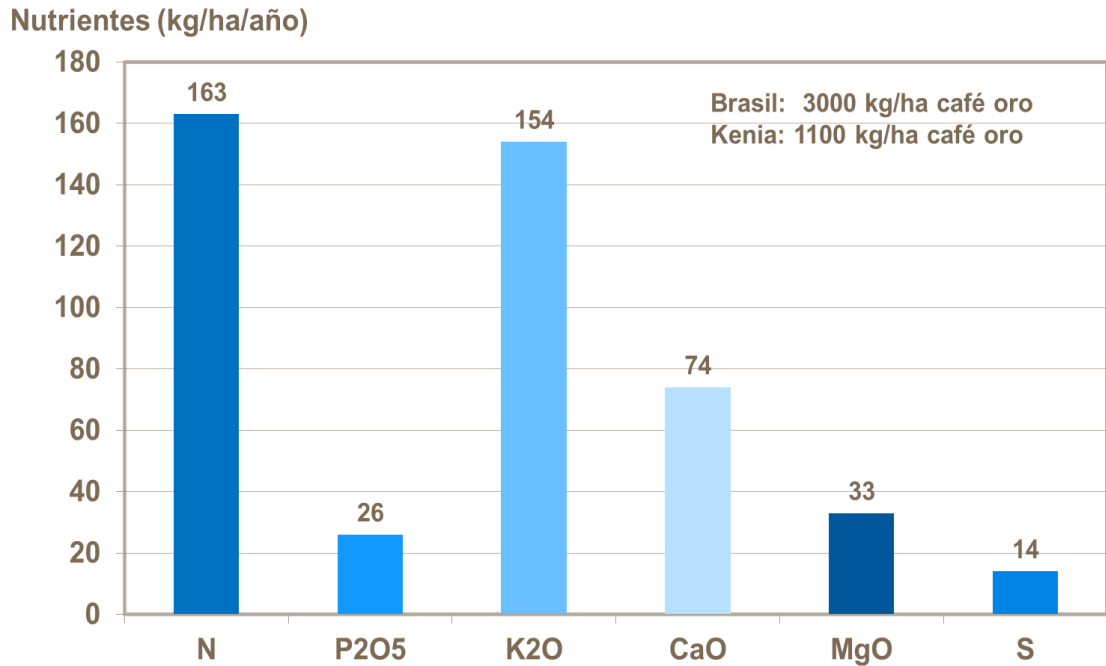
Cuando el café se cultiva bajo condiciones intensivas a pleno sol, las plantas exigen altas cantidades de nutrientes. Las necesidades de fertilizantes son menores durante la fase inmadura, normalmente los primeros dos años del cultivo. Es importante en esta fase, al utilizar demasiado nitrógeno en la planta y más en la vía foliar la planta tiende a tener un desequilibrio con el crecimiento radicular (Malavolta, 1990).

Las aplicaciones de nutrientes son más frecuentes durante la productividad, normalmente de tres años en adelante. La exportación de nutrientes en los frutos es más grande. Como el café se suele cultivar en terreno con pendiente y en zonas de alta pluviosidad, la pérdida de nutrientes por erosión del suelo es una problemática para el agricultor (Malavolta, 1990).

La incorporación de materia orgánica del despulpado y las podas, ayuda a la fertilización, pero no es suficiente solo está aplicación por lo que es necesario optar por aplicación de fertilizantes para satisfacer las necesidades de nutrientes a la planta. Por lo que la plántula de café debe tener Nitrógeno y Potasio durante todo el desarrollo vegetativo (Malavolta, 1990).

A. Macronutrientes

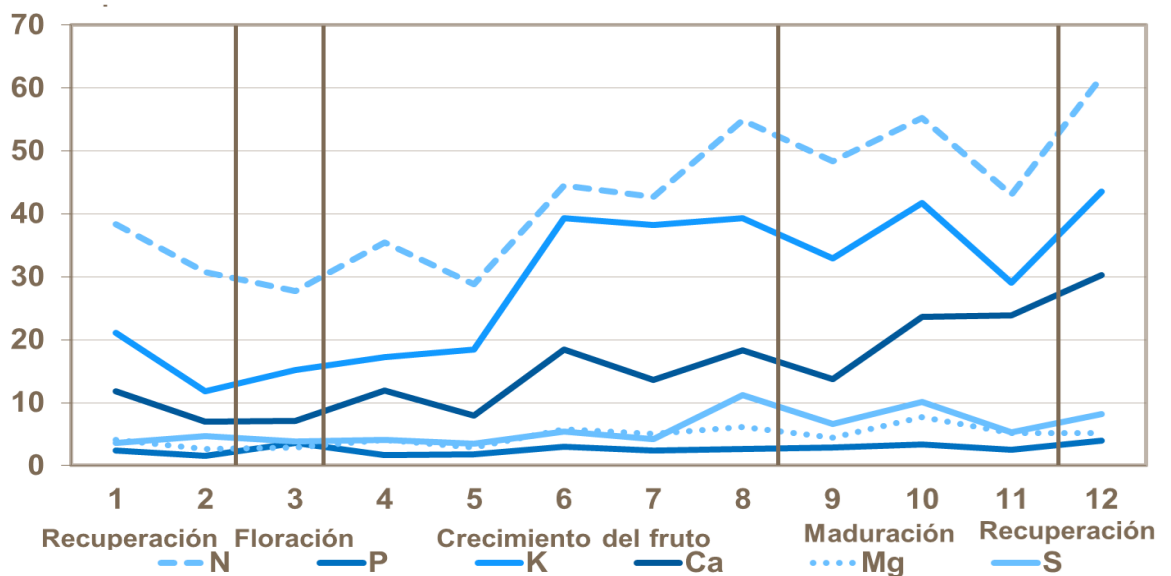
Nitrógeno y potasio son necesarios en la misma cantidad. La absorción de ambos está entre 150 kg/ha y 250 kg/ha en plantas maduras (Figura 6).



Fuente: Malavolta, 1990.

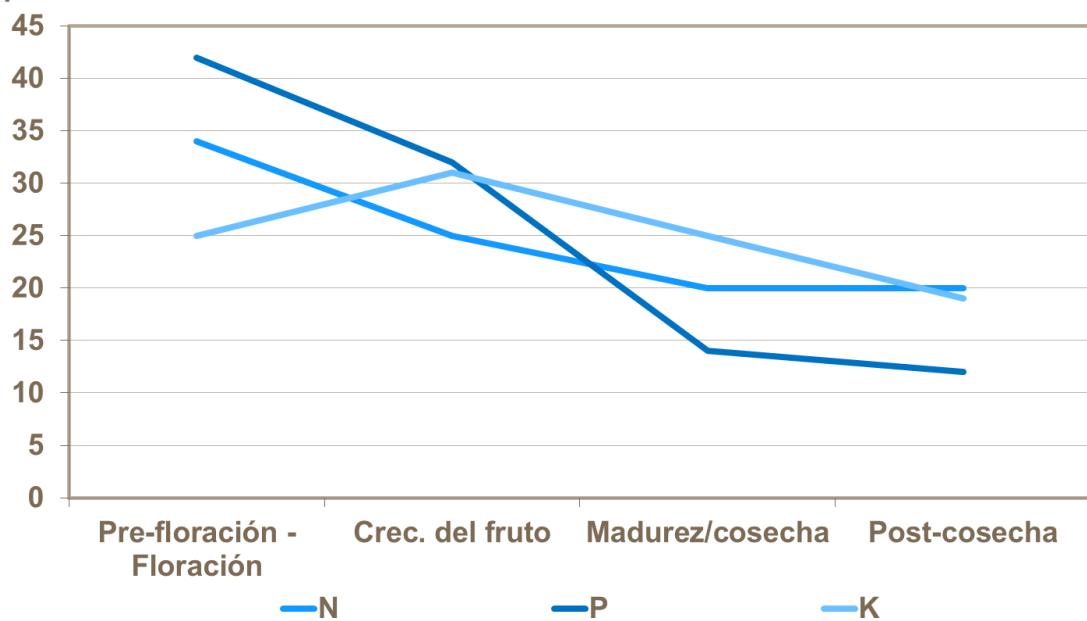
Figura 6. Absorción de macronutrientes en el cultivo de café.

El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetal y la alta producción de café. La absorción ocurre en la fase precoz durante el desarrollo foliar y la floración. El suministro de N debe de mantenerse durante la temporada, pero exceso de N a fases tardías del ciclo puede reducir el tamaño del grano de café (Figura 7) (Malavolta, 1990).



Fuente: Cifuentes, 2004.

Figura 7. Absorción de macronutrientes en el cultivo de café



Fuente: Mengel, 2000.

Figura 8. Requerimientos nutricionales en el ciclo del NPK en el cultivo de café.

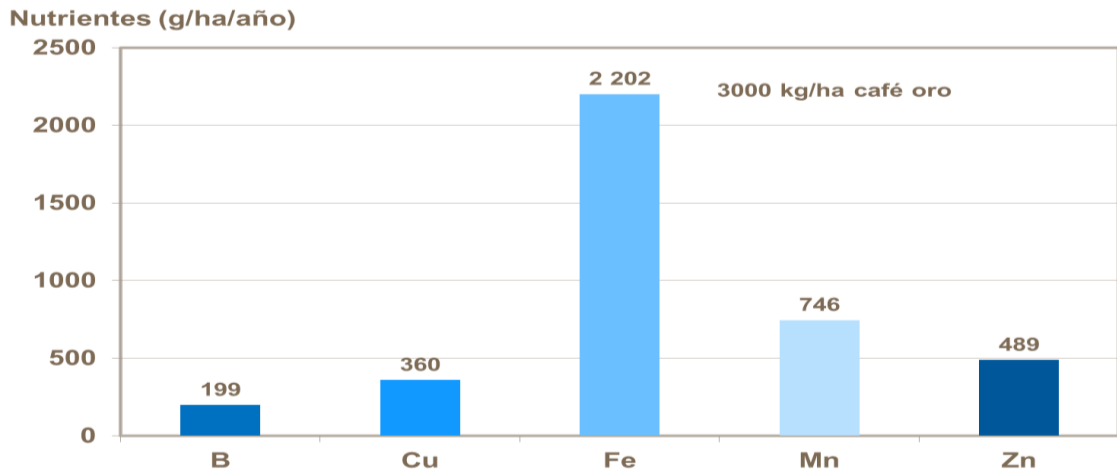
El fósforo se necesita en cantidades muy inferiores con solo 25 kg/ha de P_2O_5 para apoyar el crecimiento anual. El fósforo es particularmente importante en viveros y durante la fase de establecimiento de las plantas igual que antes de la floración para impulsar el crecimiento radicular (Malavolta, 1990).

