

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Evaluación del desarrollo y de la productividad del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) con el uso de fertilizantes foliares complejados en Juayúa, Sonsonate, El Salvador.

Por:

Br. Kevin Guillermo Martínez Pérez.

Br. Salvador Antonio Mejía Álvarez.

Ciudad Universitaria, mayo 2021

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL



Evaluación del desarrollo y de la productividad del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) con el uso de fertilizantes foliares complejados en Juayúa, Sonsonate, El Salvador.

Por:

Br. Kevin Guillermo Martínez Pérez.

Br. Salvador Antonio Mejía Álvarez.

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Ciudad Universitaria, mayo 2021

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Lic. M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

Ing. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

Ing. Agr. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL:

Ing. Agr. EDGAR MARROQUIN MENA

DOCENTES DIRECTORES

Ing. M. Sc. EFRAIN ANTONIO RODRIGUEZ URRUTIA

Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO

COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. ANA JUANA ELIZABETH VALDES DE SÁNCHEZ

RESUMEN

La investigación se realizó en los meses de marzo a diciembre del año 2019 en la finca de café “Valle de Oro”, ubicada en la comunidad San José, cantón San José La Majada, municipio de Juayúa, departamento de Sonsonate, que se encuentra a una altura de 1,050 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 13.844 N y -89.719 W.

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de los fertilizantes foliares complejados orgánicos con ácido lignosulfónico como agente complejante (tratamiento 1), y a base de quelatos (tratamiento 2), ambos comparados con un testigo (tratamiento 3) al cual no se le aplicó ningún fertilizante foliar, con el propósito de conocer el efecto sobre el crecimiento, producción y calidad de bebida de una plantación de café (*Coffea arabica*) variedad Marsellesa de dos y medio años de edad.

En un área de 8,000 m² se contó con un total de 4,000 plantas de café y en el experimento se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar Generalizado, con tres tratamientos, 5 bloques, 30 unidades experimentales y 2 repeticiones por bloque de cada tratamiento.

Se evaluaron las siguientes variables: altura de la planta, diámetro del tallo, largo de bandolas, número de hojas por bandola, largo y ancho de las hojas, número de brotes nuevos por bandola y brotes nuevos en la yema apical. Además, se midió la homogeneidad en la maduración de los frutos de café de cada tratamiento y la calidad del grano de café por medio de análisis sensoriales (catación).

Los resultados obtenidos en la investigación fueron, las plantas de café a las que se aplicó fertilizantes foliares complejados orgánicos lograron una maduración del fruto más homogénea ya que se obtuvo 3.53% de café verde por quintal; se necesitan en promedio 195 frutos maduros de café para completar una libra de peso, se contabilizaron en promedio 1,000 frutos maduros de café por planta, y se obtuvo una producción promedio de 176.60 quintales de café uva por manzana que equivale a 35.32 qq de café oro por manzana (2,293.51 kilogramos por hectárea).

Palabras claves: Fertilizante foliar, café, *Coffea arabica*, ácido lignosulfónico, quelatos, sintético, El Salvador.

ABSTRACT

The research was carried out from March to December 2019 at the “Valle de Oro” coffee farm, located in the San José community, San José La Majada canton, Juayúa municipality, Sonsonate department, and is located a height of 1,050 meters above sea level, with geographic coordinates 13,844 N and -89,719 W.

The objective of the research was to evaluate the effect of organic complexed foliar fertilizers with lignosulfonic acid as a complexing agent (treatment 1), and based on chelates (treatment 2), both compared with a control (treatment 3) to which it was not applied no foliar fertilizer, with the purpose of knowing the effect on the growth, production and quality of drink of a coffee plantation (*Coffea arabica*) variety Marsellesa of two and a half years of age.

In an area of 8,000 m², there were a total of 4,000 coffee plants and a Generalized Completely Random Block design was used in the experiment, with three treatments, 5 blocks, 30 experimental units and 2 repetitions per block of each treatment.

The following variables were evaluated, among them, plant height, stem diameter, band length, number of leaves per band, length and width of the leaves, number of new shoots per band and new shoots in the apical bud. In addition, the homogeneity in the ripening of the coffee fruits of each treatment and the quality of the coffee bean were measured by sensory analysis (cupping).

The results obtained from the investigation were the following, the coffee plants to which organic complexed foliar fertilizers were applied, a more homogeneous ripening of the fruit was achieved, 3.53% of green coffee per quintal was obtained; An average of 195 ripe coffee fruits are needed to complete a pound of weight, an average of 1,000 ripe coffee fruits were counted per plant, and an average production of 176.60 quintals of grape coffee per apple was obtained, which is equivalent to 35.32 qq of gold coffee per apple (2,293.51 kilograms per hectare).

Key words: Foliar fertilizer, coffee, *Coffea arabica*, lignosulfonic acid, chelates, synthetic, El Salvador

DEDICATORIA

El trabajo realizado lo dedico a mis padres William Edgardo Núñez Martínez y Lilian Yesenia Pérez León, que fueron el sustento en todo momento para la realización de esta investigación, y quienes me han permitido continuar, pese a todos los obstáculos que se presentaron en el trayecto de la misma.

A mis amigos, que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño y dedicación en muchos momentos difíciles.

A mis docentes de cada materia cursada, por haber sido el apoyo fundamental para lograr mis objetivos, ya que con su ejemplo me encaminaron a seguir con la propuesta investigativa y son quienes siempre me dieron esperanzas y tuvieron fe en mí.

Dedico esta investigación a todos quienes contribuyeron para culminar con éxito la meta propuesta.

Kevin Guillermo Martínez Pérez

DEDICATORIA

A Dios Todo Poderoso, por brindarme salud y sabiduría durante el desarrollo de mis estudios y permitirme obtener este triunfo.

Mi tesis la dedico con todo amor y cariño a mis padres Salvador Mejía Hernández y Emma Alicia Álvarez, por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para mi futuro, por creer en mi capacidad, por sentar en mi las bases de responsabilidad, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más.

A mi abuela María Luisa Hernández, por su ayuda incondicional, su cariño y apoyo en mis momentos de preocupación.

A mis hermanos Karla María Mejía Álvarez y David Moisés Mejía Álvarez por su ayuda incondicional, su cariño y apoyo en mis momentos de preocupación.

A mis amigos: por su apoyo y amistad incondicional, paciencia, comprensión y sacrificio realizado en el transcurso de la carrera.

Salvador Antonio Mejía Álvarez

AGRADECIMIENTOS

A mis padres William Edgardo Núñez Martínez y Lilian Yesenia Pérez León, por todo su sacrificio y por el apoyo incondicional que hasta hoy en día me siguen brindando en cada una de las etapas de mi vida.

Al Ingeniero M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia por el enorme apoyo brindado, no solo como asesor de tesis, sino también como docente a lo largo de la carrera.

Al Doctor Francisco Lara Ascencio por guiarme y apoyarme en mis estudios, y por brindarme la asesoría estadística que hizo posible finalizar esta investigación.

A todos los docentes que he tenido en cada materia cursada, ya que de cada uno de ellos he aprendido cosas muy importantes con respecto a los estudios de la carrera y también sobre la vida misma.

A la empresa DIAGRI El Salvador, por todas las asesorías técnicas, el apoyo y colaboración en el trabajo de campo.

A mis amigos y compañeros, quienes me ayudaron y aconsejaron de una manera honesta y desinteresada. Gracias por toda su ayuda y buena voluntad.

Kevin Guillermo Martínez Pérez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida, por siempre cuidarme y protegerme durante mis estudios y permitirme llegar hasta este momento para culminar mi carrera universitaria.

A mis padres Salvado Mejía Hernández y Emma Alicia Álvarez, por brindarme su apoyo incondicional en el trayecto de mi vida y mis estudios, por su esfuerzo de formarme como profesional y ser una persona de bien para la sociedad.

Al Ingeniero M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia por su apoyo como asesor de tesis y orientación en la vida profesional

Al Doctor Francisco Lara Ascencio por el apoyo como asesor de tesis en la parte Estadística.

Al departamento de Desarrollo Rural por su orientación y colaboración para el desarrollo del proyecto.

A la empresa DIAGRI El Salvador, por todas las asesorías técnicas, el apoyo y colaboración en el trabajo de campo.

A mis familiares, amigos y compañeros que estuvieron incondicionalmente en apoyo durante mi formación profesional, agradecimientos infinitos

Salvador Antonio Mejía Álvarez

ÍNDICE

Página

RESUMEN.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Importancia del cultivo del café en El Salvador	3
2.2. Clasificación taxonómica del cultivo de café	3
2.3. Aspectos botánicos del cafeto	4
2.3.1. Sistema radicular	4
2.3.2. Tallo	4
2.3.3. Hojas.....	4
2.3.4. Inflorescencia	5
2.3.5. Fruto	5
2.3.6. Semilla.....	6
2.4. Condiciones agroecológicas del cafeto.....	6
2.4.1. Altitud.....	6
2.4.2. Temperatura	6
2.4.3. Precipitación pluvial.....	6
2.4.4. Humedad Relativa	7
2.4.5. Luminosidad	7
2.4.6. Viento	7
2.4.7. Cortinas rompe viento.....	7
2.4.8. Suelo.....	8

2.5.	Mejoramiento genético del café	8
2.6.	Variedades de café cultivadas en El Salvador.....	9
2.6.1.	Variedad Marsellesa	9
2.7.	Fertilización del café	10
2.7.1.	Macronutrientes o Elementos Mayores.....	11
2.7.1.1.	Nitrógeno.....	11
2.7.1.2.	Fósforo	11
2.7.1.3.	Potasio	11
2.7.1.4.	Calcio.....	12
2.7.1.5.	Magnesio.....	12
2.7.1.6.	Azufre	13
2.7.2.	Micronutrientes.....	13
2.7.2.1.	Hierro	13
2.7.2.2.	Manganeso.....	14
2.7.2.3.	Boro	14
2.7.2.4.	Cobre	14
2.7.2.5.	Zinc	15
2.7.2.6.	Molibdeno	15
2.7.2.7.	Cloro	15
2.8.	Quelatos.....	15
2.9.	Complejos	16
2.10.	Propiedades de las algas marinas.....	16
3.	Objetivos.....	17
3.1.	Objetivo General.....	17
3.2.	Objetivos Específicos	17
4.	METODOLOGÍA	17

4.1.	Ubicación de la investigación.....	17
4.2.	Metodología de campo	18
4.2.1.	Toma de datos en campo.....	20
4.2.2.	Aplicación de fertilizante al suelo.....	22
4.2.3.	Aplicación de fertilizantes foliares.....	22
4.3.	Metodología de laboratorio	25
4.4.	Metodología estadística.....	27
4.4.1.	Modelo estadístico.....	27
4.4.2.	Tratamientos evaluados	27
4.5.	Metodología económica.....	28
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1.	Altura de las plantas de café.....	29
5.2.	Crecimiento vegetativo de las bandolas inferiores	31
5.3.	Crecimiento vegetativo de las bandolas superiores	32
5.4.	Número de hojas nuevas en las bandolas inferiores.....	33
5.5.	Número de hojas nuevas en las bandolas superiores.....	35
5.6.	Número de nudos nuevos en las bandolas inferiores.....	36
5.7.	Número de nudos nuevos en las bandolas superiores	37
5.8.	Número de nudos nuevos en el ápice de las plantas de café	39
5.9.	Largo de las hojas ubicadas en las bandolas inferiores	40
5.10.	Largo de las hojas ubicadas en las bandolas superiores.....	41
5.11.	Ancho de las hojas ubicadas en las bandolas inferiores.....	43
5.12.	Ancho de las hojas ubicadas en las bandolas superiores.....	44
5.13.	Número de frutos maduros de café por libra	45
5.14.	Número de frutos maduros de café por planta	46
5.15.	Producción de café por planta.....	48
5.16.	Producción de café por manzana.....	48

5.17.	Homogeneidad en la maduración del café uva.....	50
5.18.	Análisis sensorial del café maduro (Catación).....	50
5.19.	Composición nutricional.....	52
5.20.	Costo-beneficio de los programas de fertilización foliar.....	53
6.	CONCLUSIONES.....	57
7.	RECOMENDACIONES.....	59
8.	BIBLIOGRAFIA.....	60
9.	ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadros 1. Clasificación taxonómica del cultivo de café.....	3
Cuadros 2. Fertilización aplicada al suelo para los tres tratamientos.....	22
Cuadros 3. Fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos aplicados.....	24
Cuadros 4. Fertilizantes foliares a base de quelatos aplicados en la investigación.....	25
Cuadros 5. Análisis de varianza de la variable altura de planta.....	29
Cuadros 6. Prueba de Tukey para la variable altura de la planta de café.....	29
Cuadros 7. Prueba de Tukey para bloques en altura de la planta de café.....	30
Cuadros 8. Análisis de varianza del crecimiento de bandolas inferiores.....	31
Cuadros 9. Prueba de Tukey del crecimiento de bandolas inferiores.....	31
Cuadros 10. Análisis de varianza del crecimiento de bandolas superiores.....	32
Cuadros 11. Prueba de Tukey del crecimiento de bandolas superiores.....	32
Cuadros 12. Prueba de Tukey para bloques en el crecimiento de bandolas superiores.....	33
Cuadros 13. Análisis de varianza del número de hojas nuevas en bandolas inferiores.....	33
Cuadros 14. Prueba de Tukey del número de hojas nuevas en bandolas inferiores.....	34
Cuadros 15. Prueba de Tukey para bloques en número de hojas nuevas en bandolas inferiores.....	34
Cuadros 16. Análisis de varianza del número de hojas nuevas en bandolas superiores.....	35
Cuadros 17. Prueba de Tukey del número de hojas nuevas en bandolas superiores.....	35
Cuadros 18. Análisis de varianza para nudos nuevos en bandolas inferiores.....	36
Cuadros 19. Prueba de Tukey para nudos nuevos en bandolas inferiores.....	37