El uso de fertilizantes, incluyendo aplicaciones foliares, es importante en suelos con indisponibilidad del fósforo por fijación. En esas situaciones, hasta 100 kg/ha de fósforo pueden aplicarse por año. Calcio es el tercer nutriente por importancia en términos de necesidades totales de nutrición. Una cantidad de 75 kg/ha a 100 kg/ha es necesaria para un desarrollo productivo y granos de calidad (Malavolta, 1990).

Absorción del calcio debe seguir durante todo el ciclo hasta llegar a la madurez. Magnesio y azufre se requieren en cantidades menores en comparación con el calcio con absorciones de 30 kg/ha a 60 kg/ha y 14 kg/ha a 20 kg/ha respectivamente. La absorción principal de tanto magnesio como azufre es durante la maduración del fruto (Malavolta, 1990).

B. Micronutrientes

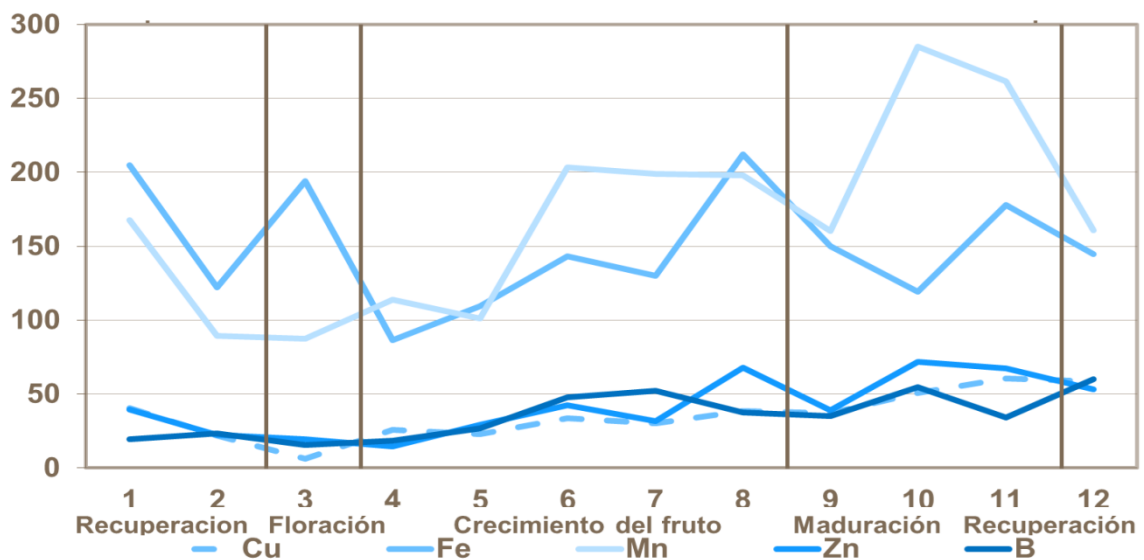
Aunque se necesitan en concentraciones muy inferiores para satisfacer el buen crecimiento, hierro, manganeso, zinc, cobre, cloro, molibdeno y boro son elementos claves (Figura 9).



Fuente: Malavolta, 1990.

Figura 9. Absorción de micronutrientes en el cultivo de café.

En la Figura 9 se presenta la absorción de micronutrientes para el cultivo de café donde la planta es muy demandante del hierro y manganeso a comparación de los otros micronutrientes.



Fuente: Malavolta, 1990.

Figura 10. Absorción de micronutrientes el ciclo del café.

Las plantas exportan micronutrientes en el fruto en pequeñas cantidades, alrededor de 30 g/ha/año a 110 g/ha/año, pero esa cantidad tiene que ser reemplazada y la pérdida aumenta considerablemente al remover material vegetativo de las podas del cafetal (Malavolta, 1990).

En la Figura 10 se presenta la absorción de micronutrientes en el cultivo de café donde el cobre es un nutriente que es necesario para la planta durante el crecimiento del fruto y en la maduración, Proporcionalmente, se encuentra más hierro en la semilla que en la pulpa e igual donde se regresa la pulpa al suelo como mantillo, cantidades relativamente grandes de hierro son necesarios para un desarrollo óptimo. La absorción de micronutrientes es más grande durante la maduración del fruto, sobre todo manganeso durante la maduración del fruto, el zinc durante el crecimiento del fruto y el boro se mantiene constante todo el desarrollo de la planta (Malavolta, 1990).

2.1.9. Materia orgánica y su relación con la nutrición

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña porción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción de la microbionta del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes. Cuando son agregados restos orgánicos de origen vegetal o animal, los microorganismos del suelo transforman los compuestos complejos de origen orgánico en nutrientes en forma mineral que son solubles para las plantas; pero este proceso es lento, por lo tanto la materia orgánica no representa una fuente inmediata de nutrientes para las plantas, sino más bien una reserva de estos nutrientes para su liberación lenta en el suelo (Corbella, 2006).

2.1.10. Ácidos húmicos (AH)

El AH, es un material de origen biología natural, producto de la degradación biológica de la materia orgánica; no es toxica para los humanos y animales de sangre caliente. Este también puede obtenerse de materiales inorgánicos como el mineral Leonardito, Se le conoce también como un complejo de compuestos orgánicos de color marrón, pardo

amarillo, que se extrae del suelo por soluciones de álcalis, sales neutras o disolventes orgánicos, llevan el nombre de sustancias húmicas (Cononova, 1981).

2.1.11. Ácidos fúlvicos (AF)

Los ácidos fúlvicos son moleculares de bajo peso molecular (relativamente) extremadamente complejas, solubles en agua, ya sea a pH ácido o básico; su estructura molecular le confiere sus raras propiedades y naturaleza bioactiva (Cononova, 1981).

2.1.12. La importancia del ácido húmico y fúlvico en la fertilidad del suelo y plantas

La materia orgánica del suelo incluye los restos de todas las plantas y cuerpos de animales que han caído en la superficie de la tierra o puesto a propósito por el hombre en la forma de pesticidas orgánicamente sintetizados. Un suelo fértil debe contener 3.80% de materia orgánica, la mayoría de suelos contiene menos del 2 %. En suelos ácidos filtrados, normalmente arenosos, porciones sustanciales de materia orgánica están en forma de escombros de planta y ácidos fúlvicos). En suelos neutrales y alcalinos un gran porcentaje de materia orgánica se presenta en la forma de ácidos húmico y fúlvico (Cononova, 1981).

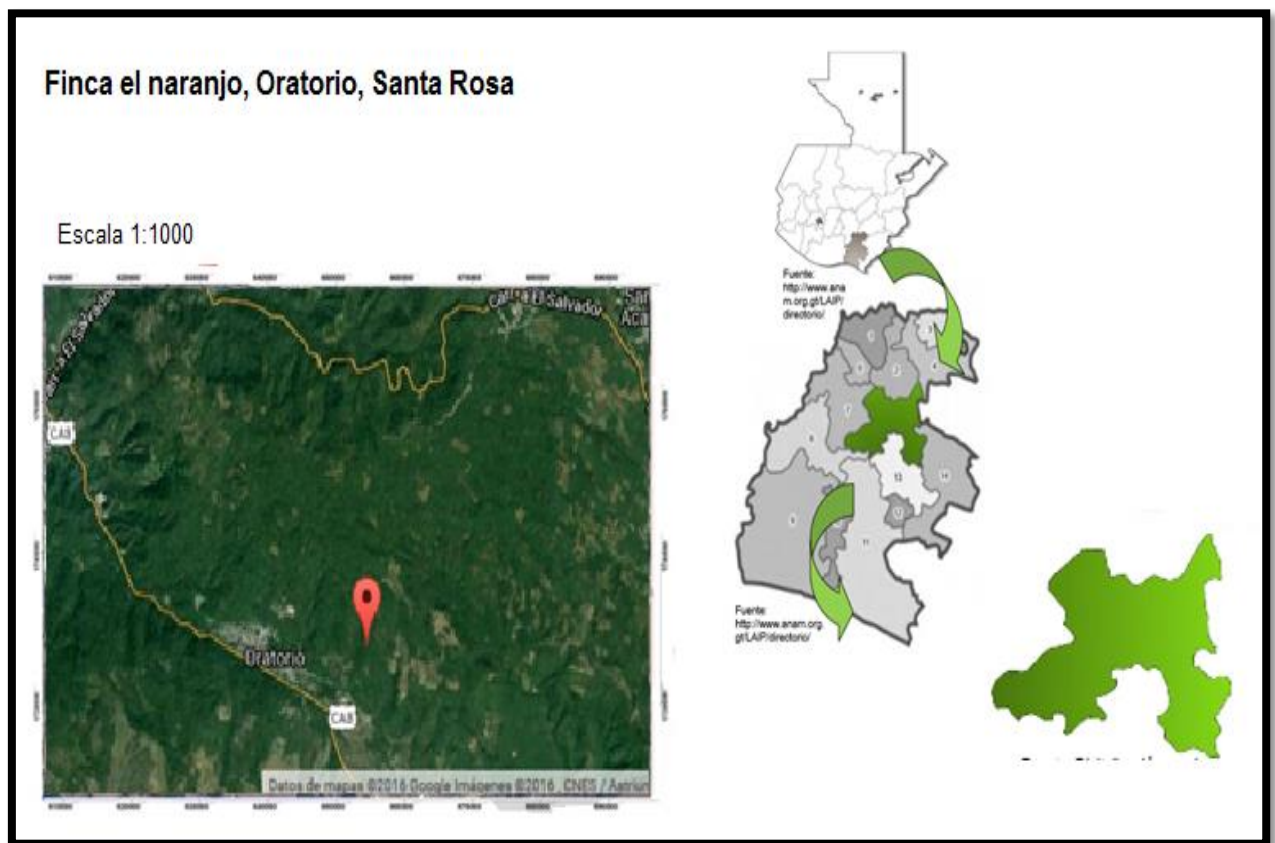
El agua disponible es sin duda el componente más importante de la fertilidad del suelo. Suelos que contienen altas concentraciones de sustancias húmicas contienen agua para el uso de cultivos para los periodos de sequía.

Las sustancias húmicas sirven como amortiguador (neutralizan) el pH del suelo y libera dióxido de carbono. Estas sustancias funcionan para amortiguar la concentración del pH del suelo. Tanto suelos ácidos como alcalinos son neutralizados. Una vez que son neutralizados, muchos de los elementos trazas anteriormente unidos al suelo y no disponibles para la raíz de la planta por las condiciones alcalinas o ácidas que presentaban, se vuelven disponibles para la raíz de la planta. Las sustancias húmicas también liberan dióxido de carbono (CO²) (Cononova, 1981).

2.2. Marco referencial

La finca El Naranjo se encuentra ubicada en el municipio Oratorio, departamento Santa Rosa, a una altitud 1400 m s.n.m, con una latitud 14°23'33" Norte y una longitud 90°16'67" Oeste, a 78 Km de la ciudad de Guatemala sobre la Ruta CA-8 con dirección a El Salvador. Dicha finca es perteneciente a la región IV de Anacafé.

En la finca se encuentra sembrado la variedad de café, Catuai con la edad de 4 años y con una producción estimada de 2,597.4 kg/ha – 3,246.75 kg/ha de café maduro, cuenta con diversos cultivos agrícolas y algunas especies forestales, tales como pino y árboles nativos. De todos los cultivos presentes destaca el café, con 105 ha sembradas, de ellas alrededor de 45 ha son de producción y el resto en etapa de crecimiento (Figura 11).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 11. Mapa de ubicación de la finca El Naranjo.

2.2.1. Condiciones del municipio Oratorio

A. Idioma

Existen los idiomas Náhuatl y Nahuatl. Claro, estas dos lenguas, se presentan en un muy bajo nivel, ya que, el lenguaje predominante en el Departamento es el español (Valdez, 2013).

B. Economía

Por la variedad de sus climas, este departamento consta con una gran cantidad de cultivos, como frutas de diversos tipos y vegetales, además la producción de tejidos y artesanías forma parte esencial de la economía de este departamento. Pero cabe resaltar que Santa Rosa es el departamento que más área destina a la producción de café

Los principales cultivos temporales los constituyen el maíz, frijol, café y algunas hortalizas, que representan el 3 % de la extensión territorial. Este fenómeno obedece al alto costo de producción de estos cultivos, destinándose los dos primeros para el autoconsumo y los restantes para la comercialización tanto dentro, como fuera del Municipio. El 18 % se utiliza para potreros y pastos naturales. Los bosques y montañas ocupan el 31 % del territorio, el restante 13 % lo integran las tierras en descanso y otras tierras (centros poblados, carreteras, beneficios, etc.). (Valdez, 2013).

2.2.2. Condiciones edafoclimáticas

A. Clima

Santa Rosa cuenta con variedad de climas, desde clima frío que se encuentra en las montañas de La Soledad o de Mataquescuintla, hasta el cálido de la costa. Por lo general, el clima es templado.

Su configuración geográfica es bastante variada, con alturas que oscilan entre los 214 m s.n.m y 1.330 m s.n.m, con un clima que varía desde frío a cálido por toda la costa del Pacífico (INSIVUMEH, 2018).

B. Suelos

Según Simmons (1959), los suelos están comprendidos en dos grupos:

- **Grupo I subgrupo E** (suelos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro en terreno casi plano moderadamente inclinado).
- **Grupo I subgrupo A** (Suelos profundos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro) la capacidad productiva de la tierra, combinados con los efectos de clima, e apta para cultivos perennes y de montañas, principalmente para fines forestales y pastos.

Los suelos de Santa Rosa poseen buen drenaje interno, en relieve escarpado sobre lahar de color oscuro. El suelo superficial es café muy oscuro y posee textura franca friable y espesor de 25 cm a 35 cm. La finca El Naranjo presenta suelos franco arcillosos, tipo sedimento volcánico el cual presenta el municipio de Oratorio.

C. Topografía

El aspecto físico es variado, toda vez que el terreno tenga zona orográfica meridional del país de los caracteres que la distinguen, ya en la cordillera principal compuesta de cerros formados de rocas eruptivas, tanto antiguas como relativamente modernas, sin que se manifiesten sierras bien pronunciadas, también en la cordillera meridional, afectando depresiones al descender el terreno al litoral, atravesada en su parte norte por la Sierra Madre que desciende en suave declive hacia el sur. Los volcanes Tecuamburro, Jumaytepeque y Cerro Redondo añaden escabrosidad al paisaje.

El cultivo del café lo podemos encontrar desde las áreas montañosas con grandes pendientes hasta áreas casi costeras y con poco o nada pendiente.

2.2.3. Zonas de vida vegetal

En general en el departamento de Santa Rosa existen seis zonas de vida vegetal, según la clasificación propuesta por Holdridge en 1978.

- bs - S Bosque seco Subtropical.
- bh - S (t) Bosque húmedo Subtropical templado.
- bmh - S (t) Bosque muy húmedo Subtropical templado.
- bh - S © Bosque húmedo Subtropical cálido.
- bmh-S © Bosque muy húmedo Subtropical cálido.
- bh - MB Bosque húmedo Montano bajo Subtropical.

En este departamento la zona de vida que predomina es la bmh - S (t) Bosque Muy Húmedo Subtropical Templado.

2.2.4. Antecedentes de trabajos de incorporación de ácidos húmicos y fúlvicos

Casa (2010), las sustancias húmicas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, observando efectos positivos en indicadores anatómicos como ser: longitud de raíces, diámetro del tallo, masa fresca y seca de raíces y número de hojas.

Existen dos formas por la cual las sustancias húmicas tienen estos efectos los cuales pueden ser directos e indirectos sobre las plantas, de forma directa actúan sobre el transporte iones la cual ayuda a la absorción, aumentan la velocidad de síntesis de ácidos nucleicos, mejora la síntesis y actividad de diversas enzimas, aumenta la respiración y la velocidad de reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs, que da como resultado mayor producción de ATP. De forma indirecta se refiere al entorno planta-sustrato donde las sustancias húmicas mejoran la actividad microbiana, la retención de humedad y textura del suelo. Lo que ayuda al rendimiento del cultivo.

Las sustancias húmicas tienen un efecto directo favorable sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Las sustancias húmicas muestran mayores efectos sobre las raíces que sobre la parte aérea. Según Cifuentes (2006). El humus interviene en la capacidad de un suelo para retener y poner a disposición tanto aniones como cationes para las plantas. La capacidad de intercambio cationico (CIC) está proporcionada por los

ácidos fúlvicos y húmicos afectando de manera positiva la disponibilidad de nitrógeno (en su forma amoniacal), potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc (Cerisola, 2015).

Las sustancias húmicas tienen un gran número de sitios ionizables con propiedades ácido-base de gran interés para comprender la dinámica de estas sustancias húmicas, ya que están relacionadas con la mineralización de la materia orgánica del suelo, y el uso de los nutrientes (Zamboni et al., 2006).

Ríos (2015), en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de tres dosis de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Grand Rapids

Martínez (2010), reveló que la aplicación de los ácidos húmicos potenció significativamente, la mejor respuesta en la fertilización foliar en la producción del cultivo de fréjol variedad Parachí en Cárpela – Imbabura, en las variables: altura de planta a la madurez fisiológica con 68.17 cm; días a la madurez fisiológica con 83 días, número de vainas por planta con 15 vainas/planta, número de granos por vaina con 6 granos/vaina, y rendimiento de 3.14 t/ha.

Asimismo, se obtuvo resultados significativos en la producción del cultivo de fréjol variedad Canario en las variables: altura de planta a la madurez fisiológica con 49 cm, 13 cm; días a la madurez fisiológica con 93 días, número de vainas por planta con 12,33 vainas/planta, número de granos por vaina con 5 granos/vaina, y rendimiento de 2,49 t/ha.

Juárez (2015) Determinación de ácidos húmicos y fúlvicos de la materia orgánica y su relación sobre las propiedades físicas y químicas en suelos andisoles del departamento de Chimaltenango; Los principales componentes de la materia orgánica son los ácidos húmicos y fúlvicos representando más del 65.0 % de su composición. Los ácidos húmicos son moléculas orgánicas de alto peso molecular que precipitan a valores de pH menores a 2.0 y que se extraen del suelo mediante el uso de solventes alcalinos. Los ácidos fúlvicos son de menor peso molecular, con contenidos menores de carbono ©, y solubles a todos los valores de pH.

2.3.OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Evaluar cuatro programas de nutrición en plantas de café (*Coffea arabica* L.) en Finca el Naranjo, Oratorio, Santa Rosa, Guatemala, C.A.

3.1.1. Objetivos específicos

1. Determinar el rendimiento de café maduro de los cuatro programas de nutrición evaluados y definir cuál es el mejor estadísticamente.
2. Realizar un análisis costos de los programas evaluados y bajo el parámetro económico definir cuál es la mejor opción.

2.4.HIPÓTESIS

Al menos un programa de fertilización presentara diferencia respecto al comportamiento del programa de fertilización a la comparación del testigo comercial.

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Selección de área experimental

Se realizaron recorridos de reconocimiento en la finca, para seleccionar el área experimental con plantas en condiciones homogéneas posibles para la investigación. En este proceso se definió un área que posee café Catuaí era una plantación nueva con abundante sombra. Tomando un total de 200 plantas para la investigación, de ellas 40 plantas para cada programa.

Se identificaron los linderos de la investigación, así como los bloques que conforman la misma. Los linderos se identificaron utilizando una cinta plástica amarilla. Cada programa fue marcado con un aerosol de diferentes colores, cada planta fue marcada en el tronco con la finalidad de identificar cada programa.

2.5.2. Unidad experimental

Las unidades experimentales consistieron en grupos de plantas de 10 cada uno.

2.5.3. Repeticiones

Para la investigación se realizaron 4 repeticiones (Bloques) por cada uno de los programas, por lo tanto, se tuvo 20 unidades experimentales.

2.5.4. Descripción de los programas

En el Cuadro 10 se presentan los diferentes programas utilizados en la investigación.

Cuadro 10. Descripción del aporte nutricionales kg/ha de los programas de fertilización utilizados en la investigación.

Programas	Descripción	Elemento Kg/ha										
		N	P	K	Mg	Ca	S	B	Zn	A. H.	A. F.	Aplica
T1	Testigo Absoluto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	Testigo comercial	108.30	22.8	108.3	17.1	0	10.28	0.57	0.57	0	0	2
T3	Granular	56.91	5.90	26.14	0	0	0	0	0	0	0	2
T4	Hidrosolubles	56.91	5.90	26.14	5.68	0.51	2.70	1.27	0	0	0	2
T5	Hidrosolubles AH + AF	56.91	5.90	26.14	5.68	0.51	2.70	1.27	0	6.25	2.50	2

Fuente: elaboración propia, 2018.