Cuadros 20. Análisis de varianza para número de nudos nuevos en bandolas superiores. ...	37
Cuadros 21. Prueba de Tukey para número de nudos nuevos en bandolas superiores.....	38
Cuadros 22. Prueba de Tukey para bloques en número de nudos nuevos en bandolas superiores.....	38
Cuadros 23. Análisis de varianza del número de nudos nuevos en el ápice de plantas.	39
Cuadros 24. Prueba de Tukey del número de nudos nuevos en el ápice de plantas.	39
Cuadros 25. Análisis de varianza del largo de las hojas en bandolas inferiores.....	40
Cuadros 26. Prueba de Tukey del largo de hojas en bandolas inferiores.....	40
Cuadros 27. Análisis de varianza del largo de hojas en bandolas superiores.	41
Cuadros 28. Prueba de Tukey del largo de hoja en bandolas superiores.....	41
Cuadros 29. Prueba de Tukey para bloques en el largo de hojas de bandolas superiores. ..	42
Cuadros 30. Análisis de varianza del ancho de hoja de bandolas inferiores.	43
Cuadros 31. Prueba de Tukey del ancho de hojas de las bandolas inferiores.....	43
Cuadros 32. Análisis de varianza del ancho de hojas de bandolas superiores.....	44
Cuadros 33. Prueba de Tukey para los tratamientos.	44
Cuadros 34. Prueba de Tukey del ancho de hojas en bandolas superiores.	45
Cuadros 35. Número de frutos maduros de café por libra.	46
Cuadros 36. Análisis de varianza del número de frutos maduros por planta.	46
Cuadros 37. Prueba de Tukey en tratamientos de frutos maduros por planta.	47
Cuadros 38. Prueba de Tukey en bloques del número de frutos maduros por planta.	47
Cuadros 39. Producción de café uva por manzana.....	49
Cuadros 40. Resultados del análisis sensorial del café maduro.....	50
Cuadros 41. Resultados de análisis foliares al inicio y final de la investigación por tratamiento.....	53
Cuadros 42. Presupuesto para una manzana de café con fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos.	54
Cuadros 43. Presupuesto para una manzana de café con fertilizantes foliares a base de quelatos.....	55
Cuadros 44. Presupuesto para una manzana de café sin usar fertilizantes foliares.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de ubicación del estudio.....	18

Figura 2. Delimitación del área de estudio e identificación de las plantas a muestrear.	19
Figura 3. Toma de muestras de suelo y del follaje para enviarlas al laboratorio.....	20
Figura 4. Boleta utilizada para la toma de datos.	21
Figura 5. Realizando toma de datos.	22
Figura 6. Aplicación de fertilizante foliares.	24
Figura 7. Toma de muestras del follaje para enviarlas al laboratorio.....	25
Figura 8. Cosecha y preparación de muestras para mandarlas a catación.	26
Figura 9. Tratamientos utilizados en la investigación.	28
Figura 10. Crecimiento en altura de las plantas de café variedad Marsellesa.	30
Figura 11. Crecimiento en altura de las plantas de café (cm).....	30
Figura 12. Crecimiento vegetativo de las bandolas inferiores de las plantas de café.	32
Figura 13. Crecimiento vegetativo de las bandolas superiores de las plantas de café.	33
Figura 14. Número de hojas nuevas en las bandolas inferiores.	35
Figura 15. Número de hojas nuevas en las bandolas superiores.	36
Figura 16. Número de nudos nuevos en las bandolas inferiores.....	37
Figura 17. Número de nudos nuevos en las bandolas superiores.....	38
Figura 18. Número de nudos nuevos en el ápice del cultivo de café.....	39
Figura 19. Número de nudos nuevos en el ápice del cultivo de café.....	40
Figura 20. Largo de las hojas de las bandolas inferiores de las plantas de café.	41
Figura 21. Largo de las hojas de las bandolas superiores.	43
Figura 22. Ancho de las hojas ubicadas en las bandolas inferiores.	44
Figura 23 Ancho de las hojas ubicadas en las bandolas superiores.	45
Figura 24. Número de frutos maduros de café por libra.	46
Figura 25. Número de frutos maduros de café por planta.	47
Figura 26. Producción de café por planta (libras).....	48
Figura 27. Producción de café por manzana (quintales uva por manzana).....	49
Figura 28. Porcentaje de frutos de café verde en la cosecha.....	50
Figura 29. Puntos obtenidos en análisis sensorial del café de la variedad Marsellesa.	51

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo A- 1. Resultados del análisis sensorial del café con fertilizantes foliares complejados orgánicos.....	65

Anexo A- 2. Resultados del análisis sensorial del café con fertilizantes foliares a base de Quelatos.	66
Anexo A- 3. Resultados del análisis sensorial del café sin fertilizantes foliares.	67
Anexo A- 4. Resultados iniciales del análisis de fertilizantes foliares a base de complejos orgánico.	69
Anexo A- 5. Resultados iniciales del análisis de fertilizantes foliares a base de quelatos.	70
Anexo A- 6. Resultados iniciales del análisis de fertilizantes foliares del Testigo.	71
Anexo A- 7. Resultados finales del análisis de fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos.	72
Anexo A- 8. Resultados finales del análisis de fertilizantes foliares a base de quelatos.	73
Anexo A- 9. Resultados finales del análisis de fertilizantes foliares del Testigo.	74

1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador el cultivo del café (*Coffea arabica*) ha sido afectado en los últimos años por diferentes causas sociales, ambientales y económicas, tanto a nivel nacional e internacional, impactando directamente, entre otros factores, los bajos precios pagados por el grano, falta de asistencia técnica y capacitación, mano de obra limitada y el costo de los insumos. Estas realidades han ocasionado con el tiempo que las plantaciones de café sean manejadas inadecuadamente, se obtengan bajas producciones, generando desempleo en el área rural, migración del campo a la ciudad y hacia otros países y caficultores desmotivados en la producción de café.

El desafío futuro para el estado salvadoreño, y en especial, los actores y sectores involucrados con la caficultura, es invertir en estrategias y medidas integrales y sustentables que garanticen insumos eficaces y eficientes, capacitación permanente de los trabajadores y empresarios, sustitución de plantaciones viejas y técnicas modernas de calidad y bajo costo, a fin de producir mayor cantidad de café por cada manzana de terreno trabajada. Una de las medidas que le permiten al caficultor incrementar las ganancias es bajar los costos de producción, principalmente los relacionados con los insumos agrícolas, por lo que se buscan mejores alternativas para hacer la producción más eficiente y rentable.

En la presente investigación se implementó un programa de fertilización foliar en una plantación de café de la variedad Marsellesa, mediante el uso de productos a base de complejos orgánicos con ácido lignosulfónico y se comparó con fertilizantes foliares a base de quelatos, los cuales tuvieron como propósito, que las plantas de café obtuvieran una mejor nutrición y aprovechamiento de los elementos de estos productos.

El estudio se realizó en los meses de marzo a diciembre del 2019 en la finca de café Valle de Oro, ubicada en la comunidad San José, cantón San José La Majada, municipio de Juayúa, departamento de Sonsonate, a una altura de 1,050 metros sobre el nivel del mar. Las variables en estudio fueron altura de la planta, diámetro del tallo, largo de bandolas, número de hojas por bandola y brotes nuevos en la yema apical. Además, se midió la homogeneidad en la maduración de los frutos de café de cada tratamiento y la calidad del grano de café por medio de análisis sensoriales (catación).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de los fertilizantes foliares complejados y a base de quelatos sobre el crecimiento, producción y calidad de bebida de una plantación de café variedad Marsellesa de dos y medio años de edad.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del cultivo del café en El Salvador

El cultivo del café (*Coffea arabica*) en El Salvador continúa siendo una actividad de importancia para la sostenibilidad ambiental, -debido a que- cuenta con un potencial para desarrollarse como atractivos o productos turísticos, y además protege los suelos contra la erosión, cuida la biodiversidad, resguarda las principales vertientes de las cuencas hidrográficas y permite la infiltración de agua a los mantos acuíferos. Los cafetales se ubican principalmente en zonas de agua subterránea, siendo claves en la recarga de las mismas (Revista rutas del café 2020).

La generación de empleo por el rubro cafetalero es una de las principales contribuciones de este sector para mantener la estabilidad social y política del país; a esto se le añade que la inversión que genera favorece el desarrollo de microempresas que contribuyen a reducir la migración de pobladores rurales hacia la ciudad y los problemas que ello implica, ya que a causa de la baja rentabilidad del café se han incrementado los niveles de desempleo, lo que produce un efecto negativo en los ingresos de los productores y de los trabajadores de la cadena del café, y una disminución en el nivel de la calidad de vida en términos de salud, educación, alimentación, vestuario y vivienda (Arévalo Beltrán y Méndez Alfaro 2011).

2.2. Clasificación taxonómica del cultivo de café

La clasificación taxonómica del cultivo del café es la siguiente:

Cuadros 1. Clasificación taxonómica del cultivo de café.

Taxón	Categoría
Reino	Plantae
División	Espermatophitas
Clase	Dicotiledóneas
Sub clase	Simpetalas
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae
Género	<i>Coffea</i>
Sección	Eucoffea
Subsección	Eritrocoffea
Especie	<i>arabica, canephora, eugenoides, liberica, otras.</i>
Variedad o Cultivar	Típica, Bourbon, Caturra,

2.3. Aspectos botánicos del cafeto

El género *Coffea* comprende muchas especies, de las cuales a nivel mundial comercialmente se cultivan tres especies: *Coffea arabica*, *Coffea canephora* y *Coffea liberica*. La especie *Coffea arabica* participa con el 62% de la producción mundial de café y el *Coffea canephora* con el 38%. En El Salvador se cultiva únicamente la especie *Coffea arabica*, representada por la variedad Typica o Arábica, de la cual se originaron las variedades comerciales locales, entre ellas: Bourbón, Tekisic, Pacas, Catisic, Pacamara, entre otras, que permiten sostener la productividad y la excelente calidad de la bebida nacional (Guerra 2006).

2.3.1. Sistema radicular

Está constituido por la raíz principal o pivotante que puede alcanzar 50 centímetros (cm) o más de profundidad, de la cual se originan las raíces secundarias que ejercen la función de anclaje y las raíces terciarias de las que emergen las raicillas, que sirve a la planta para la absorción de agua y nutrientes, por lo que desde la etapa de semillero y vivero se debe lograr una raíz principal bien formada para obtener un excelente crecimiento en el campo (PROCAFE s. f.).

2.3.2. Tallo

El café es un arbusto que posee un tallo central en cuyo extremo superior se encuentra la yema terminal responsable del crecimiento vertical formado por nudos y entrenudos que se conoce como crecimiento ortotrópico. Del ápice de las ramas se forman nudos, hojas y ramas laterales que dan el crecimiento plagiotrópico. Ambos tipos de crecimiento conforman la arquitectura cónica del cafeto, es decir, su sistema vegetativo (Morán y Menjivar 2007).

2.3.3. Hojas

Las hojas emergen en la parte terminal del tallo y en las ramas o bandolas laterales, crecen en disposición opuesta y son de forma elíptica (CICAFE 2011).

Su tamaño, color y la cantidad varía de acuerdo a la variedad, cantidad de sombra, edad y estado fitosanitario. La función principal de las hojas es realizar los procesos de transpiración, fotosíntesis y respiración. Son las responsables de transformar nutrientes que luego son traslocados a otros órganos como raíces, tallo y fruto (Villacis y Aguilar 2016).

2.3.4. Inflorescencia

En las axilas de las ramas laterales se presenta de uno a tres ejes florales, los cuales se dividen en dos a seis ramificaciones cortas de dos a cuatro milímetros (mm), coronando cada uno en la flor. Cada flor tiene en la base un receptáculo corto (1 a 2 mm de largo) de color verde que se prolonga en el cáliz, con cinco picos terminales. La corola es un tubo blanco de 6 a 12 mm de largo, cilíndrico en la base y abierto con 6 sépalos en la parte superior, además tiene cinco estambres insertados en su tubo. El gineceo está constituido por un ovario supero con dos óvulos. El estilo es fino y largo con terminaciones estigmáticas.

El inicio y crecimiento de la flor está influenciado por la luz solar (luminosidad menor a 13 horas), el agua (mínimo 10 mm de lluvia), la temperatura (20° a 25° C), por reguladores de crecimiento vegetal (hormonas), el balance nutricional y la condición fitosanitaria del cafeto. La flor se abre en las primeras horas de la mañana, permanece abierta el primer día, al segundo día se inicia su marchitamiento y al tercero se desprenden sus partes externas (Guerra 2006).

El cafeto de la especie arábica es autógama, esto significa que cuando la flor se abre, parte del polen ya se ha liberado internamente, habiendo ocurrido la autofecundación en la flor (91% a 95%), esta característica minimiza los riesgos de contaminación genética entre variedades (Chávez 2000).

En las condiciones de El Salvador, el régimen de lluvia permite que ocurra una o tres floraciones en el año (de marzo a mayo). Generalmente la floración principal sucede al final de abril o en la primera semana de mayo. Se considera que 10 mm de lluvia son suficientes para inducir la floración del café, después de 8 a 10 días de haber ocurrido la misma (PROCAFE s. f.).

2.3.5. Fruto

Es una drupa ovalada como una cereza de 10 mm hasta 17 mm de largo, compuesta por epicarpio o epidermis (pulpa), mesocarpo (miel y mucilago), endocarpo (pergamino), espermodermo (película plateada) y endospermo (grano o semilla). Normalmente tiene dos semillas opuestas. El fruto completo se desarrolla entre los 7 a 9 meses después de la

floración y dependiendo de la variedad presenta diferentes colores: rojo, amarillo, rosado y rojo vino (Chávez 2000).

2.3.6. Semilla

La semilla es de color verdosa o amarillenta y está envuelta por una cubierta coriácea delgada (pergamino), debajo de la cual existe una membrana delgada que la recubre, conocida como película plateada o arilo. La semilla contiene almidón, aceites, azúcares, alcaloides, cafeína, minerales, otras sustancias, el embrión es muy pequeño, consiste en un hipocótilo cilíndrico y dos cotiledones superpuestos de dos a cinco milímetros y se encuentra en la parte basal del endosperma (Villacis y Aguilar 2016).

2.4. Condiciones agroecológicas del cafeto

El cultivo de café en El Salvador se adapta a diferentes condiciones agroecológicas y para alcanzar su óptimo desarrollo es importante considerar los siguientes elementos:

2.4.1. Altitud

La altitud es un punto con relación al nivel del mar y se expresa en metros sobre el nivel del mar (msnm). En términos generales, en El Salvador, el cafeto muestra de buenos a excelentes atributos a altitudes que van desde 500 a 1,600 msnm. Plantaciones cultivadas en menor o mayor altura del rango mencionado son consideradas marginales debido a que son afectadas negativamente en su fisiología (PROCAFE s. f.).

2.4.2. Temperatura

La temperatura es el resultado de la radiación solar sobre la superficie terrestre y es el factor climático responsable de regular todos los procesos fisiológicos del cafeto, tales como: germinación de semilla, respiración, transpiración, fotosíntesis, absorción de agua y nutrientes, floración, fructificación, maduración, entre otros. La temperatura anual óptima para el cafeto oscila entre 20° C a 28° C, temperaturas fuera de este rango afectan el normal desarrollo del cafeto (Morán y Menjivar 2007).

2.4.3. Precipitación pluvial

La lluvia es un factor climático que influye en los cafetos en dos formas: la cantidad de precipitación mensual y anual; y su distribución en el tiempo. Generalmente el cafeto próspera en regiones con precipitaciones anuales de 1,200 a 2,000 mm, con una distribución

que permita una época lluviosa y otra seca. En El Salvador, el periodo de reposo vegetativo va de noviembre a febrero y el de crecimiento vegetativo y reproductivo va de marzo a octubre. Un suelo con exceso de agua es tan limitante para el crecimiento del cafeto, como aquel que se encuentra con niveles bajos de humedad, pudiendo causar defoliación y caída del fruto (PROCAFE s. f.).

2.4.4. Humedad Relativa

La humedad relativa está relacionada con la cantidad de agua en forma de vapor presente en el aire a una temperatura dada. Cuando el aire se encuentra saturado de vapor de agua se tiene 100% de humedad relativa, normalmente ocurre después de un aguacero o cuando cae el sereno, en este momento la transpiración de la planta es baja o nula, debido a que sus estomas están cerradas. En los cafetales bajo sombra la humedad relativa es mayor que la de aquellos que se encuentran expuestos al sol. Los cafetos a pleno sol necesitan absorber continuamente agua y mayor cantidad de nutrientes para sus funciones metabólicas normales, que los que están bajo sombra. En general, el cafeto requiere humedades relativas medias que oscilan entre 65 a 85% (FUNDESYRAM 2000).

2.4.5. Luminosidad

Considerando que el cafeto tiene su origen en lugares sombreados, es recomendable cultivarlo bajo luminosidad regulada, que permita formar un microclima adecuado dependiendo de la altitud sobre el nivel del mar. La iluminación deficiente o excesiva afecta el funcionamiento normal de la planta (CICAFE 2011).

2.4.6. Viento

La ventilación normal dentro de un cafetal es necesaria para la formación de un microclima adecuado al cafeto y desfavorable para las plagas. Los vientos suaves o moderados con velocidades de 5 a 15 kilómetros (km) por hora no afectan el comportamiento normal de los cafetos. Los fuertes vientos causan daños mecánicos en las hojas, ramas y tallos, caída de flores y frutos, disminuyen la humedad relativa del medio y aumentan la pérdida de agua en el suelo, provocando estrés a los cafetales. Estos efectos son más nocivos en plantaciones establecidas en suelos arenosos y arcillosos (Revista Nutrición del Cafeto 2015).

2.4.7. Cortinas rompe viento

Se establecen para defender las plantas de café, sobre todo sus flores, de los vientos fuertes. Algunas cortinas rompeviento comunes son las de ciprés (*Cupressus lusitanica mill*), nacaspilo (*Inga edulis*) y copalchí (*Croton reflexifolius*). El copalchí responde muy bien a las podas y produce frutos abundantes, cuyas semillas son alimento para las ardillas. Su follaje y frutos son aromáticos. Aun cuando es necesaria una buena ventilación del cafetal para formar un microclima adecuado para el café, el exceso de vientos fuertes es perjudicial y demanda el uso de cortinas rompe vientos.

Es una práctica que se vuelve imprescindible en las zonas cafetaleras en donde el viento es un factor limitante para la producción, en una plantación nueva las cortinas deberán trazarse con un año de anticipación a la siembra de café y deberán ser anchas y altas, árboles vigorosos que aminoren la velocidad del viento, interplantadas con árboles menores para proteger el suelo a nivel bajo. El control del crecimiento vegetativo vertical debe hacerse en descopes que oscilan entre los 4 m y 7 m de altura, debe estar de acuerdo a la topografía del terreno y a la altura de los árboles de sombra (FUNDESYRAM s. f.)

La siembra de cortinas rompe vientos puede realizarse con semilla o plántula, sembrar en líneas continuas o a chorrillo, en doble hilera separándolas de 30 a 40 cm, esto le dará mayor fortaleza. Su mantenimiento consiste en limpiarlas, fertilizarlas y protegerlas contra el ataque de plagas, donde la más frecuente es el zompopo (*Atta spp*) (Chávez 2000).

2.4.8. Suelo

Las condiciones físicas del suelo como es la profundidad efectiva, estructura, topografía y pedregosidad, así como las condiciones químicas como el contenido de materia orgánica, de nutrientes y la acidez, inciden en la adaptabilidad del cafeto, el cual se desarrolla mejor en suelos de textura Franca (F), sin embargo, se adapta a suelos Francos Arcillosos (FC) y Franco Arenosos (FA), con profundidad efectiva mínima de 50 cm y horizontes orgánicos de 20 cm. Los suelos pedregosos causan deformaciones al sistema de raíz de las plantas, y además, cuando las piedras son abundantes y afloran en la superficie, causan deshidratación en las plantas, debido al exceso de calor que las piedras absorben durante el día (PROCAFE s. f.).

2.5. Mejoramiento genético del café

Variedad es la subdivisión de la especie, por ejemplo, *Coffea arabica*, variedad Pacamara, también se refiere a un conjunto de cafetos con características vegetativas y productivas uniformes que han surgido de variaciones naturales derivadas de dos causas:

- 1) Mutación, relacionada con cambios más o menos bruscos que aparecen en la descendencia de un cafeto normal y que al reproducirse por semilla mantiene estable el nuevo tipo, ejemplo: cafeto de porte pequeño; con hojas angostas; o de diferente productividad (Zúñiga y Rodríguez 2002).
- 2) Hibridación, son cruces naturales o artificiales entre especies o variedades que difieren por uno a más caracteres, que al propagarse por semilla no reproducen el tipo nuevo uniformemente, sino que manifiesta una segregación de caracteres. En *Coffea arabica* los híbridos naturales son escasos, debido a su alto grado de autofecundación (Chávez 2000).

2.6. Variedades de café cultivadas en El Salvador

Las variedades de café que se cultivan en El Salvador son: Bourbon, Tekisic (Bourbon mejorado), Pacas, Pacamara, Catimor, Catisic, Cuscatleco, Catuaí Rojo, Marsellesa, otras, siendo el Bourbon y el Pacas los que tienen el 81.1% del área cafetalera. Dichas variedades poseen características muy particulares, preferidas y demandadas por los compradores en el mercado nacional e internacional (FUNDESYRAM 2000).

2.6.1. Variedad Marsellesa

Las plantas son vigorosas y de brotes verdes, es producto de un proceso de selección de materiales del grupo de los Sarchimores (C3020-3, C1669-31, C1669-20 y C1669-33), introducidas en el año 1988 desde la Universidad Federal de Vicosá, Minas Gerais, Brasil, al CATIE en Costa Rica y posteriormente en el año 1991 a Nicaragua. En éste país, a lo largo de 25 años la empresa exportadora Atlántic del grupo ECOM, ha liberado esta variedad en el marco de su programa de mejoramiento genético, y es en el municipio de San Ramon, en el departamento de Matagalpa, en donde adquiere el nombre de “Marsellesa” en referencia a la finca la “Marsellesa” de la familia Poncon, en la cual se llevó todo el proceso de evaluación y liberación del material, hasta llevarlo a una variedad genéticamente estable. En Nicaragua se sembraron 4,000 hectáreas (ha) en los últimos tres años, es un material vegetal que cuenta con el respaldo del grupo ECOM y la garantía de la empresa Agritech de Nicaragua (Revista El Cafetalero 2017).

La variedad Marsellesa ha demostrado mayor adaptabilidad y productividad que las variedades tradicionales en las diferentes zonas centroamericanas, donde fue probada en una superficie de 50 ha por más de 6 años. Las evaluaciones demostraron mayor adaptabilidad en alturas de 600 a 1,200 msnm, en suelos francos arenosos y franco arcillosos, con niveles de sombra entre 25 y 45%. Se puede propagar por semilla con excelente estabilidad genética. El distanciamiento de siembra es de 2 m entre hilera y 1.5 m entre planta (3,333 plantas/ha) (SACARPA 2005).

La variedad Marsellesa tiene resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*), resistencia al nemátodo del género *Meloidogyne*, es susceptible al Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) en condiciones de exceso de sombra y en alturas mayores a 1,600 msnm, es susceptible a la Mancha de Hierro (*Cercospora coffeicola*), al Arañero (*Corticium koleroga*) en zonas muy calientes y sin sombra (Zúñiga y Rodríguez 2002).

Su primera producción se da a los 18 meses después de la siembra, con una productividad de 136.36 a 318.18 kg por hectárea (3 a 7 quintales (qq) por ha). Su producción más alta se presenta a partir de la segunda y tercera cosecha comercial, depende de la zona y llega en promedio a producir 3,636.36 kg/ha (80 qq por hectárea), incluso hasta 5,090.90 kg/ha (112 qq/ha) si el cafetal cuenta con el manejo y la fertilización adecuada. El café tiene una muy buena calidad de taza, en cataciones realizadas durante varios ciclos de distintos lotes se han obtenido hasta 88 puntos, con acidez superior al Caturra, cuerpo similar al Caturra, mayor dulzura que el Caturra y con aroma a frutas (Revista El Cafetalero 2017).

2.7. Fertilización del café

El cultivo del café demanda generalmente mayores cantidades de nutrientes de las que existen en el suelo en forma asimilable, por lo tanto, deben ser aportadas por medio de fertilizantes químicos, materiales orgánicos y cales. Los elementos suministrados por el suelo se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, según sea la cantidad demandada (ANACAFE 2005).

La fertilización foliar constituye la mejor manera de suministrar los micronutrientes a los cafetos debido a las pequeñas cantidades en que son demandados por las plantas, siendo difícil el manejo en el suelo por todas las interacciones químicas que existen (SACARPA 2005).

2.7.1. Macronutrientes o Elementos Mayores

2.7.1.1. Nitrógeno

Es indispensable para las plantas ya que forma parte de las proteínas y de otros compuestos orgánicos esenciales como las enzimas, vitaminas, ácido nucleico y clorofila, entre otros. Su deficiencia afecta el crecimiento generando poco desarrollo, hojas pequeñas y de color verde amarillento. Debido a que se mueve con facilidad en la planta, la deficiencia se observa primero en las hojas viejas. Su deficiencia da lugar a una maduración acelerada con frutos pequeños, lo que se traduce en rendimientos bajos (ANACAFE 2005).

2.7.1.2. Fósforo

Es importante como parte estructural de muchos compuestos, principalmente ácidos nucleicos, fosfolípidos y coenzimas; además, desempeña una función indispensable en el transporte y almacenamiento de energía para realizar procesos vitales. Es necesario para el desarrollo del tejido leñoso en plantías, en brotes de recepas y para el crecimiento radicular. La deficiencia de fósforo afecta todos los aspectos del metabolismo vegetal y el crecimiento, lo que ocasiona un desarrollo débil tanto del sistema radicular como de la parte aérea. Las hojas son de menor tamaño, con las nervaduras poco pronunciadas y una coloración anormal, de rojizo pardo a rojiza, que puede llegar a cubrir la totalidad de la hoja (FUNDESYRAM s. f.)

Debido a que este elemento es muy móvil en la planta, los síntomas de deficiencia se observan más en las hojas viejas. Además, la madurez del fruto se retrasa y disminuye el rendimiento de la cosecha (ANACAFE 2005).

2.7.1.3. Potasio

La función del potasio es muy variada, aunque no es un componente estructural de las plantas, forma parte de un número de enzimas, por lo que regula muchas funciones. Interviene en la fotosíntesis, favoreciendo la síntesis de carbohidratos, así como el movimiento de este compuesto y su acumulación en órganos de reserva. Interviene en la formación de prótidos, contribuyendo al mejor aprovechamiento de abonos nitrogenados. Además, permite el mejor aprovechamiento del agua por la planta, contribuyendo a mantener

la turgencia celular, ayudando así a disminuir la transpiración cuando el agua escasea (ANACAFE 2005).

La deficiencia de potasio manifiesta una clorosis en las hojas maduras que luego se distribuye a las jóvenes, debido a que este elemento es muy móvil en las plantas. Posteriormente se producen áreas necróticas a lo largo del borde y ápice de las hojas. Con frecuencia se produce achaparramiento, debilitamiento del tallo, reduciendo la resistencia a patógenos y disminución de la cosecha (SACARPA 2005).

2.7.1.4. Calcio

Es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular, además, está involucrado en la formación del núcleo y de la mitocondria. Es un elemento importante en la vida de las plantas, desde la germinación hasta la madurez. Interviene en el crecimiento y en la absorción de los demás elementos nutritivos; participa en la acción de muchas enzimas, actúa en el transporte de carbohidratos y proteínas, y proporciona resistencia a los tejidos. La deficiencia de calcio es más impactante en los tejidos nuevos, limitando el crecimiento, produciendo clorosis en tejidos jóvenes y generando estructuras de tallos y pecíolos débiles (Pérez *et al* 1956).

2.7.1.5. Magnesio

El magnesio forma parte de la molécula de clorofila, siendo esencial para el proceso de fotosíntesis. Es decisivo en reacciones del metabolismo energético, así como en la síntesis de constituyentes del núcleo, cloroplasto y ribosomas. La escasez de magnesio ocasiona una reducción de la fotosíntesis, que da lugar a clorosis entre las nervaduras de las hojas, seguido de la aparición de manchas pardas. Las hojas afectadas en primer lugar son la más viejas, puesto que este elemento se mueve con facilidad dentro de la planta desde los órganos viejos hacia los jóvenes (FUNDESYRAM s. f.).