A.H: Acido húmico

A.F: Acido fúlvico

Aplica: Aplicación

A. Programa 1 (testigo absoluto)

Este programa es de gran importancia en cualquier investigación ya que este se constituye como referencia de las mediciones y sirve para las comparaciones de los programas en la investigación evaluando la fertilizada natural del suelo.

Consistió en plantas con cero aplicaciones de fertilizantes al suelo, ello con el fin de observar el efecto de la ausencia de esta actividad.

B. Programa 2 (Fertilización de finca El Naranjo o comercial)

La finca El Naranjo, adquiere de una casa formuladora un fertilizante granular con la siguiente formula química: 19 (N) – 4 (P) – 19 (K) + 3 (MgO) + 1.8 (S) + 0.1 (B) +0.1 (Zn), actualmente llevan a cabo la fertilización con este producto. Usando una dosis de 57 g por planta de café y únicamente se realizaron dos aplicaciones anuales. La primera en junio y la segunda en septiembre.

En resumen, dicho programa consistió en dos aplicaciones granulares al suelo, utilizando un fertilizante formulado para la finca (Cuadro 11)

Cuadro 11. Programa de fertilización de la finca El Naranjo

Época	Cantidad (g)	Fertilizante
Junio	57	19 - 4 – 19
Septiembre	57	19 - 4 – 19
TOTAL	114	

Fuente: Zepeda, 2016.

C. Programa 3 (granular)

Como parte de la metodología utilizada para el programa 3, 4 y 5 se tomaron tres parámetros de importancia para la investigación donde se realizó un análisis de suelo (Figura 15A) de la finca El Naranjo para conocer la disponibilidad de nutrientes en el suelo, luego la estimación de cosecha de la finca (2,597.4 kg/ha – 3,246.75 kg/ha).

Con ello se obtuvo la demanda nutricional de los nutrientes:

56.91kg N/ha, 5.9 kg P₂O₅/ha y 26.14 kg K₂O/ha.

Por lo que el programa 3 consistió en dos aplicaciones (junio – septiembre) de fertilizante granulado utilizando las fórmulas de fácil acceso en el mercado. Este programa proporciono a la planta la misma cantidad de nutrientes por ha, que el programa hidrosoluble. Pero con fuentes granulares de fertilizante 20 – 20 - 0,18.85 – 0 - 21.54 y 46 – 0 – 0. Cantidades usadas de cada fuente de fertilizantes.

D. Programa 4 (Hidrosolubles)

Para el programa 4 se utilizó la misma metodología descrita en el programa 3, solo que el programa 4 y 5 son fuentes de nutrientes hidrosolubles.

El programa consistió en dos aplicaciones, una del mes de junio y la segunda aplicación de septiembre. El método a empleado para hacer las aplicaciones es mediante Drench,

se realizó una mezcla de la materia prima (hidrosoluble) y luego se utilizó 200 cm³ de solución por cada planta de café (Cuadro 12).

Cuadro 12. Fuentes de nutrientes y sus cantidades aplicadas en el programa hidrosoluble.

Primera aplicación (Hidrosoluble)		Segunda aplicación (Hidrosoluble)	
Materia Prima	Cantidad (g)	Materia Prima	Cantidad (g)
Cloruro de potasio	100	Cloruro de potasio	345
Fosfato mono amónico	225	Nitrato magnesio	500
Ácido bórico	40	Nitrato de calcio	30
Sulfato de potasio	150	Ácido bórico	325
		Sulfato de magnesio	100

Fuente: Yeiner Chacón, 2018.

E. Programa 5 (hidrosolubles AH + AF)

El programa 5 (hidrosolubles AH + AF) es en esencia similar al programa 4 (hidrosoluble) con la única diferencia que el hidrosolubles AH + AF fue fortificado con ácidos húmicos y fúlvicos. Las aplicaciones fueron de la misma proporción para dicho programa (Cuadro 13).

Cuadro 13. Fuentes de nutrientes y sus cantidades aplicadas en el programa hidrosoluble AH + AF.

Primera aplicación (Hidrosoluble) AH + AF		Segunda aplicación (Hidrosoluble) AH + AF	
Materia Prima	Cantidad (g)	Materia Prima	Cantidad (g)
Cloruro de potasio	100	Cloruro de potasio	345
Fosfato mono amónico	225	Nitrato Magnesio	500
Ácido bórico	40	Nitrato de calcio	30
Sulfato de potasio	150	Ácido bórico	325
Ácido húmico y fulvicos	100	Ácidos húmicos y fulvicos	100
		MAP	25
		Sulfato de magnesio	100

Fuente: Yeiner Chacón, 2018.

2.5.5. Variables evaluadas

A. Rendimiento (kg de café maduro por ha)

Luego de culminados las aplicaciones de los programas de fertilización, se esperó hasta el punto donde el grano estaba maduro, que fue en el mes de diciembre.

Se realizó un corte de café seccionado (cosecha), con personal proporcionado por la finca. Ello significa que se cosechó cada programa por separado, con el fin de poder generar información para realizar el análisis estadístico correspondiente (ANDEVA).

Se realizó la cosecha de cada programa para poder hacer el análisis estadístico y financiero.

A. Análisis de la información

Para la cuantificación se tomaron 200 individuos o plantas y 20 unidades experimentales.

El rendimiento bruto, fue analizado por un análisis de varianza. Debido a que se detectó diferencias significativas entre los programas, se realizó la prueba de medias de rango múltiple de Duncan.

a. Modelo matemático

El diseño experimental a utilizar fue bloques al azar, con cuatro repeticiones por cada programa.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

Y_{ij} =Variable de respuesta en la i -ésima unidad experimental.

μ =Media general del experimento.

T_i =Efecto del i -ésimo programa de fertilización.

β_j = Efecto del j - ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij - ésima unidad experimental

Además, se elaboraron cuadros para el ordenamiento de la información y se realizaron gráficas de diferente tipo, para facilitar la interpretación y discusión de los resultados.

B. Análisis económico

El análisis económico se realizó con base a los programas de nutrición evaluados en la finca con el objetivo de conocer que programa tiene mejores condiciones en relación de B/C.

La relación beneficio / costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad. Es importante aclarar que en la B/C se debe tomar los precios de los parciales de los programas de nutrición evaluados.

C. Manejo agronómico

• Manejo fitosanitario

El manejo fitosanitario que se realizó durante la evaluación a cada una de las parcelas fue, una aplicación del ingrediente activo Ciproconazol, que es un fungicida sistémico de amplio espectro de acción, pertenece al grupo de los Triazoles. Controla hongos del orden Ascomycetos, Basidiomycetos y Deuteromycetos. Tiene efecto preventivo y erradicante, donde se utilizó una dosis de 280 cm³/mz en tonel de 200 L; la aplicación de este producto fue vía foliar con bomba de mochila agregando un (corrector pH) con una dosis 0.25 cc/litro y por último se utilizó un fertilizante foliar (Bayfolan 1.50 L/mz).

- **Manejo de malezas**

El manejo de maleza se realizó de forma manual, utilizando machete para cortar toda maleza que se encontrara alrededor se hizo una antes de la primera aplicación (junio) y la otra antes de la segunda aplicación (septiembre) esta actividad se realizó en todas las parcelas evaluadas.

Cabe mencionar que durante el periodo correspondiente a la investigación a este cafetal no se le hizo ningún tipo de manejo de tejidos o de sombra.

2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1. El rendimiento de café maduro

En el Cuadro 14, se presentan los resultados de la toma de datos de cosecha en la investigación.

Los valores están representados en las filas los programas y en las columnas los bloques o repeticiones. Los valores del cuadro corresponden el café maduro por cada unidad experimental.

Cuadro 14. Resultados del rendimiento del café maduro de los programas evaluados.

Programas	REPETICIONES kg/ha			
	I	II	III	IV
Absoluto	674	682.50	664.50	706.50
Comercial	727.5	871.00	901.50	795.50
Granular	701	728.50	694.50	716.50
Hidrosoluble	726.5	727.50	752.50	702.50
Hidrosoluble AH + AF	909	911.50	921.50	894.00

A continuación, en los Cuadros 15 y 16 se presentan los datos de análisis de varianza del rendimiento de la cosecha del café maduro.

Cuadro 15. Análisis de varianza del rendimiento del café maduro.

F.V	SC	gl	CM	F	Valor -p
Modelo	5871.65	7	8388.81	15.28	0.0001
Bloque	207.46	3	69.15	1.26	0.3320
Tratamiento	5664.19	4	1416.05	25.8	0.0001
Error	658.72	12	54.89		
Total	6530.37	19			

C.V: 4.81

FV: Fuente de variación

gl: Grados de libertad

F: Valor de F

CM: Cuadrado medio

SC: Suma de cuadrados

Al realizar el análisis de varianza en el cuadro 15 se observó si existe diferencia estadística significativa entre los programas, debido que el valor de p es menor a 0.05, en los bloques no existe diferencia estadística significativa entre ellos.

En el Cuadro 16 se presenta el resumen del post. Andeva de DUNCAN.

Cuadro 16. Resumen de post – Andeva DUNCAN.

Tratamiento	Medias kg/ha	Grupo
Hidrosoluble AH + AF	909	A
Comercial	823	B
Hidrosoluble	727.25	C
Granular	710.13	C
Absoluto	618.88	C

En el Cuadro anterior se observa las medias de grupo donde el programa hidrosoluble AH + AF tiene un rendimiento de 909 kg/ha, el comercial con 823 kg/ha, el hidrosoluble con 727.25 kg/ha, granular con 710.13 kg/ha y absoluto con 610.88 kg/ha. Ya que el programa de nutrición que dio mayor rendimiento kg/ha es hidrosoluble AH + AF con promedio de 909 kg/ha. Los hidrosoles más ácido orgánico incrementaron la producción en 32 % el comercial 25 % solo los hidrosolubles 15 % y los granulares 13 %.

La aplicación de los ácidos orgánicos aumentó la eficiencia de absorción de los nutrientes que se aplicaron y los existentes en el suelo, con respecto a los aplicados al suelo incrementaron en promedio en 18 %. Al parecer los microelementos aplicados no tuvieron mayor impacto ya que la diferencia en aplicar y no aplicar fue de 2 %.

El aporte del testigo absoluto del 75 % del rendimiento se debió a la fertilidad natural del suelo, según el análisis químico de suelos, los elementos limitantes eran azufre (S) y boro (B), donde la fuente natural de (materia orgánica era del 5.60 % clasificada como alta, en cuanto al fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), se encontraban en el rango de adecuado. Sin embargo, el mayor rendimiento obtenido no supero al rendimiento de la finca lo cual se pudo deber a un factor externo como la sombra.