El magnesio se encuentra en el suelo bajo forma soluble e insoluble. Los solubles (silicatos) son muy abundantes, pero su paso a formas solubles se efectúa muy lentamente. El magnesio del suelo se pierde por la extracción de la cosecha y por el lavado del suelo, que se produce de modo más intenso en suelos ácidos o arenosos (SACARPA 2005).

2.7.1.6. Azufre

El azufre forma parte de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, es un importante constituyente de las proteínas, así como de compuestos de actividad biológica como el glutatión, la biotina, tiamina y la coenzima A. Además, actúa como catalizador en los procesos de formación de clorofila, por lo tanto, las deficiencias de este elemento se manifiestan como clorosis iniciando en los bordes de las hojas hasta cubrirlas en su totalidad, lo que provoca una deficiencia en el desarrollo de la planta (Revista el Cafetalero 2017).

2.7.2. Micronutrientes

Siete de los 16 nutrientes esenciales de las plantas son llamados micronutrientes: hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). Ellos son tan importantes para la nutrición de las plantas, aunque no los requieran en grandes cantidades como los nutrientes principales y los secundarios (FUNDESYRAM s. f.).

La necesidad de micronutrientes ha sido conocida por muchos años, pero su uso es una práctica relativamente reciente. Su importancia se debe a que en cada ciclo productivo se remueven mayores cantidades de micronutrientes. A medida que más y más son removidos del suelo, algunos no pueden proveer una cantidad adecuada a las demandas del cultivo (PROCAFE s. f.).

2.7.2.1. Hierro

Es el micronutriente más utilizado por la planta junto con el manganeso y el zinc, es esencial en la formación de la clorofila, sin ser constituyente de la molécula. Tiene una función básica en la respiración intercelular de las plantas, es el encargado del proceso de extracción de energía a partir de los azúcares. Su deficiencia se manifiesta en las hojas nuevas como clorosis internerval y a medida que se incrementa progresa rápidamente sobre la hoja entera. Las hojas muestran un color verde pálido y las nervaduras conservan su color normal.

Para corregir la clorosis férrica es necesario conocer las causas que la originan y tomar las medidas pertinentes. La deficiencia del hierro se corrige mediante aplicaciones foliares de quelatos de hierro, ya que bajo esta forma el hierro está más protegido y puede ser absorbido por las plantas (PROCAFE s. f.).

2.7.2.2. Manganeso

Funciona como parte del sistema enzimático de la planta, activa numerosas e importantes reacciones metabólicas, desarrolla un papel directo en la fotosíntesis ayudando en la síntesis de la clorofila, acelera la maduración y aumenta la disponibilidad de fósforo y calcio. Además, ejerce una influencia en el transporte y utilización del hierro. Su deficiencia se manifiesta en la parte terminal de la bandola, sobre las hojas nuevas, presentando un color amarillento entre las nervaduras de las hojas, sin provocar su caída.

Para corregir las deficiencias de manganeso se puede utilizar sulfato o quelatos de manganeso, a través de aplicaciones foliares (PROCAFE s. f.).

2.7.2.3. Boro

El boro es esencial en el crecimiento de las plantas, participa en el proceso de polinización y desarrollo de la semilla, en el proceso de división celular, en el metabolismo y transporte de azúcares y en la síntesis de aminoácidos y de proteínas. Las deficiencias de boro se manifiestan en un reducido crecimiento de la planta, bandolas con entrenudos cortos y hojas coriáceas y deformes (pequeñas, redondeadas). En algunos casos puede haber muerte del meristemo, originando brotes en forma de palmillas (FUNDESYRAM 2000).

Las deficiencias pueden corregirse con la aplicación foliar de productos que contengan boro (PROCAFE s. f.).

2.7.2.4. Cobre

Desempeña funciones exclusivamente catalíticas en las plantas, es parte de diferentes enzimas importantes como la polifenol oxidasa y el ácido ascórbico oxidasa. Está presente en la plastocianina de los cloroplastos de donde se deduce su importancia en el proceso fotosintético. Los síntomas de su deficiencia son variados, por lo que deben determinarse por medio del análisis de laboratorio. Cuando la deficiencia es grave causa defoliación y muerte de las ramas laterales (FUNDESYRAM 2000).

Las carencias de cobre se suplen con aplicaciones al suelo y foliares con sulfato o quelatos de cobre (PROCAFE s. f.).

2.7.2.5. Zinc

Es importante en el mantenimiento de un adecuado nivel de hormonas de crecimiento, además, participa en la síntesis de proteína y en la asimilación de fosfatos. Su distribución dentro de la planta es baja. La deficiencia de zinc produce anomalías en el desarrollo de las plantas, las hojas toman forma de lanza y deformes, finalmente hay muerte de la yema terminal, originando brotes en forma de palmillas (abanicos).

Las carencias de zinc se corrigen con aplicaciones de foliares de sulfato o quelato de zinc (ANACAFE 2005).

2.7.2.6. Molibdeno

Es imprescindible en la síntesis de los aminoácidos a partir del nitrógeno absorbido. Las necesidades de este elemento son mínimas, pero se deben tener precauciones en las aplicaciones porque es tóxico aun en concentraciones pequeñas. Es el único elemento cuya carencia se acentúa en suelos ácidos. La presencia de fósforo en el suelo provoca una liberación de molibdeno asimilable. La carencia del molibdeno se corrige mediante aplicaciones foliares de molibdato sódico (ANACAFE 2005).

2.7.2.7. Cloro

Es responsable de la expansión de la lámina foliar y su turgencia, contribuye en la calidad de los frutos y en el crecimiento de las raíces. Se absorbe bajo la forma del ion cloruro (Cl⁻), que presenta una gran movilidad en la planta, emigrando con facilidad hacia las partes de mayor actividad fisiológica. No se aplica al suelo como fertilizante directo, las principales fuentes son residuos de cosecha y fertilizantes como el cloruro de potasio que aporta cantidades apreciables (Villacis y Aguilar 2016).

2.8. Quelatos

Los quelatos son productos de alta estabilidad capaces de mantener los iones metálicos rodeados de una molécula orgánica (agente quelatante) de modo que queden salvaguardados del entorno que favorecería su precipitación en forma de hidróxido insoluble y no disponible para la planta (Lucena 2009)

La eficacia de los quelatos va a depender de su reactividad en el medio en que se apliquen y de la capacidad de la planta en tomar el elemento aportado. Las aplicaciones foliares de

quelatos son en general poco efectivas y no se ha descrito una relación clara entre la composición química del quelato y su efectividad (SACARPA 2005).

Los agentes quelatantes son moléculas con capacidad de unirse a los nutrientes formando uniones muy estables. Son todos sintéticos, los más comunes son EDTA, HEDTA y EDDHA. No son biodegradables, por lo que dejan muchos residuos en el suelo (Lucena 2009).

2.9. Complejos

Los complejos o complejantes son sustancias reconocidas por el Reglamento EC 2003/2003 (legislación europea), RD 824/2005 y Orden APA/1470/2007 (legislaciones españolas), capaces de complejar micronutrientes como Ca o Mg. Mientras que sólo se ha solicitado la incorporación de los lignosulfonatos en la legislación europea, en la española se recogen lignosulfonatos, humatos, citrato, gluconatos, heptagluconatos y aminoácidos como agentes complejantes. El objetivo es mantener los elementos complejados en forma soluble. Dado que por lo general son complejos de menor estabilidad en el suelo que los quelatos, su principal vía de actuación es en disolución nutritiva o por aplicación foliar. Así su eficacia no sólo depende de la capacidad de complejación de los metales sino también de otros factores como la capacidad de penetración foliar (Lucena 2009).

Los lignosulfonatos se obtienen de la industria de producción de la celulosa y derivados, en la que la madera es tratada al sulfito. Se emplea bisulfito sódico para promover la separación de la lignina de las fibras celulósicas. La acción del bisulfito sobre la lignina produce la sulfonación de las moléculas de lignina, generando ácidos lignosulfónicos más hidrofílicos y con nuevos grupos fenólicos (SACARPA 2005).

2.10. Propiedades de las algas marinas

Las algas son organismos fotosintetizadores que están organizados en forma muy simple. Su hábitat normal es en agua o en ambientes húmedos. Estas son consideradas como activadores biológicos y bioestimulantes orgánicos, lo más adecuado es la utilización de más de un alga para aumentar el contenido de nutrientes, y a la vez, su disponibilidad para una rápida asimilación durante el desarrollo de las plantas (López 2014).

Se ha reportado que, al aplicar extractos de algas marinas al follaje, las enzimas que contienen refuerzan en las plantas sus defensas, su nutrición y su fisiología, aportando más

resistencia a estrés, más nutrición y vigor. Las algas pardas son una fuente importante de nitrógeno por su alto contenido de proteínas a base de aminoácidos esenciales, nitrógeno orgánico de fácil asimilación y aporta también elementos importantes como: calcio, fósforo, potasio y magnesio. En este género de algas se ha reportado su contenido de materia orgánica en alto porcentaje, minerales, vitaminas, carbohidratos, lípidos y fitohormonas naturales (Salazar 2016).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el crecimiento y el rendimiento por hectárea de una plantación de café variedad Marsellesa de dos años de edad con el uso de fertilizantes foliares complejados.

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de fertilizantes foliares complejados orgánicamente y a base de sales y quelatos sobre el crecimiento, producción y calidad del cultivo de café.
- Comparar la composición nutricional de las plantas de café luego de la aplicación de los fertilizantes foliares.
- Comparar la relación costo-beneficio del programa de fertilización de foliares complejados con el programa de fertilización foliar tradicional y el Testigo.

4. METODOLOGÍA

4.1. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en los meses de marzo a diciembre del año 2019 en la finca de café "Valle de Oro", la cual se encuentra ubicada en la comunidad San José, cantón San José La Majada, municipio de Juayúa, departamento de Sonsonate, ubicada a una altura de 1,050 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 13.844 N y -89.719 W.



Figura 2. Delimitación del área de estudio e identificación de las plantas a muestrear.

Al inicio de la investigación se realizó un muestreo de suelos para conocer el contenido de elementos, para lo cual se tomaron 10 submuestras de suelo al azar en la banda de fertilización de las plantas de café, en diferentes puntos del terreno, luego se mezclaron y homogenizaron para formar una muestra de una libra, la cual se identificó para enviarla al laboratorio de FUSADES, ubicado en San Salvador.

Durante la investigación se realizaron tres muestreos foliares con el fin de conocer las deficiencias de elementos y poder elaborar un plan de fertilización foliar que se adecue a las necesidades del cultivo. El primer muestreo se realizó en la prefloración del cultivo, el segundo durante la formación del grano (aproximadamente 3 meses después de iniciada la investigación) y el tercero después de la cosecha.

Para obtener las muestras foliares a analizar, se tomaron al azar hojas en diferentes plantas dentro de la parcela, donde se cortó el tercer par de hojas (contando a partir de la yema terminal de la bandola hacia el tallo) de dos bandolas, de la altura media de 15 árboles de café por cada tratamiento, obteniendo una muestra de 60 hojas por tratamiento.



Figura 3. Toma de muestras de suelo y del follaje para enviarlas al laboratorio.

4.2.1. Toma de datos en campo

Las mediciones en campo se realizaron aproximadamente cada 35 días, la primera toma de datos fue en la etapa de floración (4 de mayo de 2019); la segunda, tercera y cuarta toma de datos se hizo durante el crecimiento y desarrollo del fruto (8 de junio, 11 de julio y 13 de agosto de 2019, respectivamente). Las últimas dos mediciones se hicieron en la etapa de maduración del fruto, en las fechas del 15 de septiembre y del 18 de octubre de 2019.

Las variables que se midieron en la investigación por cada tratamiento fueron:

- Altura de la planta. Se midió en centímetros con cinta métrica, desde el nivel del suelo hasta la parte apical de la planta.
- Largo de bandolas. Se seleccionaron bandolas de la parte media de la planta de café, se marcaron y a partir de esa marca se medía con cinta métrica.
- Número de hojas por bandola. Se contaron el número de hojas que posee la bandola seleccionada, a partir de la marca que se puso.
- Largo y ancho de las hojas: Se midió con cinta métrica el largo y ancho de las hojas que se encontraban en las bandolas seleccionadas.
- Número de brotes nuevos por bandola. En el último brote de las bandolas seleccionadas se amarró un hilo de lana de color y se contaron los nuevos brotes a partir de esa marca.
- Brotes nuevos en la yema apical. En la yema apical de las plantas seleccionadas se amarró un hilo de lana de color y a partir de allí se contaron los nuevos brotes.
- Número de frutos maduros por planta. Se contaron todos los frutos maduros de café por cada árbol seleccionado.

- Peso de los frutos maduros por planta. Se cortaron los frutos maduros de café en las plantas seleccionadas hasta lograr el peso de una libra.
- Homogeneidad de la maduración de los frutos de café. Antes de realizar la cosecha se contaba el número de frutos verdes para obtener un porcentaje.
- Calidad del grano de café. Los frutos de café cosechados por cada tratamiento fueron despulpados, fermentados, lavados y secados, para enviar una libra de café oro por cada tratamiento al laboratorio de Catación del Consejo Salvadoreño del Café para los respectivos análisis sensoriales.

Todos los datos obtenidos durante la investigación se anotaron en una libreta de campo, para la cual se creó un formato que facilita el apunte y manejo de los datos.

Cuadro para toma de datos de variables por unidad experimental						Unidad experimental
Producto						
N° Bloque						
N° Planta	1	2	3	4	5	6
Altura de la planta cm						
Grosor del tallo cm						
Largo de bandola cm						
hojas por bandola						
Nudos nuevos/ bandola						
Nudos nuevos en el ápice						
Largo de hoja cm						
Ancho de hoja cm						
Dosis						
Fecha aplicación						
N° aplicación						

Figura 4. Boleta utilizada para la toma de datos.



Figura 5. Realizando toma de datos.

4.2.2. Aplicación de fertilizante al suelo

El fertilizante granulado que se utilizó contiene nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc y boro, el cual se aplicó al suelo alrededor de cada planta de café, específicamente en la zona de gotera, ya que en ese lugar es donde se encuentran las raíces secundarias y terciarias, que son las encargadas de absorber los nutrientes.

Durante la investigación se realizaron dos aplicaciones de fertilizantes al suelo (la primera en la etapa de prefloración que fue el 22 de marzo de 2019 y la segunda en la etapa de llenado de fruto el 24 de julio de 2019), en dosis de 6 onzas por planta en cada aplicación (cuadro 2).

Cuadros 2. Fertilización aplicada al suelo para los tres tratamientos.

1ª aplicación en etapa de prefloración. (22 de marzo de 2019)	2ª aplicación en etapa de llenado de fruto (24 de julio de 2019)
Nitrógeno (N) 15.00%	Nitrógeno (N) 15.00%
Fósforo (P_2O_5) 3.00%	Fósforo (P_2O_5) 3.00%
Potasio (K_2O) 15.00%	Potasio (K_2O) 15.00%
Calcio (CaO) 5.30%	Calcio (CaO) 5.30%
Magnesio (MgO) 4.00%	Magnesio (MgO) 4.00%
Zinc (Zn) 0.50%	Zinc (Zn) 0.50%
Boro (B) 0.06%	Boro (B) 0.06%

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.2.3. Aplicación de fertilizantes foliares

Se realizaron 4 aplicaciones de fertilizantes foliares a lo largo de la investigación. El programa de fertilización foliar que se aplicó en cada tratamiento se estableció en base a los

resultados de los análisis foliares y a los requerimientos nutricionales del cultivo en cada una de sus etapas fenológicas: floración, crecimiento y desarrollo (cuajado y llenado) del fruto, y maduración del fruto:

1. En la etapa de floración (14 de abril de 2019) se realizó la 1ª aplicación de fertilizantes foliares a base de boro, zinc y calcio para el tratamiento 1 (fertilizante foliar a base de complejos orgánicos) y el tratamiento 2 (fertilizante foliar a base de quelatos), con la diferencia de que en el tratamiento 2 también se aplicó una fórmula a base de nitrógeno, fósforo y potasio (cuadro 3 y 4).
2. En la etapa del cuajado del fruto (23 de mayo de 2019) se realizó 2ª aplicación de fertilizante foliar a base de nitrógeno, fósforo, potasio, boro, zinc y calcio para el tratamiento 1 y 2 (cuadro 3 y 4).
3. En la etapa de crecimiento del fruto (18 de agosto de 2019) se realizó 3ª aplicación de fertilizante foliar a base de nitrógeno, aminoácidos libres, materia orgánica, zinc, insecticida y fungicida para el tratamiento 1 y 2, con la diferencia de que al tratamiento 2 también se le agregó fósforo y boro (cuadro 3 y 4).
4. En la etapa de maduración del grano (11 de octubre de 2019) se realizó la 4ª aplicación de fertilizante foliar, para el tratamiento 1 a base de nitrógeno, aminoácidos libres, materia orgánica, magnesio, potasio, insecticida y adyuvante; y para el tratamiento 2 se aplicó nitrógeno, fósforo, potasio, zinc, boro y calcio (cuadro 3 y 4).

Para la aplicación de los fertilizantes foliares se usó un barril de 200 litros de capacidad, pero solo se utilizaron 100 litros de agua para la mezcla de los productos de cada tratamiento en 1,250 plantas de café. Para aplicar los productos al follaje se utilizó un equipo de aspersion motorizado (motobomba) de espalda, de 25 litros de capacidad marca Maruyama.

Los fertilizantes foliares se aplicaron al cultivo, a un lado de cada surco, rociando el fertilizante desde la parte baja de las plantas hacia la parte alta, de modo que los productos cayeran en el envés de las hojas.

Melgar (2005) dice que las plantas pueden alimentarse a través de las hojas mediante la aplicación de sales nutritivas disueltas en agua. Los nutrientes penetran en las hojas de las plantas a través de aperturas denominadas estomas. Estas estructuras se encuentran tanto en la superficie foliar superior (haz), como inferior (envés), y juegan un papel importante en la absorción de nutrientes vía foliar (figura 6).



Figura 6. Aplicación de fertilizante foliares.

Cuadros 3. Fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos aplicados.

Producto	Dosis
1ª aplicación: 14 de abril de 2019	
Foliar B (13.5% p/v)	500 ml
Foliar Zn (9.6% p/v)	500 ml
Foliar CaO (20.16% p/v)	500 ml
Adyubante Polimetilsiloxano copolimero (101.92% p/v)	100 ml
2ª aplicación: 23 de mayo de 2019	
Foliar Zn (9.6% p/v)	250 ml
Foliar N (12%), P ₂ O ₅ (5%), K ₂ O (36% p/v)	500 ml
Foliar CaO (20.16% p/v), B (13.5% p/v)	500 ml
Adyuvante Polimetilsiloxano copolimero (101.92% p/v)	50 ml
3ª aplicación: 18 de agosto de 2019	
Foliar Zn (9.6% p/v)	191 ml
Foliar K ₂ O (39%)	190 ml
Foliar N (7% p/v), aminoácidos libres (44% p/v), materia orgánica total (36% p/v)	125 ml
Insecticida Opus	250 ml
Insecticida piretroide Lambda chyallothrina	125 ml
Adyuvante Polimetilsiloxano copolimero (101.92% p/v)	50 ml
4ª aplicación: 11 de octubre de 2019	
Foliar N (7% p/v), aminoácidos libres (44% p/v), materia orgánica total (36% p/v)	125 ml
Foliar MgO (10.8% p/v)	192 ml
Foliar K ₂ O (39% p/v)	190 ml
Insecticida piretroide Lambda chyallothrina	125 ml
Adyuvante Polimetilsiloxano copolimero (101.92% p/v)	50 ml

Fuente: Elaboración propia (2019).

Cuadros 4. Fertilizantes foliares a base de quelatos aplicados en la investigación.

Producto	Dosis
1ª aplicación: 14 de abril de 2019	
Foliar N (12%), P ₂ O ₅ (36%) y K ₂ O (12%)	½ lbs
Foliar CaO (20% p/v)	500 ml
Foliar Zn (10% p/v), B (12.5% p/v)	500 ml
2ª aplicación: 23 de mayo de 2019	
Foliar N (8%), P ₂ O ₅ (7%), K ₂ O (40%)	1.5 lb
Foliar Ca (8.6%), B (6%)	500 ml
Foliar Zn (10% p/v)	500 ml
Foliar B (12% p/v)	500 ml
3ª aplicación: 18 de agosto de 2019	
Foliar N (20%), P ₂ O ₅ (20%), (K ₂ O (20%)	½ lb
Foliar N (7% p/v), aminoácidos libres (44% p/v), materia orgánica total (36% p/v)	250 ml
Foliar Zn (8% p/v), B (12% p/v)	190 ml
Insecticida piretroide Lambda chyallothrina	125 ml
4ª aplicación: 11 de octubre de 2019	
Foliar N (20%), P ₂ O ₅ (20%), K ₂ O (20%)	½ lb
Foliar Ca (8.6%), B (6%)	250 ml
Foliar Zn (7% p/v), B (9% p/v)	190 ml

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.3. Metodología de laboratorio

Todas las muestras foliares, debidamente identificadas, se enviaron al laboratorio de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), para analizar los elementos: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, manganeso, zinc, boro y azufre, donde se determinó cada elemento en el tejido vegetal por medio de los métodos de Absorción Atómica por Horno de Grafito, Absorción Atómica por Llama, Kjeldhal, y Colorimétrico.



Figura 7. Toma de muestras del follaje para enviarlas al laboratorio.

Las muestras de suelo se enviaron al laboratorio de FUSADES para analizar los elementos: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, pH, textura, capacidad de intercambio catiónico, sodio, azufre, boro, zinc, cobre, hierro, manganeso, materia orgánica y aluminio.

Los frutos de café cosechados por cada tratamiento, se llevaron al beneficio de la Sociedad Cooperativa Cuzcachapa, ubicada en la carretera que conduce al cantón El Coco, municipio de Chalchuapa, departamento de Santa Ana, en donde los frutos maduros y verdes se pesaron por separado, luego se despulparon, fermentaron, lavaron y secaron (figura 8).



Figura 8. Cosecha y preparación de muestras para mandarlas a catación.

Del total de granos de café secos, se tomó una muestra de una libra por cada tratamiento (3 muestras) y se les hizo las pruebas sensoriales de sabor, aroma, cuerpo y acidez, en el laboratorio de Catación del Consejo Salvadoreño del Café, ubicado en Santa Tecla, departamento de La Libertad, con el fin de conocer la calidad producida y los efectos de cada tratamiento utilizado en la investigación.

4.4. Metodología estadística

El diseño estadístico que se utilizó es Bloques Completamente al Azar Generalizado, para lo cual se delimitaron 5 bloques de 160 metros de largo por 10 m de ancho; cada bloque se dividió en 6 unidades experimentales de 25 m de largo por 10 m de ancho (2 repeticiones por tratamiento), con una separación de 2 m entre tratamiento. En total se tenían 30 unidades experimentales (10 por cada tratamiento), cada unidad experimental tenía 125 plantas.

4.4.1. Modelo estadístico

El diseño experimental de Bloques Completos al Azar Generalizado es de gran utilidad cuando no es posible asegurar suficiente homogeneidad en las unidades experimentales. El bloqueo o bloqueamiento es un factor controlado que permite la partición de la variabilidad existente en el campo experimental, después de la asignación de los tratamientos. La estructura típica de una tabla o matriz de datos es la siguiente:

Tratamientos	Bloques					Y_i
	1	2	3	...	B	
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	...	Y_{1b}	$Y_{1.}$
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	...	Y_{2b}	$Y_{2.}$
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	...	Y_{3b}	$Y_{3.}$
.
.
T	Y_{t1}	Y_{t2}	Y_{t3}	...	Y_{tb}	$Y_{t.}$
$Y_{.j}$	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$	$Y_{.3}$...	$Y_{.b}$	$Y_{..}$

El modelo que define a un Diseño en Bloques Completos al Azar Generalizado es el siguiente:

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

4.4.2. Tratamientos evaluados

Se evaluaron 3 tratamientos:

- Tratamiento 1 (T1): fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos que contienen boro, zinc, calcio, potasio, manganeso, nitrógeno, combinación de calcio y boro, fórmula 12-5-36.
- Tratamiento 2 (T2): fertilizantes foliares a base de quelatos que contienen zinc, boro y calcio, fórmula 12-36-12, fórmula 8-7-40, fórmula 20-20-20.
- Tratamiento 3 (T3) o Testigo: no se aplicó ningún producto.

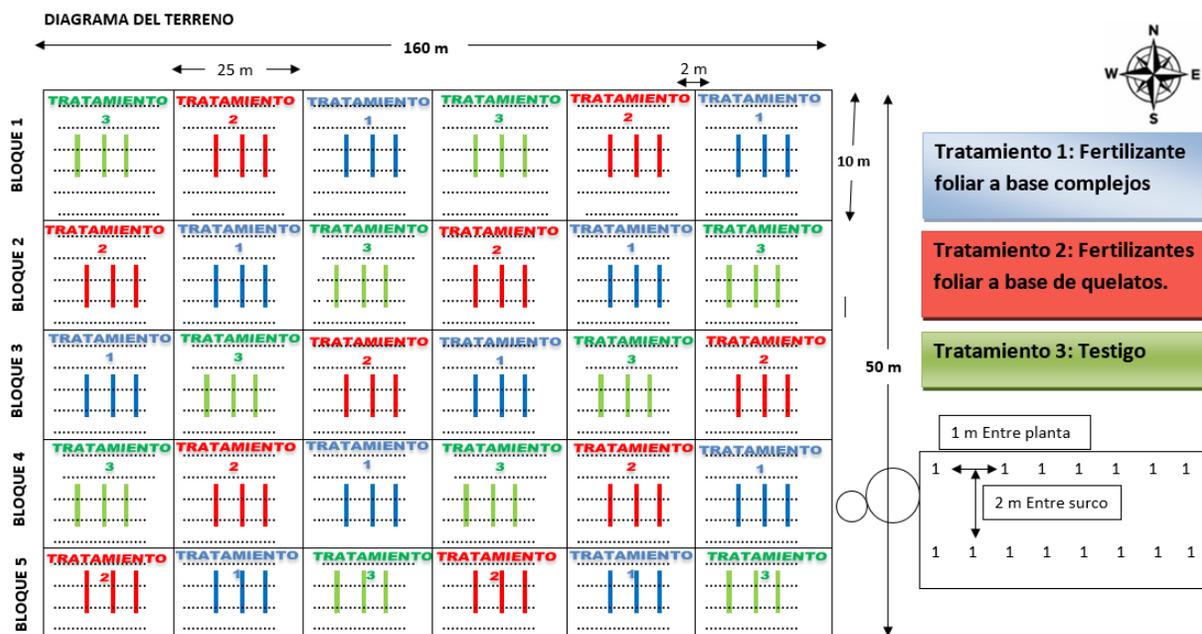


Figura 9. Tratamientos utilizados en la investigación.

Para analizar los datos se usó el programa InfoStat, con una probabilidad de 0.05, análisis de varianza para detectar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y bloques del diseño. Además, en el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva de gráficas y tablas de resultados.

Para evaluar los resultados obtenidos se utilizó la prueba de Tukey, para comparar las medias y determinar si las diferencias entre esos parámetros son estadísticamente significativas o si sólo son diferencias aleatorias, se utilizó un nivel de confianza del 95% (Balzarini *et al* 2008).

4.5. Metodología económica

Para el análisis económico, se realizó un presupuesto de costos de producción para las aplicaciones de fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos y de quelatos, además del testigo, obteniendo los costos unitarios de cada producto y los costos por manzana de cada tratamiento.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Altura de las plantas de café

Al realizar el análisis de varianza se demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Cuadros 5. Análisis de varianza de la variable altura de planta.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	711,52	14	50,82	2,97	0,0225
Tratamiento	104,26	2	52,13	3,04	0,0778
Bloque	539,13	4	134,78	7,86	0,0013
Tratamiento*Bloque	68,12	8	8,52	0,5	0,8401
Error	257,09	15	17,14		
Total	968,61	29			

Al realizar la prueba de Tukey no se observan diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de los fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 6. Prueba de Tukey para la variable altura de la planta de café.