Según Pettit (2017). Las sustancias húmicas tienen una gran importancia en la disponibilidad de los micronutrientes a las plantas, ya que forman complejos con los metales, por ejemplo, hierro, manganeso, zinc y cobre, mejorando la asimilación por las plantas del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. El uso de sustancias húmicas

en suelos pobres en arcillas y materia orgánica, producen un desarrollo más notable en las plantas, atribuido en su mayoría a su capacidad para mejorar la retención de los macro y micronutrientes. Estimula la acción enzimática de la semilla, incrementando el porcentaje de germinación.

Efectos positivos sobre el desarrollo de las raíces y los pelos radiculares de acuerdo con la expansión y profundidad de la raíz. Aumenta la permeabilidad de la membrana celular de las raíces de las plantas facilitando de esta manera, la absorción de los nutrientes. Mejora en el transporte de agua en la planta, evitando la pérdida de agua. Incrementando el contenido de clorofila en las hojas. Ejerce una actividad estimuladora en la absorción de hierro en la raíz y la translocación a la parte aérea (brotes y hojas). Influye positivamente en el transporte de azúcares sobre la maduración, las sustancias húmicas tienen acción auxínica y citocínica (Pettit 2017).

En la Figura 13 se presenta las medias del rendimiento de café maduro.

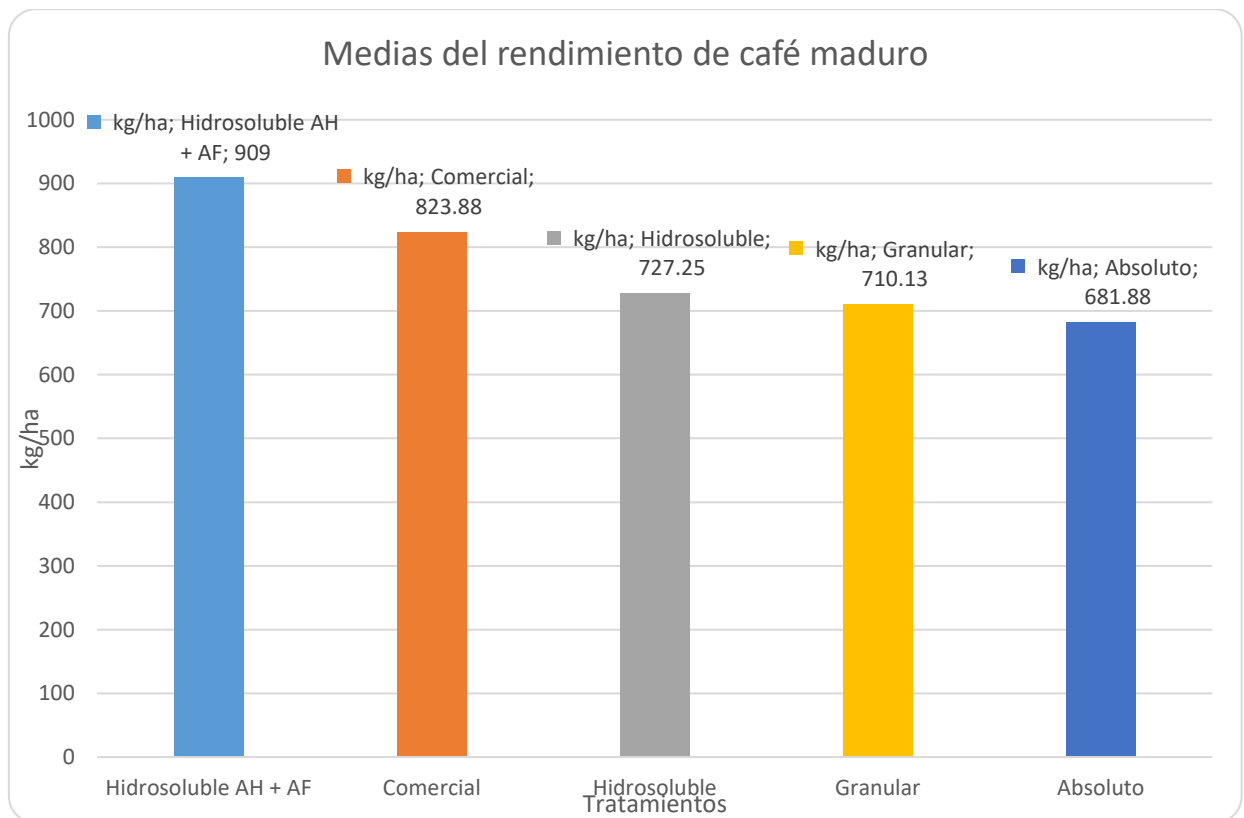


Figura 12. Medias del rendimiento de café maduro.

2.6.2. Análisis económico de los programas evaluados

A. Programa 1 testigo absoluto

Debido a que se trata del testigo absoluto, careció de cualquier tipo de aplicación para las plantas. Debido a ello el costo es cero, pero aun así hubo una producción por parte de las plantas que conformaban esta unidad experimental (Cuadro 17). Esto debido a las reservas del suelo, la fertilidad del mismo.

Cuadro 17. Rendimiento del programa testigo.

Programa	kg/ha	qq/ha	precio promedio qq	Total/ha/año
Absoluto	681.88	15.00	150	Q. 2,250.00

Dando, así como resultado una relación beneficio costo de 2,250.00.

B. Programa 2. testigo comercial

Este consistió en dos aplicaciones (junio – septiembre) de 57 g/planta en cada una, del fertilizante Hidran Plus de la casa comercial Yara, dicho fertilizante es una formula completa (Cuadro 18).

Cuadro 18. Costos parciales del programa del testigo comercial

Fertilizante hidran plus Yara				
g/planta/año	kg/ha/año	qq totales	Precio unitario	Total dinero
114	570	12.54	Q. 220.00	Q. 2,758.80

Según los rendimientos determinados en campo para esta unidad experimental, el total de ingresos para este programa sería el siguiente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Rendimiento del programa comercial.

Programa	kg/ha	qq/ha	Precio promedio qq	Total/ha/año
Comercial	823.88	18.13	150	Q. 2,719.50

Con ambos valores tenemos una relación beneficio costo de 0.99

C. Programa 3 granular

Este programa es un espejo del programa hidrosoluble, pero con la salvedad que se utilizaron formulas granulares de fácil disponibilidad en el mercado y de mayor uso en la región. Cabe mencionar que se hizo uso de un análisis de suelos para poder hacer el cálculo de cada fertilizante (Cuadro 20).

Cuadro 20. Costos parciales del programa granular.

GRANULAR				
Fertilizante	kg/ha	qq/ha	Precio qq	Total
20 – 20 – 0	29.5	0.65	Q. 200.00	Q. 129.80
18.85 – 0-21.54	121.36	2.67	Q. 180.00	Q. 480.59
46 – 0 – 0	58.87	1.30	Q. 170.00	Q. 220.17
	TOTAL			Q 830.56

Mediante el rendimiento para el programa determinado en la investigación se calculó el ingreso esperado para este programa de fertilización (Cuadro 21).

Cuadro 21. Rendimiento del programa granular

Programa	kg/ha	qq/ha	Precio promedio qq	Total/ha/año
Granular	710.13	15.62	150	Q. 2,343.00

Con ello se determinó la relación beneficio costo de 2.82

D. Programa 4 hidrosoluble

Este programa es uno de los dos programas que tienen como fuente de nutrientes, fertilizantes hidrosolubles y que fueron aplicados vía Drench (Tronqueado). Se determinó en base a la producción estimada, análisis de suelos y fue un programa diseñado por el Ing. Yeiner Chacón, asesor agrícola de la empresa Transmerquim de Guatemala (Cuadro 22).

Cuadro 22. Costos parciales del programa hidrosoluble.

Hidrosoluble					
Producto	Presenta	Precio	Precio/kg	Cantidad kg/ha	Total
Cloruro de potasio	25	Q. 138.00	Q. 5.52	55.63	Q. 307.05
Fosfato Mono amónico	25	Q. 325.00	Q.13.00	31.25	Q. 406.25
Ácido Bórico	25	Q. 300.00	Q. 12.00	9.06	Q. 108.75
Sulfato de potasio	25	Q. 275.00	Q. 11.00	18.75	Q. 206.25
Nitrato de Magnesio	25	Q. 275.00	Q. 11.00	62.50	Q. 687.50
Nitrato de Calcio	25	Q. 150.00	Q. 6.00	3.75	Q. 22.50
Sulfato de magnesio	25	Q. 95.00	Q. 3.80	12.50	Q. 47.50
TOTAL					Q. 1,785.80

Con los resultados de rendimientos de la unidad experimental que corresponde al programa hidrosoluble se estimó el ingreso por cosecha para una hectárea al año (Cuadro 23).

Cuadro 23. Rendimiento del programa hidrosoluble.

Programa	kg/ha	qq/ha	Precio promedio qq	Total/ha/año
Hidrosolubles	727.25	16.00	150	Q. 2,400.00

Con estos dos valores se procedió a calcular la relación beneficio costo de 1.34

E. Programa 5 hidrosoluble AH + AF

Este programa es en esencia el mismo que el anterior pero fortificado con ácidos húmicos y fúlvicos (Cuadro 24).

Cuadro 24. Costos parciales del programa hidrosoluble AH + AF.

Hidrosoluble AH + AF					
Producto	Presenta	Precio	Precio/kg	Cantidad kg/ha	Total
Cloruro de potasio	25	Q. 138.00	Q. 5.52	55.63	Q 307.05
Fosfato Mono amónico	25	Q. 325.00	Q. 13.00	31.25	Q 406.25
Ácido Bórico	25	Q. 300.00	Q. 12.00	9.06	Q 108.75
Sulfato de potasio	25	Q. 275.00	Q. 11.00	18.75	Q 206.25
Nitrato de Magnesio	25	Q. 275.00	Q. 11.00	62.50	Q 687.50
Nitrato de Calcio	25	Q. 150.00	Q. 6.00	3.75	Q 22.50
Sulfato de magnesio	25	Q. 95.00	Q. 3.80	12.50	Q 47.50
Ácidos Húmicos y Fúlvicos	25	Q. 2,125.00	Q. 85.00	25.00	Q 2,125.00
TOTAL					Q 3,910.80

Según el rendimiento de esta unidad experimental se determinó los ingresos proyectados (Cuadro 25).

Cuadro 25. Rendimiento del programa hidrosoluble AH +AF.

Programa	kg/ha	qq/ha	Precio promedio qq	Total/ha/año
Hidrosoluble AH + AF	909.00	20.00	150	Q. 3,000.00

Con estos dos valores listos se procedió a calcular la relación beneficio costo del último programa que fue de 0.77.