Tratamiento	Medias	Muestra	Agrupación
1	22.76	10	A
3	20.72	10	A
2	18.20	10	A

Al realizar la prueba de Tukey para bloques, se observaron diferencias significativas, lo que indica que los bloques 2 (con pendiente 7%), 1 (con pendiente 9%) y 4 (con pendiente 11%) incidieron de manera distinta a los bloques 3 (con pendiente 11%) y 5 (con pendiente 14%) en el crecimiento en altura de las plantas (cuadro 7).

Esto se debe a que a mayor pendiente del terreno, éste sufrirá una mayor lixiviación o lavado de minerales, por lo que las plantas absorberán menos nutrientes del suelo, del cual

obtienen el 80% de los alimentos que las nutren; por lo tanto, las plantas que se encuentran en pendientes más elevadas tendrán un menor tamaño. Para este caso, la pendiente del 10.4% afecta de manera más significativa la nutrición de las plantas.

Cuadros 7. Prueba de Tukey para bloques en altura de la planta de café.

Bloque	Medias	N		
2	25,53	6	A	
1	23,42	6	A	
4	20,74	6	A	
3	20,08	6	A	B
5	13,03	6		B

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos presentan mejores resultados respecto al crecimiento vegetativo en altura de las plantas de café de la variedad Marsellesa con 22.76 cm, seguido del testigo con 20.72 cm y en último lugar el fertilizante foliar a base de quelatos con 18.20 cm.

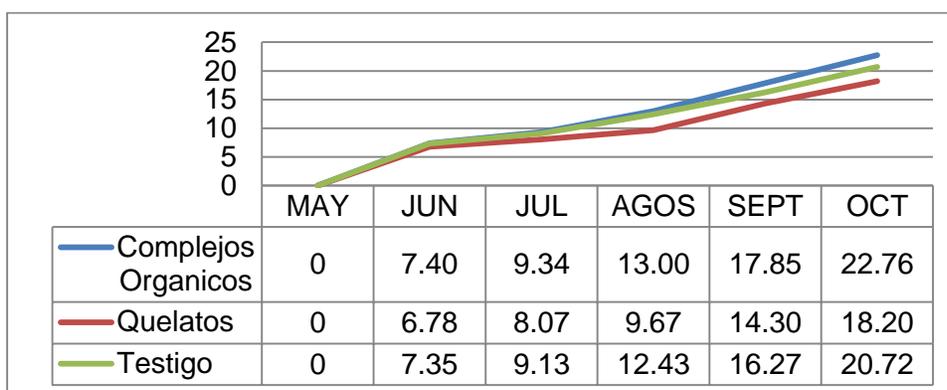


Figura 10. Crecimiento en altura de las plantas de café (cm).

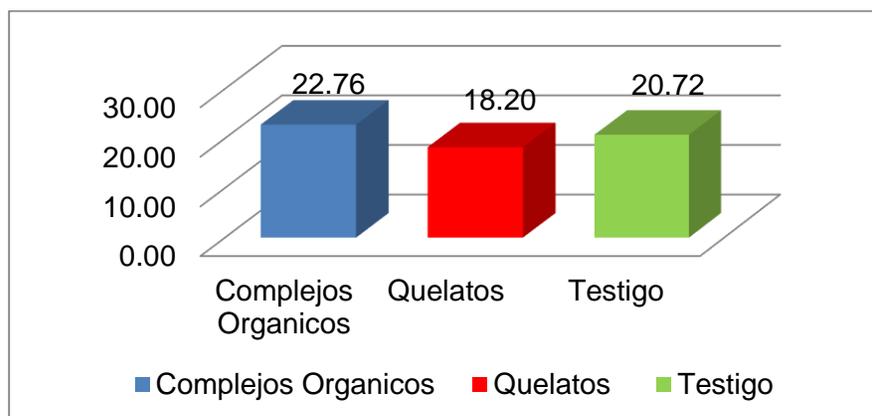


Figura 11. Crecimiento en altura de las plantas de café (cm).

Según Aldana (2000), la nutrición foliar ha probado ser la forma más rápida para curar las deficiencias de nutrientes y acelerar el crecimiento de las plantas en determinadas etapas fisiológicas.

5.2. Crecimiento vegetativo de las bandolas inferiores

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 8. Análisis de varianza del crecimiento de bandolas inferiores.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	100,52	14	7,18	1,03	0,474
Tratamiento	15,32	2	7,66	1,1	0,358
Bloque	54,55	4	13,64	1,96	0,1526
Tratamiento*Bloque	30,65	8	3,83	0,55	0,8011
Error	104,34	15	6,96		
Total	204,86	29			

Al realizar la prueba de Tukey al crecimiento de bandolas ubicadas en la parte inferior de las plantas de café, no se observaron diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 9. Prueba de Tukey del crecimiento de bandolas inferiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	11.42	10	A
3	11.53	10	A
2	9.96	10	A

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares complejados orgánicos presentan mejores resultados en cuanto al crecimiento vegetativo de las bandolas ubicadas en la parte inferior de las plantas de café con 11.60 cm, seguido del testigo con 11.53 cm y en último lugar el fertilizante foliar a base de quelatos con 9.96 cm.

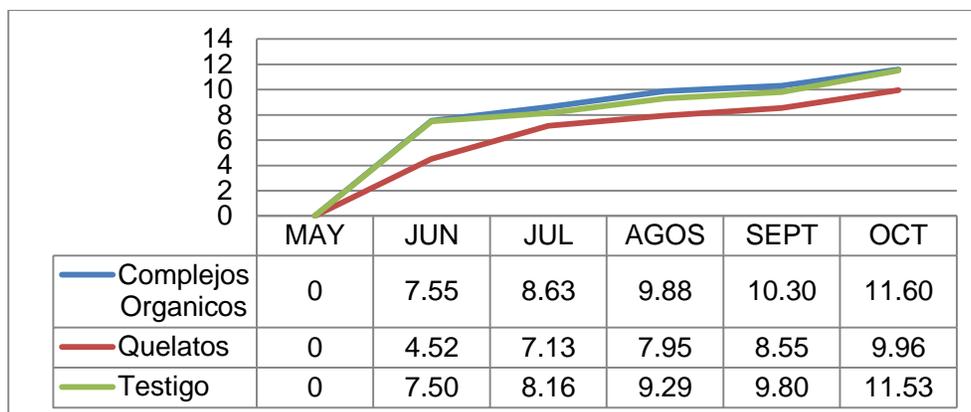


Figura 12. Crecimiento de las bandolas inferiores (cm).

5.3. Crecimiento vegetativo de las bandolas superiores

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 10. Análisis de varianza del crecimiento de bandolas superiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	268,75	14	19,2	2,35	0,0561
Tratamiento	35,35	2	17,67	2,16	0,1495
Bloque	182,23	4	45,56	5,57	0,0059
Tratamiento*Bloque	51,18	8	6,4	0,78	0,6247
Error	122,58	15	8,17		
Total	391,33	29			

Al realizar la prueba de Tukey a la variable crecimiento de las bandolas ubicadas en la parte superior de las plantas de café, no se observaron diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 11. Prueba de Tukey del crecimiento de bandolas superiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	24,94	10	A
3	23,99	10	A
2	22,32	10	A

Los bloques presentan diferencias significativas en el crecimiento de las bandolas superiores de los cafetos, debido a que las plantas de café ubicadas en terrenos con mayor pendiente absorberán menos nutrientes del suelo y por lo tanto tendrán un menor tamaño.

Cuadros 12. Prueba de Tukey para bloques en el crecimiento de bandolas superiores.

Bloque	Medias	N	Agrupaciones
2	26,11	6	A
1	24,69	6	A
3	24,56	6	A
4	24,42	6	A
5	18,97	6	B

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares complejados orgánicos presentan mejores resultados en cuanto al crecimiento vegetativo de las bandolas ubicadas en la parte superior de las plantas de café con 24.94 cm, seguido del testigo con 23.92 cm y en último lugar el fertilizante foliar a base de quelatos con 22.32 cm.

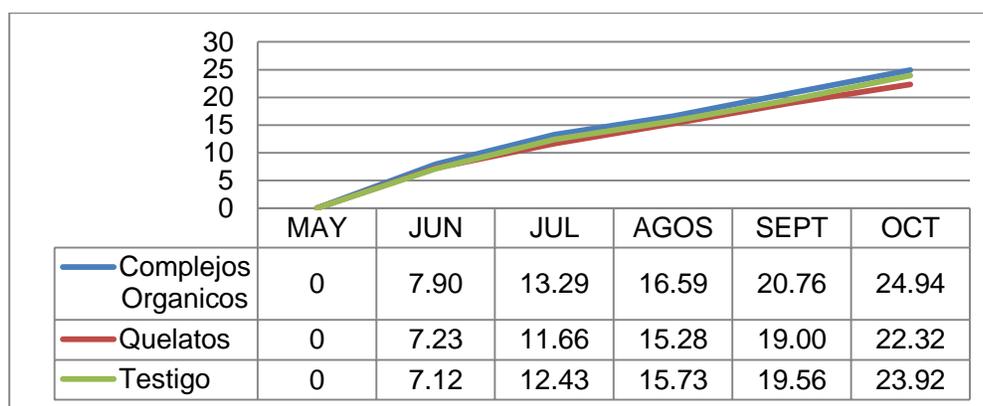


Figura 13. Crecimiento de las bandolas superiores (cm).

Según la ACCS (2002), la aplicación de fertilizantes foliares aumenta el crecimiento de la planta y de bandolas.

5.4. Número de hojas nuevas en las bandolas inferiores

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 13. Análisis de varianza del número de hojas nuevas en bandolas inferiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	166,81	14	11,91	2,34	0,0571
Tratamiento	3,82	2	1,91	0,38	0,6934
Bloque	79,57	4	19,89	3,9	0,0229
Tratamiento*Bloque	83,41	8	10,43	2,05	0,1104
Error	76,42	15	5,09		
Total	243,23	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se observaron diferencias entre las medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de los fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 14. Prueba de Tukey del número de hojas nuevas en bandolas inferiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	5,55	10	A
3	4,85	10	A
2	4,75	10	A

Los bloques presentaron diferencias significativas en la variable número de hojas nuevas en las bandolas inferiores, debido a que a mayor pendiente del terreno, menor cantidad de nutrientes absorben las plantas del suelo, por lo que se ve afectado el crecimiento y desarrollo de tejidos nuevos.

Cuadros 15. Prueba de Tukey para bloques en número de hojas nuevas en bandolas inferiores.

Bloque	Medias	N	Agrupaciones
2	7,92	6	A
1	5,69	6	A B
4	4,26	6	A B
3	4,08	6	A B
5	3,29	6	B

Según los resultados obtenidos en esta investigación, con los fertilizantes foliares complejados orgánicos se obtuvieron 5.55 hojas nuevas en las bandolas ubicadas en la parte inferior de la planta de café, seguido del testigo con 4.85 hojas y en último lugar el fertilizante foliar a base de quelatos con 4.75 hojas.

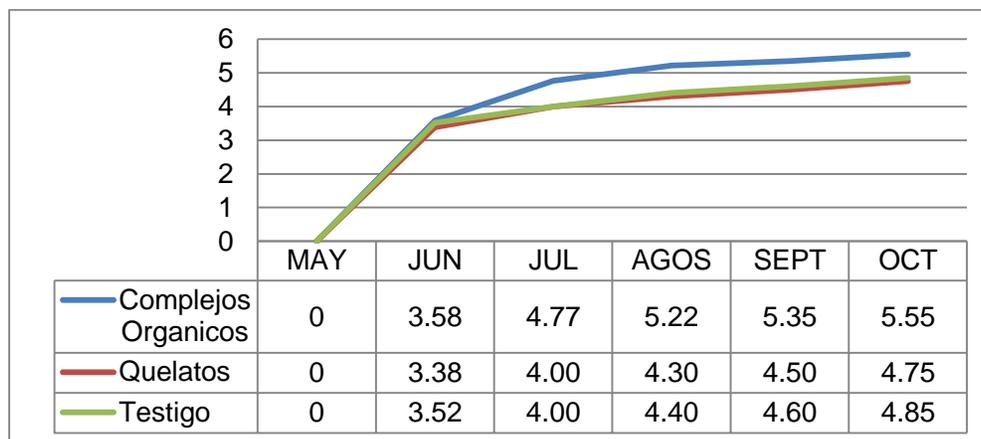


Figura 14. Número de hojas nuevas en las bandolas inferiores.

5.5. Número de hojas nuevas en las bandolas superiores

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 16. Análisis de varianza del número de hojas nuevas en bandolas superiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadro Medio	F calculada	F tabla
Modelo	36,17	14	2,58	1,08	0,4427
Tratamiento	2,92	2	1,46	0,61	0,557
Bloque	10,5	4	2,63	1,09	0,3949
Tratamiento*Bloque	22,75	8	2,84	1,18	0,3694
Error	36	15	2,4		
Total	72,18	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se observaron diferencias entre las medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de los fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo. En esta variable los bloques no presentan diferencias significativas.

Cuadros 17. Prueba de Tukey del número de hojas nuevas en bandolas superiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	8,79	10	A
3	8,17	10	A
2	8,10	10	A

Según los resultados obtenidos, con los fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos se obtuvieron 8.79 hojas nuevas en las bandolas superiores de las plantas de café, seguido del testigo con 8.17 hojas y por último el fertilizante foliar a base de quelatos con 8.10 hojas.

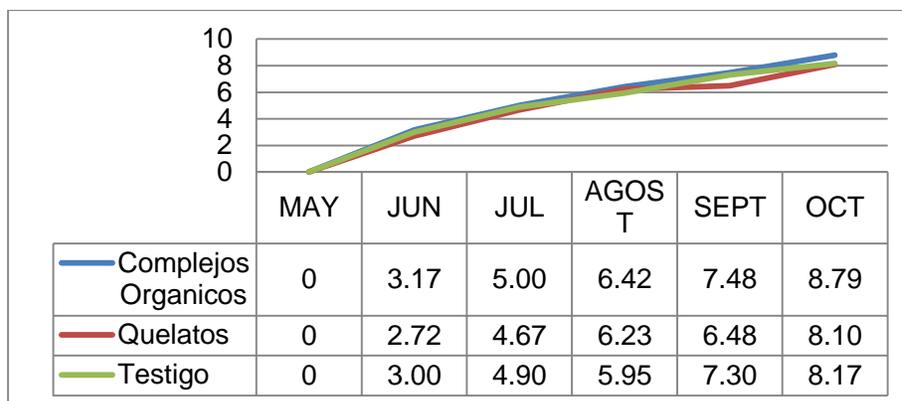


Figura 15. Número de hojas nuevas en las bandolas superiores.

Según Vicente (2016), la planta de café absorbe y aprovecha los micronutrientes en el proceso fisiológico de crecimiento de las hojas, asimilando gran parte en el momento de la absorción de los fertilizantes foliares.

Según Nájera (2015), las plantas pueden fertilizarse a través de las hojas mediante aplicaciones de sales solubles en agua, de ésta manera los nutrientes penetran en las hojas a través de las estomas que se encuentran en el haz o envés de la hoja y por los espacios submicroscópicos denominados ectodermos, y al dilatarse la cutícula de las hojas se producen espacios vacíos que permiten la penetración de los nutrientes.

5.6. Número de nudos nuevos en las bandolas inferiores

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 18. Análisis de varianza para nudos nuevos en bandolas inferiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	8,99	14	0,64	0,9	0,5756
Tratamiento	1,17	2	0,58	0,82	0,4603
Bloque	3,13	4	0,78	1,1	0,3936
Tratamiento*Bloque	4,69	8	0,59	0,82	0,5958
Error	10,7	15	0,71		
Total	19,69	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se observan diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 19. Prueba de Tukey para nudos nuevos en bandolas inferiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	5,05	10	A
2	4,68	10	A
3	4,6	10	A

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos presentan mejores resultados en cuanto al número de nudos nuevos en las bandolas inferiores de las plantas de café con 5.06 nudos, seguido del fertilizante foliar a base de quelatos con 4.68 nudos y en último lugar el testigo con 4.60 nudos.

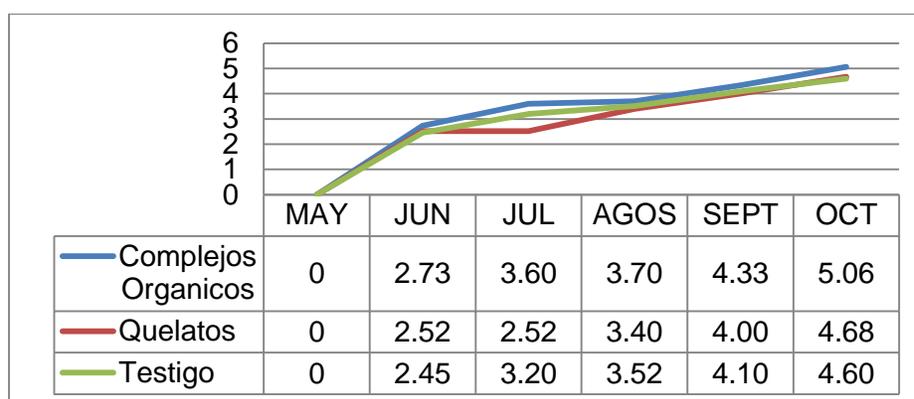


Figura 16. Número de nudos nuevos en las bandolas inferiores.

5.7. Número de nudos nuevos en las bandolas superiores

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 20. Análisis de varianza para número de nudos nuevos en bandolas superiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	9,59	14	0,68	1,98	0,1002
Tratamiento	0,98	2	0,49	1,43	0,2709
Bloque	5,86	4	1,46	4,24	0,0171
Tratamiento*Bloque	2,75	8	0,34	1	0,4775
Error	5,18	15	0,35		
Total	14,77	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se encontraron diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 21. Prueba de Tukey para número de nudos nuevos en bandolas superiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	7,79	10	A
2	7,42	10	A
3	7,40	10	A

Los bloques presentaron diferencias significativas con respecto al número de nudos nuevos en las bandolas superiores. Esto se debe a que a mayor pendiente del terreno, menor cantidad de nutrientes absorben las plantas del suelo, por lo que se ve afectado el crecimiento y desarrollo de los tejidos nuevos.

Cuadros 22. Prueba de Tukey para bloques en número de nudos nuevos en bandolas superiores.

Bloque	Medias	N	Agrupaciones
2	8,04	6	A
1	7,89	6	A B
3	7,71	6	A B
4	7,15	6	A B
5	6,89	6	B

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos presentan mejores resultados en el número de nudos nuevos en las bandolas superiores de las plantas de café con 7.79 nudos, seguido del fertilizante foliar a base de quelatos con 7,42 nudos y en último lugar el testigo con 7.40 nudos.

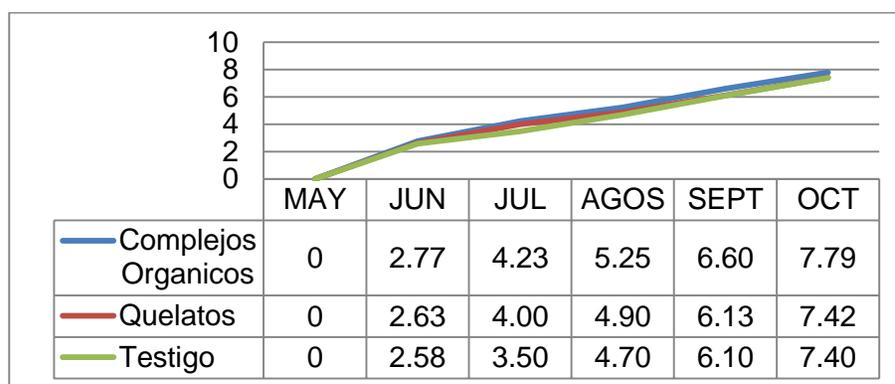


Figura 17. Número de nudos nuevos en las bandolas superiores.

Según Boss (1991), la aplicación de fertilizantes foliares aumenta el número de nudos formados en las bandolas, los cuales son importantes porque de este se originan tejidos nuevos y productivos.

5.8. Número de nudos nuevos en el ápice de las plantas de café

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 23. Análisis de varianza del número de nudos nuevos en el ápice de plantas.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadro Medio	F calculada	F tabla
Modelo	13,8	14	0,99	1,15	0,3972
Tratamiento	3,25	2	1,62	1,89	0,1857
Bloque	8,49	4	2,12	2,47	0,0896
Tratamiento*Bloque	2,06	8	0,26	0,30	0,955
Error	12,91	15	0,86		
Total	26,7	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se observaron diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo

Cuadros 24. Prueba de Tukey del número de nudos nuevos en el ápice de plantas.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	6,47	10	A
2	5,87	10	A
3	5,70	10	A

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares complejados orgánicos presentan mejores resultados en cuanto al número de nudos nuevos en el ápice de las plantas de café con 6.47 nudos, seguido del fertilizante foliar a base de quelatos con 5.87 nudos y en último lugar el testigo con 5.70 nudos.

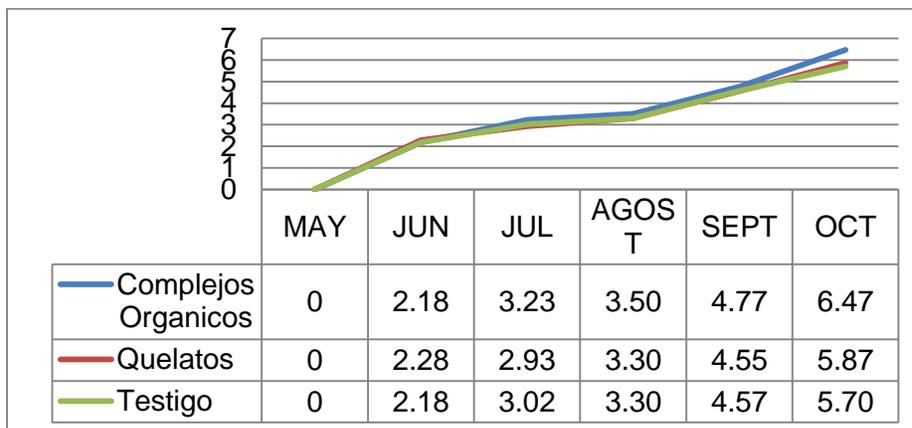


Figura 18. Número de nudos nuevos en el ápice de las plantas.

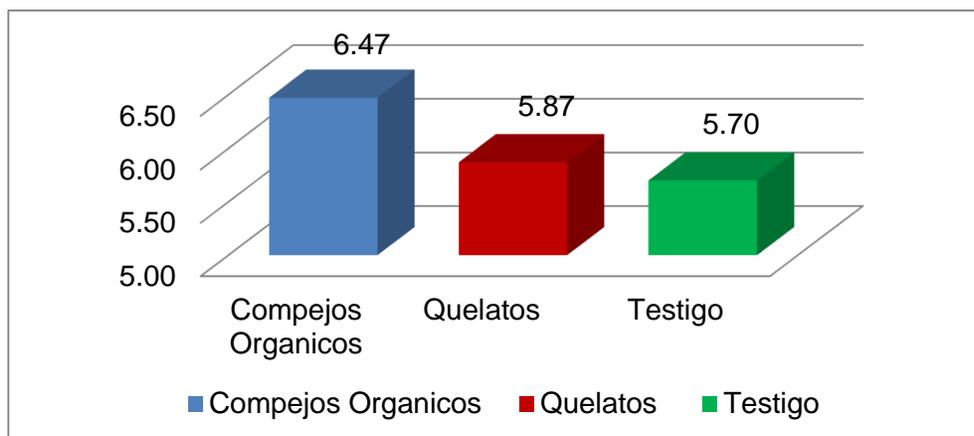


Figura 19. Número de nudos nuevos en el ápice de las plantas.

Según Boss (1991), la aplicación de fertilizantes foliares contribuye al crecimiento de las plantas de café y al aumento en el número de nudos en el ápice de dichas plantas.

5.9. Largo de las hojas ubicadas en las bandolas inferiores

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 25. Análisis de varianza del largo de las hojas en bandolas inferiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrado	Grados libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	64,18	14	4,58	0,36	0,9695
Tratamiento	20,67	2	10,34	0,80	0,4661
Bloque	3,46	4	0,86	0,07	0,9908
Tratamiento*Bloque	40,05	8	5,01	0,39	0,9098
Error	192,97	15	12,86		
Total	257,15	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se observan diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 26. Prueba de Tukey del largo de hojas en bandolas inferiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	9,31	10	A
3	8,01	10	A
2	7,31	10	A

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares complejados orgánicos presentan mejores resultados en cuanto al largo de las hojas ubicadas en las bandolas inferiores de las plantas de café con 9.31 cm, seguido del fertilizante foliar a base de quelatos con 8.01 cm y en último lugar el testigo con 7.31 cm.

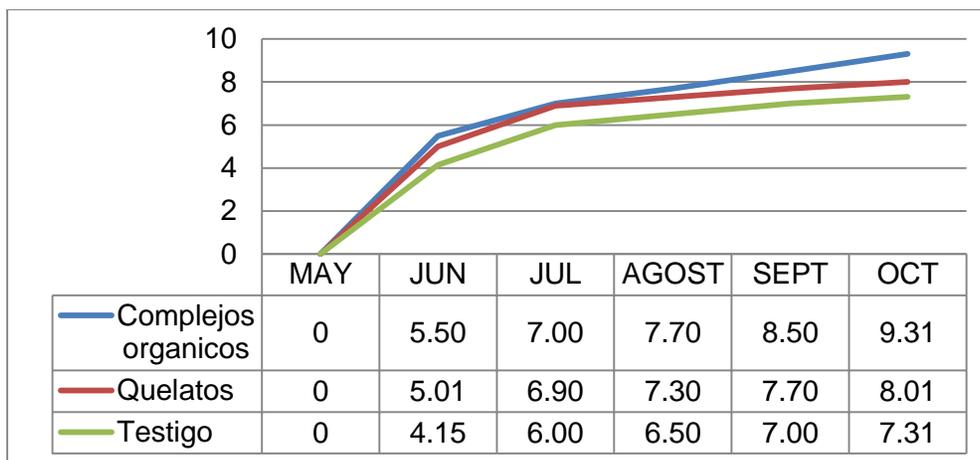


Figura 20. Largo de hojas de las bandolas inferiores.

5.10. Largo de las hojas ubicadas en las bandolas superiores

El análisis de varianza no encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; sin embargo, se confirman diferencias estadísticas altamente significativas entre bloques (0.0021), lo que implica que al menos un bloque se comportó de manera distinta a los demás.

Cuadros 27. Análisis de varianza del largo de hojas en bandolas superiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	82,81	14	5,92	2,84	0,027
Tratamiento	1,08	2	0,54	0,26	0,7751
Bloque	58,89	4	14,72	7,06	0,0021
Tratamiento*Bloque	22,85	8	2,86	1,37	0,2851
Error	31,27	15	2,08		
Total	114,08	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se observan diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de los fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 28. Prueba de Tukey del largo de hoja en bandolas superiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	7,61	10	A
3	7,49	10	A
2	7,16	10	A

Al realizar la prueba de Tukey para bloques, se observan diferencias significativas, lo que indica que los bloques 1 (con pendiente 9%), 3 (con pendiente 11%) y 2 (con pendiente 7%) incidieron de manera distinta a los bloques 4 (con pendiente 11%) y 5 (con pendiente 14%) en el aumento del largo de las hojas ubicadas en las bandolas superiores de las plantas de café.

Esto se debe a que, a mayor pendiente del terreno, este sufrirá una mayor lixiviación o lavado de minerales, por lo que las plantas absorberán menos nutrientes del suelo, del cual obtienen el 80% de los alimentos que las nutren; por lo tanto, las plantas que se encuentran en pendientes más elevadas tendrán un menor tamaño en el largo y ancho de sus hojas. Para este caso, la pendiente del 10.4% afecta de manera más significativa a la nutrición de las plantas.