2.6.7. Resumen del análisis financiero

En el Cuadro 26 se presenta el resumen de los costos de los programas utilizados en la investigación.

Cuadro 26. Resumen de los costos de los programas utilizados en la investigación.

Programa	Costos Totales	Ingresos totales	Relación B/C
Absoluto	Q. 1.00	Q. 2,250.19	2250.00
Comercial	Q. 2,758.80	Q. 2,718.79	0.99
Granular	Q. 830.56	Q. 2,343.41	2.82
Hidrosoluble	Q. 1,785.80	Q. 2,399.93	1.34
Hidrosoluble AH + AF	Q. 3,910.80	Q. 2,999.70	0.77

Con la ayuda de los costos totales de cada fuente de nutrientes, los ingresos estimados según el rendimiento se calcularon las relaciones de beneficio costo para cada programa de nutrición, dando como resultado en orden descendente el programa Absoluto, Granular, Hidrosoluble, Comercial e hidrosoluble AH + AF (Cuadro 26).

Acá podemos observar una discrepancia con respecto al análisis estadístico, debido a que, en él, el programa hidrosoluble AH + AF era presentado como el mejor programa, pero acá determinamos que es el que demanda una mayor inversión y con ello nos da la peor relación beneficio costo.

Por otro lado, el programa testigo absoluto por carecer de cualquier inversión, nos da la mejor relación, pero cabe mencionar que los antecedentes del área donde se realizó la investigación propician estos resultados, además no es recomendable en una explotación agrícola cultivar sin reponer los nutrientes que la planta absorbe del suelo debido a que con el tiempo estos niveles decaen y consecuentemente los rendimientos del cultivo.

2.7. CONCLUSIONES

1. Se determinaron los rendimientos en kg/ha de café maduro para cada programa de nutrición, en el cual el primer lugar ocupó el programa de hidrosoluble AH + AF con 909 kg/ha, si existe diferencias estadísticamente significativas entre los programas evaluados por lo que el programa hidrosoluble AH + AF contenía ácidos húmicos y fúlvicos ayudando al crecimiento radicular y vegetativo de la planta.
2. Se obtuvo que el programa hidrosoluble AH + AF la mejor opción, pero al ser evaluado económicamente no es rentable debido que la inversión no se recupera pronto presentado un valor de 0.77. por lo tanto, es más rentable el programa absoluto tiene la mejor relación B/C. Eso quiere decir que para este año en específico y las condiciones actuales (precios del mercado) el no fertilizar es la opción económicamente más rentable. Pero cabe mencionar que en cualquier explotación agrícola la ausencia de esta labor (fertilizar) conlleva a el desgaste o reducción de nivel de fertilidad del suelo y paralelamente los rendimientos del cultivo.

2.8.RECOMENDACIONES

1. En base a los rendimientos y análisis económico según las condiciones actuales de mercado se recomienda hacer uso de una fuente de bajo costo para la fertilización edáfica con macro elementos y complementar foliarmente con un multimineral.
2. Se recomienda utilizar el programa granular, debido a que, no fertilizar conllevará a largo plazo al desgaste de la planta de café y pérdida de la misma.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, M; Rojas, G. 1994. El cultivo y beneficiado del café (en línea). San José, Costa Rica, EUNED. 160 p. Consultado 20 ene. 2015. Disponible en http://books.google.com.gt/books/about/Cultivo_y_Beneficiado_Del_Caf%C3%A9.html?hl=es&id=15qrSG-51I4C&redir_esc=y
2. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2014. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 213 p.
3. Arcila Pulgarín, J. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta de café (en línea). In J. Arcila P; F. Farfán; A. Moreno B; LF Salazar G; E. Hincapié G. Sistemas de producción de café en Colombia. Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia / CENICAFÉ. Consultado 23 feb. 2015. Disponible en <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
4. Arnon, S. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology* 14(2):371-375.
5. Baldotto, M; Borges, L. 2014. Ácidos húmicos. *Revista Ceres Viçosa* 61(Nov-Dic, Suplemento):856-881. Disponible en <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/4073/1906>
6. BANGUAT (Banco de Guatemala, Guatemala). 2016. Guatemala en cifras. Guatemala. p. 41.
7. Botta, A. 2014. Mejora de la tolerancia del cultivo al estrés por temperatura con aminoácidos: una aproximación a su modo de acción (en línea). Barcelona, España, Bioiberica. Consultado 5 feb. 2016. Disponible en <https://www.planthealth.es/publicaciones/articulos-cientificos/mejora-de-la-tolerancia-del-cultivo-al-estres-por-temperatura-con-aminoacidos-una-aproximacion-a-su-modo-de-accion>
8. Cannell, MGR. 1985. Physiology of the coffee crop. In MN Clifford; KC Wilson (eds.). *Coffee, botany, biochemistry and production of beans and beverage*. WestPort, Avi Publishing. p. 108-134.
9. Cerisola, C. 2015. La materia orgánica edáfica; Su influencia sobre la productividad y funcionalidad de los suelos agroforestales. Argentina, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ambiente y Recursos Naturales, Curso de Manejo y Conservación de Suelos. 19 p. Disponible en http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/38743/mod_resource/content/1/Tirada%20Interna%20UDD%20D9%20%281%20de%20%29%20Materia%20Org%C3%A1nica.pdf
10. Cifuentes Osorio, GR. 2006. Estudio de la materia orgánica presente en los suelos de la vereda La Hoya- Tunja. Bucaramanga, Colombia, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Especialización en Química Ambiental. Disponible en <http://noesis.uis.edu.co/handle/123456789/39302>

11. Coffee Research Institute. 2006. Planting coffee beans. Disponible en <http://www.coffeeresearch.org/agriculture/planting.htm>
12. Cononova M, M. 1981. Material orgánico del suelo: Su naturaleza, propiedades y método de investigación. Barcelona, España, Oikos-Tav. 365 p.
13. Consejo de la Tierra, Costa Rica. 2015. The earth network for sustainable development homepage (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 3 feb. 2016. Disponible en <http://www.ecouncil.ac.cr>
14. Corbella, R; Fernández de Ullivarri, J. 2006. Materia orgánica del suelo. Argentina, Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia.
15. Coste, R. 1978. El café. Barcelona, España, Blume. 285 p.
16. Cueva, L. 2004. Efecto de la sustancia húmica en el crecimiento y producción de banano Cavendish en La Baba. Tesis Ing. Agr. Ecuador, Universidad Agraria de Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias. 80 p.
17. Dajoz, R. 1974. Tratado de ecología. Madrid, España, Mundi-Prensa. 478 p.
18. Dimas, R. 2009. Interacción de los ácidos húmicos con fertilizante orgánico e inorgánico en la sal de suelo. Tesis Ing. Agr. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ingeniería. 71 p. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5128/T17056%20%20DIMAS%20LINARES%2C%20ROSA%20AMELIA%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. Farfan V, F; Mestre, MA. 2004. Respuesta del café cultivado en un sistema agroforestal a la aplicación de fertilizantes. Cenicafé 55(2):161–174.
20. Flores, M. 1983. Técnicas modernas para el cultivo de café (en línea). El Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ISIC). Consultado 6 feb. 2015. Disponible en https://books.google.com.gt/books/about/T%C3%A9cnicas_modernas_para_el_cultivo_del_c.html?id=mJm1tgAACAAJ&redir_esc=y
21. Guerrero, JC. 2012. Efecto de los ácidos húmicos en la productividad de hortalizas. México, Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería.
22. Havlin, JL; Beaton, JD; Tisdale, SL; Nelson, WL. 1999. Soil fertility and fertilizers; An introduction to nutrient management. 6 ed. Upper Sadolle River, USA, Prentice Hall. 499 p.
23. Historia del café de Guatemala (en línea). 2009. DeGuate.com. Consultado 8 mar. 2016. Disponible en <http://www.deguate.com/artman/publish/cultura-platillos-bebidas-guatemala/historia-del-cafe-en-guatemala.shtml#.Vt89ipzhDIW>
24. INSIVUMEH, 2018. Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología y la Hidrología, Guatemala, Guatemala: Unidad de Investigación y Servicios Climáticos.
25. Marroquín, F. 2016. Manejo agronómico del cultivo de café en la finca El Naranjo, municipio de Oratorio, Santa Rosa, Guatemala (entrevista). Oratorio, Santa Rosa, Guatemala, Finca El Naranjo, Propietario.

26. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. London, Academic Press. 889 p.
27. Mengel, K; Kirkby, EA. 2000. Principios de nutrición vegetal. 4 ed. Basel, Switzerland, International Postash Institute. 692 p.
28. Moens, P. 1968. Investigaciones morfológicas, ecológicas y fisiológicas sobre cafés. Turrialba 18:209-233.
29. Monroig Inglés, MF. 2011. Manual para una caficultura sostenible en Puerto Rico (en línea). Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico, Colegio de Ciencias Agrícolas, Servicio de Extensión Agrícola. p. 4-21. Consultado 23 set. 2017. Disponible en http://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj1794/Manual_de_Caficultura_Sostenible.pdf
30. _____. 2016. Manual para la propagación del café. Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico, Colegio de Ciencias Agrícolas, Servicio de Extensión Agrícola. p. 5.
31. Municipio de Oratorio (en línea). s.f. DeGuate.com. Consultado 8 mar. 2016. Disponible en <https://www.deguate.com/municipios/pages/santa-rosa/oratorio.php>
32. Pettit, RE. 2017. La importancia del ácido húmico y fúlvico en la fertilidad del suelo y plantas saludables. Texas, USA, Universidad Texas A&M.
33. PROMECAFE (Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, El Salvador). 2006. Aspectos botánicos: Morfología del café (en línea). El Salvador. Consultado 6 feb. 2015. Disponible en <http://www.procafe.com.sv/menu/Generalidades/AspectosBotanicos.htm>
34. Raven, PH; Evert, RF; Eichhorn, SE. 1999. Biology of plants. 6 ed. New York, USA, Freeman Publishers. 944 p.
35. Ríos, M. 2015. Evaluación de tres dosis de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Grand Rapids Wildemans strain, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas. Tesis Ing. Agr. Tarapoto, Perú, Universidad Nacional de San Martín.
36. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
37. Wallace, A. 1993. The law of the maximum. Better Crops 77(2):20-22.
38. Zamboni, I; Ballesteros, M; Zamudio, A. 2006. Caracterización de ácidos húmicos y fúlvicos de un mollisol bajo dos coberturas diferentes. Revista Colombiana de Química 35(2):191-203. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/858>

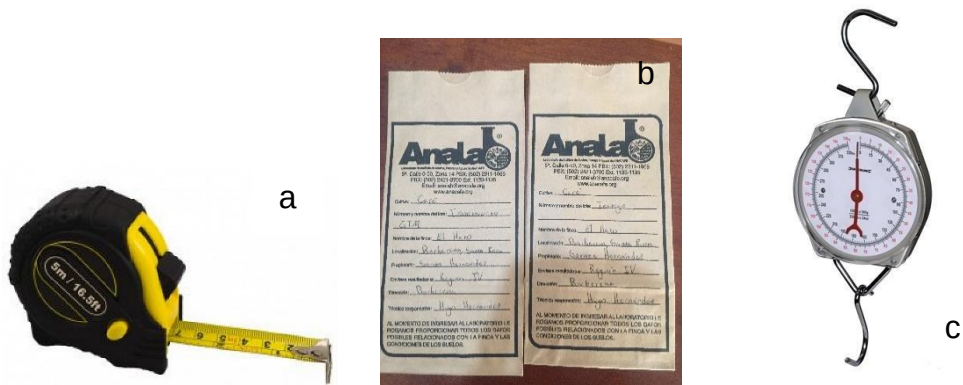



2.10. ANEXOS

 TRANSMERQUIM DE GUATEMALA, S.A. MIEMBRO DE GTM			
LISTADO DE PRODUCTOS			
DESCRIPCION	PRESENTACION		
Sulfatos	Envase	Kg	
Sulfato de Zinc	Saco	25	
Sulfato de Magnesio	Saco	25	
Sulfato de Manganeso	Saco	25	
Sulfato de Potasio	Saco	25	
Sulfato Ferroso	Saco	25	
Sulfato de Cobre	Saco	25	
Nitratos			
Nitrato de Potasio	Saco	25	
Nitrato de Calcio cristal (13.5-00-23.8)	Saco	25	
Nitrato de Calcio granular (15.5-0-0-26)	Saco	25	
Nitrato de Magnesio	Saco	25	
Fosfatos			
Fosfato Monoamónico (MAP) (12-61-0)	Saco	25	
Fosfato Monopotásico (MKP) (0-52-34)	Saco	25	
Ácidos			
Ácido Húmico (BorreGRO HA-1)	Saco	22.68 ó 25	
Ácido Cítrico	Saco	25	
Ácido Sulfúrico 98% (d=1.83 Kg/l)	Garrafa (40.98 l)	75	
Ácido Fosfórico grado Alimenticio 85% (1.685) --- 61.9-62% P ₂ O ₅	Garrafa (20.77 l)	35	
Ácido Nítrico 68% (d=1.39 Kg/l) N-Nít 22%	Barril (201.44 l)	280 ó 300	
Ácido Muriático	4 Gal.	16.44	
Ácido Muriático	Litro	1.086	
Boros			
Solubor (20.5% B)	Saco	25	
Ácido Bórico (17.5% B)	Saco	25	
Borax Decahidratado (37% B ₂ O ₃)	Saco	25	
Octoborato de sodio (20.6% B)	Saco	25	
Cloruros			
Cloruro de Calcio	Saco	25	
Cloruro de Potasio	Saco	45.36	
Molibdato			
Molibdato de Sodio	Saco	25	

Fuente: Transmerquim, 2018.

Figura 13A. Listado de productos.



Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 14A. Instrumentos utilizados: a) cintra métrica, b) bolsa análisis de suelo y c) pesa.



Fuente: elaboración propia, 2018

Figura 15A. Fotografía de los fertilizantes, a) mezcla física de granular, b) materia prima de hidrosoluble y c) materia prima de hidrosoluble + AH y AF.

ORDEN: 23 - 2226 ANÁLISIS: AS-2

CLIENTE : PEQUEÑOS PRODUCTORES,

FINCA: EL NARANJO

LOCALIZACIÓN: ORATORIO SANTA ROSA

CULTIVO: CAFE

Fecha de Ingreso: 27/04/2016 Fecha de Ejecución: 03/05/2016 16:21

Fecha de Impresión: 09/05/2016

Informe de Resultados de Análisis de Suelos



Identificación de la Muestra		-	mg/L	Cmol(+)/L			mg/L	Cmol(+)/L	mg/L			%		
		pH	Boro	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cobre	*A.I	Hierro	Manganeso	Zinc	*M.O.
No.	Niveles Adecuados -->	5.5-6.5	1-5	15-30	0.2-1.5	4-20	1-10	10-100	0.1-2.5	0.3-1.5	20-150	8-80	0.2-2	3-6
10885	LOTE UNICO	5.94	0.22	6.24	0.56	6.99	2.07	0.86	1.67	0.08	57.20	106.74	1.62	5.60

*A.I.= Acidez Intercambiable (Hidrogeno + Aluminio)

*M.O.= Materia Orgánica

*C.S.=Concentración de sales

Identificación de la Muestra		Cmol(+)/L	Porcentaje de Saturación en la CICE				Equilibrio de Bases			
Muestra	Niveles Adecuados >	*CICE	K	Ca	Mg	A.I.	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
10885	LOTE UNICO	5-25	4-6	60-80	10-20	0-24.9	5-25	2.5-15	2-5	10-40
		9.70	5.77	72.06	21.34	0.82	12.48	3.70	3.38	16.18

*CICE=Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo

Nomenclatura

Al = Aluminio
Mg = Magnesio
Ca = Calcio
K = Potasio

■ = Bajo o Fuera de Rango
■ = Adecuado
■ = Alto

Materia orgánica: Método de Walkley y Black

pH: método de potenciometría, relación 1:2.5 - Suelo:Agua

Solución extractante para Acidez Intercambiable con : KCl 1 Normal, metodología por volumetría.

Solución extractante para Azufre y Boro: FOSFATO ÁCIDO DE CALCIO metodología espectrofotometría visible

Solución extractante para Calcio, Magnesio: KCl 1 Normal, metodología Espectrometría de Emisión de Plasma - ICP OES

Solución extractante para Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc con : DTPA (ácido dietilentriaminopentacético), metodología Espectrometría de Emisión de Plasma - ICP OES

Solución extractante para Fósforo: OLSEN MODIFICADO, Espectrometría de Emisión de Plasma - ICP OES

Solución extractante para Potasio con : OLSEN MODIFICADO, metodología Espectrometría de Emisión de Plasma - ICP OES

Fuente: Analab, 2016

Figura 16A. Análisis de suelo de la finca El Naranjo.



CAPÍTULO III

**SERVICIOS PRESTADOS EN EL ÁREA CAFÉ TALERA DEL DEPARTAMENTO DE
SANTA ROSA SOBRE EL MANEJO DE LA NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE CAFÉ
(*Coffea arabica*), GUATEMALA, C.A.**

3.1. PRESENTACIÓN

Este capítulo del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- consiste en realizar servicios que generan información importante que consta de una propuesta de actividades consensuadas con la empresa Guatemala Comercio de Productos Químicos, S.A, proporcionando asesoría técnica, capacitación a los caficultores del departamento de Santa Rosa.

El primer servicio consistió en elaborar parcelas comparativas en cuatro fincas elegidas del departamento de Santa Rosa y como parte de los resultados se logró el uso de los fertilizantes foliares en conjunto a los aminoácidos donde se obtuvo resultados positivos para el cultivo con la ayuda de la aplicación de fertilizantes foliares más aminoácidos debidos que los aminoácidos aumentan la resistencia de la planta en situaciones de estrés, ayudan al nutrición sin el gasto energético y favorecen al desarrollo radicular de la planta.

El segundo servicio fue brindar capacitaciones a los caficultores de San Rafael las Flores donde se realizó dos presentaciones audio visual y dos presentaciones en campo a los caficultores con la finalidad que ellos conocieran sobre los fertilizantes foliares de Guatemala Comercio de Productos Químicos, S.A,

3.2. Servicio 1. Elaboración de parcelas comparativas en cultivo de café (*Coffea arábica*), en cuatro fincas del departamento de Santa Rosa

3.2.1. OBJETIVOS

1. Generar y brindar información técnica acerca de la importancia de la implementación de fertilizaciones foliares y la función de los aminoácidos en las mismas.

3.2.2. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para realizar las parcelas comparativa en las 4 fincas (Cuadro 27) elegidas para el Departamento de Santa Rosa, consistió en incorporar fertilizantes foliares con incorporación de aminoácidos en todas las aplicaciones, se realizaron 4 aplicaciones en diferentes fechas del cultivo utilizando materias primas la aplicación (Figura 17).

Cuadro 27. Fincas seleccionas para la evaluación de los fertilizantes foliares más aminoácidos en el cultivo de café.

Finca	Ubicación	Encargado/dueño
El Hato	Barberena, Santa Rosa	Santos Hernández
Cieneguilla	Nueva Santa Rosa, Santa Rosa	Félix del Cid
El 80	Oratorio, Santa Rosa	Manfredo Marroquín
La Pastoría	Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa	Carlos Virula



Figura 17. Metodología de preparación de mezcla o solución.

Descripción de los tratamientos evaluados en las 4 fincas del departamento de Santa Rosa con fertilizantes foliares de (Figura 18).

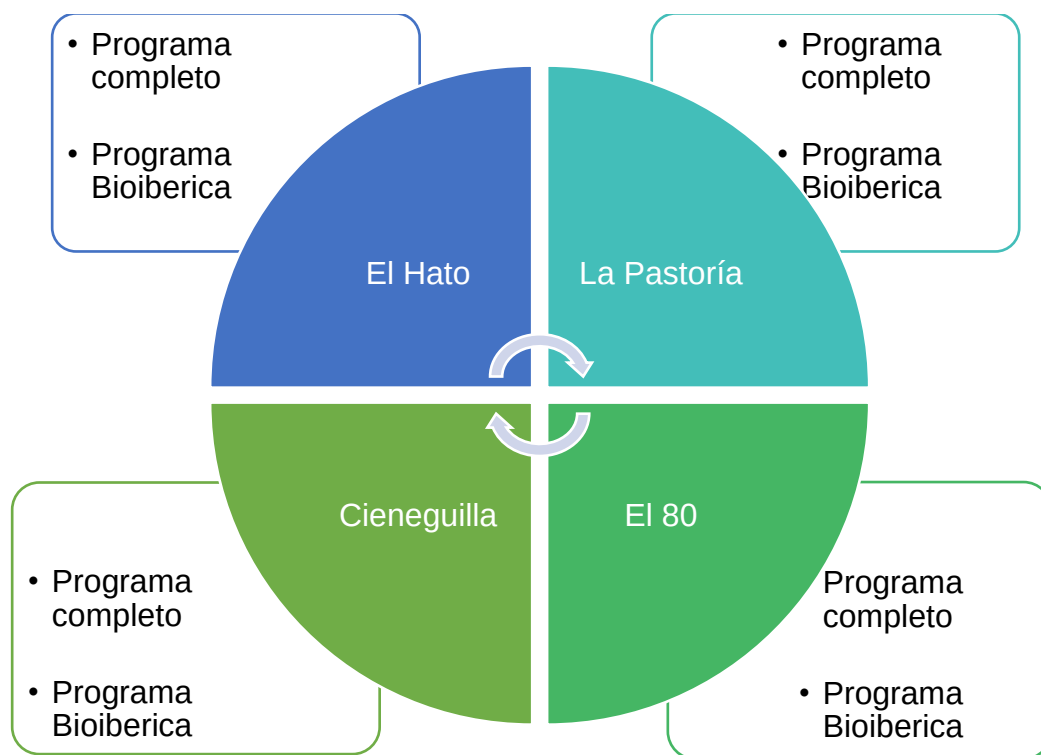


Figura 18. Tratamientos evaluados en las 4 fincas seleccionadas en el Departamento de Santa Rosa para la aplicación de fertilizantes foliares más aminoácidos.

3.2.3. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las parcelas comparativas en las diferentes fincas elegidas en el departamento de Santa Rosa (Figura 19).



Figura 19. Parcelas comparativas de las cuatro fincas seleccionadas

En la Figura 19 se observan las parcelas comparativas de los municipios seleccionados del departamento de Santa Rosa, donde se escogieron 4 fincas con las mismas características y la misma variedad de café donde se utilizaron el programa bioiberica.

Comercialmente existen fertilizantes solidos granulados para la aplicación de suelo y fertilizantes líquidos concentrados o en polvo para aplicación foliar.

De acuerdo con numerosas pruebas experimentales por casas comerciales, se sabe que es posible suministrar nutrientes por medio de aspersiones foliares en el cafeto, con una absorción del 90 % o mayor y desde el punto de vista económico su utilidad es mayor.

Con la ayuda de la aplicación de los aminoácidos el cultivo mejoro la absorción de nitrógeno, Mejora la tolerancia al estrés, Estimula el crecimiento del fruto de la planta lo cual ayudo al peso de grano.

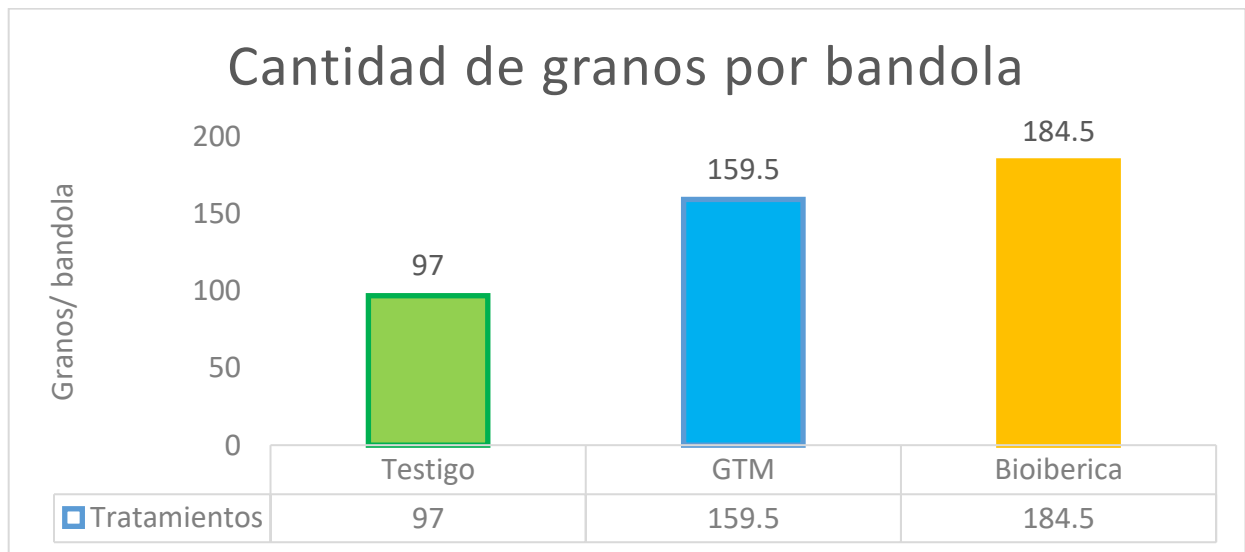


Figura 20. Cantidad de granos por bandola.

En la Figura 20 se presenta la cantidad de granos por bandolas se observa que los fertilizantes utilizados bioiberica presento 184 granos por bandola teniendo un rendimiento más alto que los otros tratamientos.

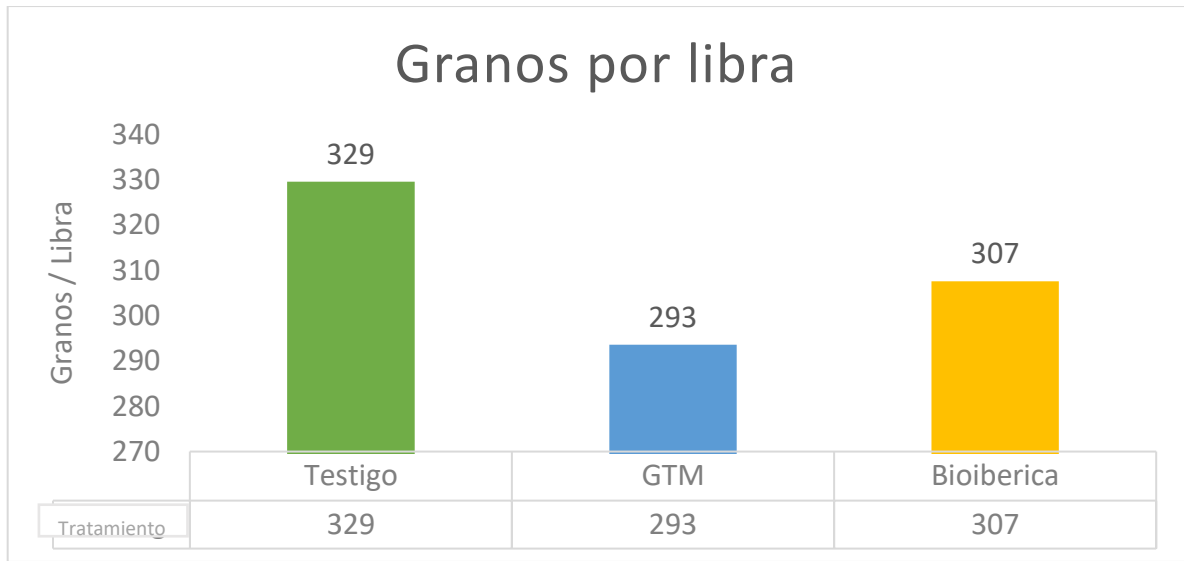


Figura 21. Cantidad de granos por libra.

En la Figura 21 se presenta los granos/ libra que se obtuvieron de la evaluación de los fertilizantes en cual los productos de GTM con 293 lo que representa que los granos obtenidos tienen más peso y mejores características del grano.

Luego de la toma de datos de control (granos / bandola, granos / kilo), al momento de la llegada de la cosecha se procedió a tomar esta lectura dando como resultado el siguiente cuadro.

Cuadro 28. Rendimiento de café maduro por finca y parcela.

Fincas (kg/ha de café maduro)				
Tratamientos	El 80	El Hato	Cieneguilla	La Pastoría
Completo	10,695.45	10,518.18	3988.64	14,477.27
Bioiberica	10,459.09	10,340.91	4,047.73	13,886.36
Comercial	9,218.18	9,750.00	4,077.27	12,527.27

En el Cuadro 28, se presentó de las 4 fincas que utilizaron los distintos tratamientos donde la finca la Cieneguilla con el tratamiento de la parcela completa fue la que presento mejor resultados.

El dato atípico en la Cieneguilla se debió a un mal manejo de finca, la mala aplicación de fungicida defolio la parcela completa y bioiberica.

3.2.4. EVALUACIÓN

Al finalizar la presentación de las parcelas los caficultores del departamento de Santa Rosa se expuso el rendimiento (kg/ha de café maduro) de las 4 fincas donde se utilizó los tratamientos, completos Bioiberica y comercial

Las parcelas de café demostrativas tuvieron la finalidad de presentar cada uno sus rendimientos (kg/ha de café maduro) cada una con sus tratamientos logrando tener como resultados que el uso de fertilizante foliar más aminoácidos presento mayor peso de en grano y crecimiento en bandola.

3.3. Servicio 2. Realizar capacitaciones a caficultores para resaltar la importancia de las fertilizaciones foliares.

3.3.1. OBJETIVOS

Capacitar a los caficultores de San Rafael las Flores, en temas relacionados sobre la importancia de los fertilizantes foliares y aminoácidos de GTM.

3.3.2. METODOLOGÍA

Se estableció un análisis de la zona para ubicar un grupo meta, en el cual se citaron a todos los caficultores de la zona de San Rafael las Flores para tocar temas de interés, donde los productores no conocían con exactitud las etapas fenológicas del café, la finalidad de fortalecer su conocimiento con respecto al cultivo.

Estas se determinaron según exigencias y disponibilidad de los caficultores de San Rafael las Flores lo cual consistió en dos fases una teórica y otra de campo.

- Luego de tener un lugar establecido para dicha capacitación, se procedió a entregar las invitaciones a los agricultores, se entregaban 15 días antes de la capacitación.
- Se utilizó diferente material y equipo para ampliar el conocimiento utilizando láminas pedagógicas, cañonera y material didáctico para que se le facilitara el aprendizaje de los caficultores en su proceso de aprendizaje.

3.3.3. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las capacitaciones a los caficultores de San Rafael las Flores (Figura 22).



Teórico



Campo

Figura 22. Fases de capacitación a los caficultores de San Rafael las Flores

3.3.4. EVALUACIÓN

Se realizó 2 presentaciones audio visual y 2 presentaciones en campo a los caficultores con la finalidad que ellos conocieran sobre los fertilizantes foliares de GTM, analizar las diferentes etapas fenológicas del cultivo de café, las capacitaciones se realizaron un salón de comunidad y en parcelas donde se evaluaron productos, se realizaron evaluaciones prácticas en campo, aprendieran sobre los productos de la empresa GTM, así mismo darles asesoría técnica del uso adecuado de los foliares.