Cuadros 29. Prueba de Tukey para bloques en el largo de hojas de bandolas superiores.

Bloques	Medias	N	Agrupaciones
1	8,74	6	A
3	8,32	6	A
2	8.10	6	A
4	7,10	6	A
5	4,83	6	B

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares complejados orgánicos presentan mejores resultados en cuanto al largo de las hojas ubicadas en las bandolas superiores de las plantas de café con 7.61 cm, seguido del testigo con 7.49 cm y en último lugar el fertilizante foliar a base de quelatos con 7.16 cm.

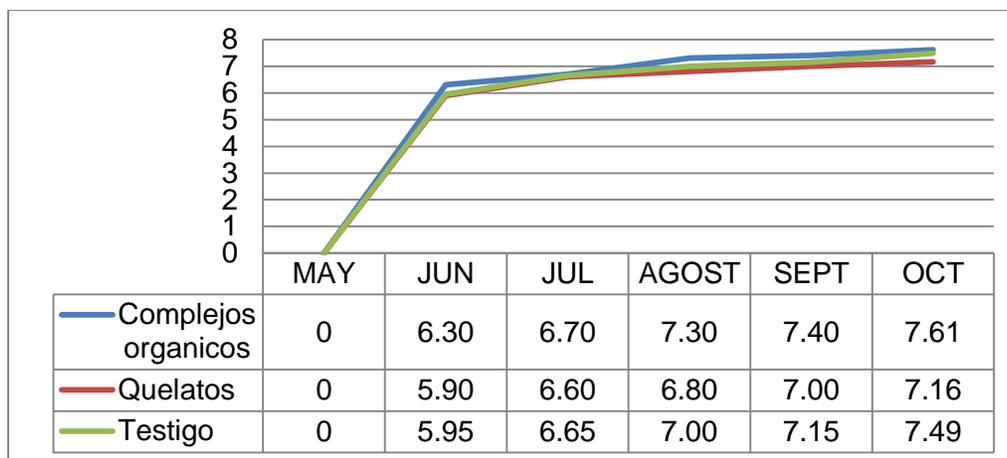


Figura 21. Largo de las hojas de las bandolas superiores.

Según Pérez (2007), la fertilización foliar contribuye al crecimiento de las hojas, ya que éstas son la principal fábrica de fotosintatos.

5.11. Ancho de las hojas ubicadas en las bandolas inferiores

El análisis de varianza del ancho de las hojas ubicadas en la parte inferior de las plantas demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 30. Análisis de varianza del ancho de hoja de bandolas inferiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	5,2	14	0,37	0,30	0,9845
Tratamiento	1,86	2	0,93	0,75	0,4871
Bloque	0,44	4	0,11	0,09	0,9842
Tratamiento*Bloque	2,90	8	0,36	0,30	0,9566
Error	18,43	15	1,23		
Total	23,63	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se observan diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de los fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 31. Prueba de Tukey del ancho de hojas de las bandolas inferiores.

Tratamiento	Medias	Muestras	Agrupaciones
1	3,45	10	A
3	3,00	10	A
2	2,86	10	A

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares complejados orgánicos presentan mejores resultados en cuanto al ancho de las hojas ubicadas en las bandolas inferiores de las plantas de café con 3.45 cm, seguido del testigo con 3 cm y en último lugar el fertilizante foliar a base de quelatos con 2.86 cm.

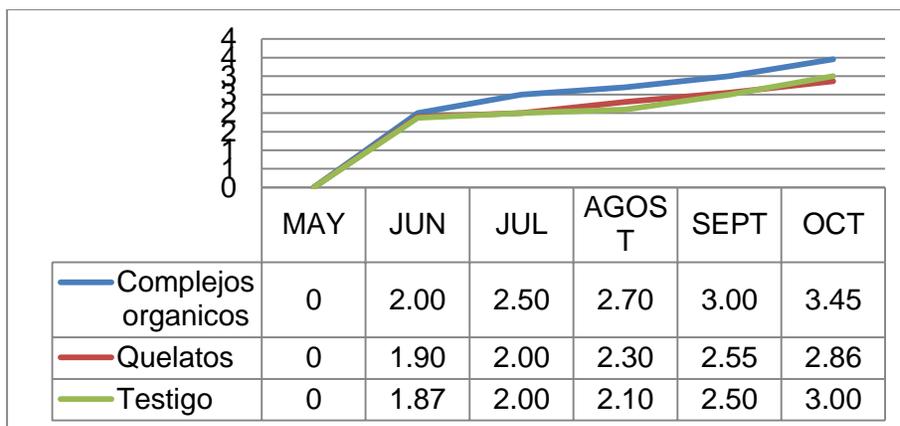


Figura 22. Ancho de las hojas ubicadas en las bandolas inferiores.

5.12. Ancho de las hojas ubicadas en las bandolas superiores

El análisis de varianza demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 32. Análisis de varianza del ancho de hojas de bandolas superiores.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	10,96	14	0,78	2,34	0,0573
Tratamiento	1,23	2	0,62	1,84	0,1928
Bloque	4,20	4	1,05	3,13	0,0464
Tratamiento*Bloque	5,53	8	0,69	2,06	0,1082
Error	5,03	15	0,34		
Total	15,99	29			

Al realizar la prueba de Tukey, no se observan diferencias entre medias cuando se analizaron con el 5% de significancia, lo que indica que todos los tratamientos tuvieron similares respuestas a la aplicación de los fertilizantes foliares durante el ciclo del cultivo.

Cuadros 33. Prueba de Tukey para los tratamientos.

Tratamiento	Medias	Muestra	Agrupaciones
1	3,39	10	A
3	3,07	10	A
2	2,90	10	A

Los bloques presentan diferencias estadísticas significativas en esta variable, debido a que las plantas de café no aprovechan cierta cantidad de nutrientes que son lixiviados a causa de las altas pendientes del terreno.

Cuadros 34. Prueba de Tukey del ancho de hojas en bandolas superiores.

Bloque	Medias	N	Agrupaciones
1	3,47	6	A
2	3,45	6	A
3	3,35	6	A
4	2,69	6	A
5	2,64	6	A

Una aproximación a la variable demuestra que los fertilizantes foliares complejados orgánicos presentan mejores resultados en cuanto al ancho de las hojas ubicadas en las bandolas superiores de las plantas de café con 3.39 cm, seguido del testigo con 3.07 cm y en último lugar el fertilizante foliar a base de quelatos con 2.90 cm.

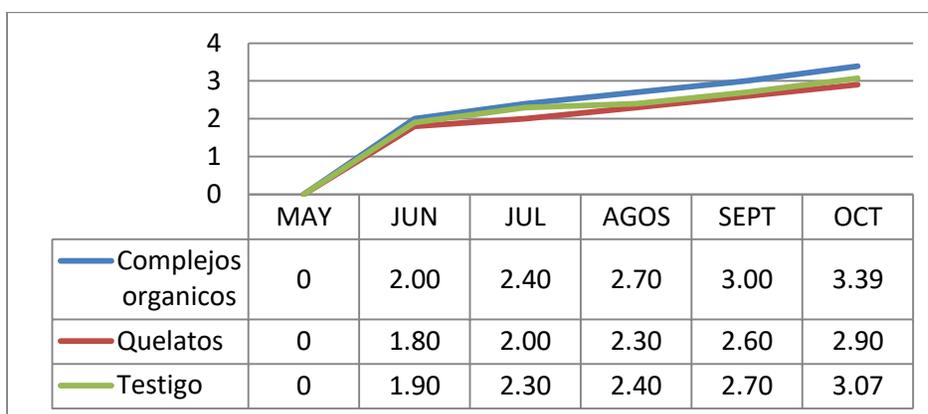


Figura 23 Ancho de las hojas ubicadas en las bandolas superiores.

Según Pérez (2007), la fertilización foliar permite la incorporación de elementos esenciales en el metabolismo de las plantas, lo que mejora el crecimiento de las plantas y de las hojas.

5.13. Número de frutos maduros de café por libra

En las plantas de café que fueron aplicados fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos se necesitan en promedio 195 frutos maduros de café para completar una libra de peso, esto es debido al mayor peso y contenido de azúcares de los frutos; en cambio, para el fertilizante foliar a base de quelatos se necesitan 206 frutos y para el testigo 208 frutos.

Cuadros 35. Número de frutos maduros de café por libra.

Fertilizante foliar	Frutos maduros de café uva por libra
Complejos orgánicos	195
Quelatos	206
Testigo	208

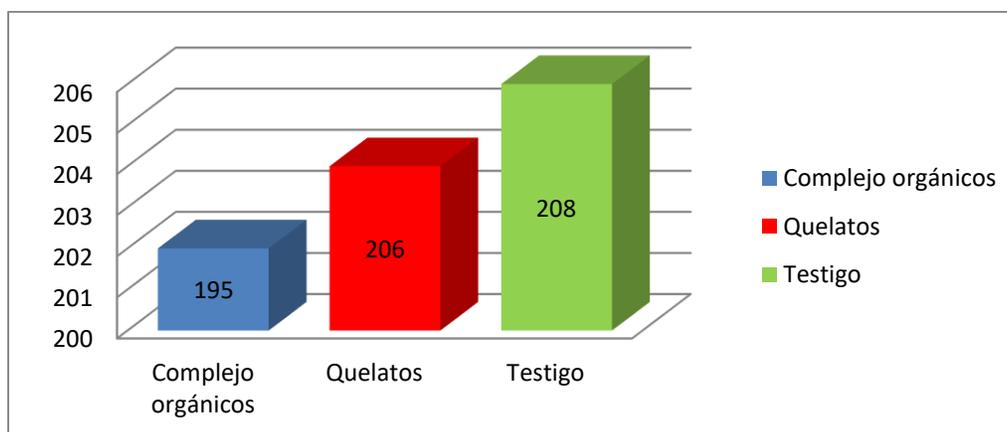


Figura 24. Número de frutos maduros de café por libra.

Trinidad *et al.* (1999) mencionan que los mejores resultados en número de granos por libra de café los obtuvieron cuando aplicaron más de 4 fertilizaciones foliares.

5.14. Número de frutos maduros de café por planta

El análisis de varianza demostró que si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y bloques.

Cuadros 36. Análisis de varianza del número de frutos maduros por planta.

Factor de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculada	F tabla
Modelo	21863,20	14	1561,66	17,38	0,0001
Tratamiento	9750,20	2	4875,10	54,25	0,0001
Bloque	11946,20	4	2986,55	54,25	0,0001
Tratamiento*Bloque	166,80	8	20,85	0,23	0,9785
Error	1348,0	15	89,87		
Total	23211,20	29			

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de frutos maduros por planta, obteniendo mejores resultados el tratamiento con fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos, los cuales nutrieron más eficientemente a las plantas de café, logrando como resultado una planta mejor desarrollada.

Cuadros 37. Prueba de Tukey en tratamientos de frutos maduros por planta.

Tratamiento	Medias	Muestra	Agrupaciones
1	1000,00	10	A
3	968,00	10	B
2	957,00	10	C

Los bloques presentaron diferencias estadísticas significativas en el número de frutos maduros por planta, obteniendo las mayores producciones en los bloques que estaban ubicados en terrenos con menores pendientes, los cuales tienen menor pérdida de minerales por lixiviación.

Cuadros 38. Prueba de Tukey en bloques del número de frutos maduros por planta.

Bloques	Medias	N	Agrupaciones
2	1006,60	6	A
1	989,33	6	B
3	970,00	6	C
5	958,00	6	C D
5	952,83	6	D

En las plantas de café que fueron aplicados fertilizantes foliares complejados orgánicos se contaron en promedio 1,000 frutos maduros de café por planta, esto es debido al mayor contenido de azúcares de los frutos y al mayor peso; en cambio, en las plantas en donde se aplicó el fertilizante foliar a base de quelatos se contaron en promedio 957 frutos por planta y en las plantas que se usaron como testigo se contaron en promedio 969 frutos.

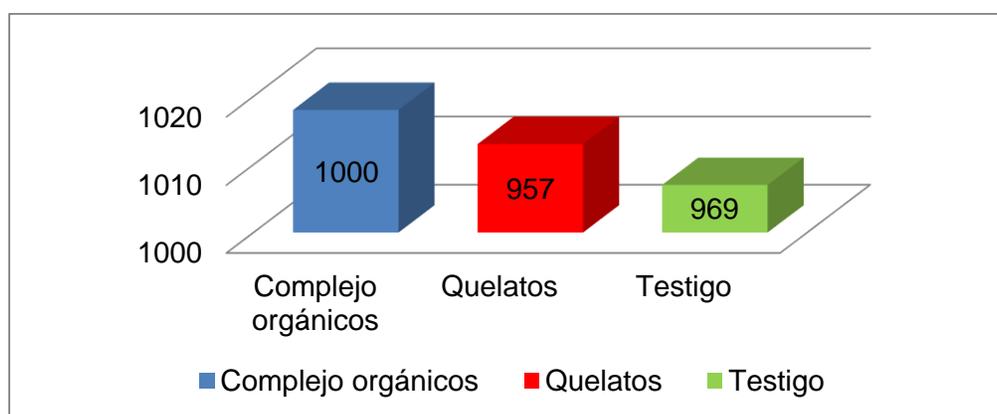


Figura 25. Número de frutos maduros de café por planta.

Según ANACAFE (s.f.), la variedad de café Marsellesa es una variedad precoz, que en condiciones normales empieza a producir a los 18 meses después de la siembra, y al tercer año se obtiene una producción promedio de 500 frutos por planta.

5.15. Producción de café por planta

En las plantas de café que fueron aplicados fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos se obtuvo una producción promedio de 5.04 libras (2.29 kilogramos) de café maduro por planta, esto es debido al mayor peso y contenido de azúcares de los frutos; en las plantas en donde se aplicó el fertilizante foliar a base de quelatos se obtuvo una producción promedio de 4.97 libras (2.26 kilogramos) de café por planta, y en las que se usaron como testigo se obtuvo una producción promedio de 4.89 libras (2.22 kilogramos) de café por planta.

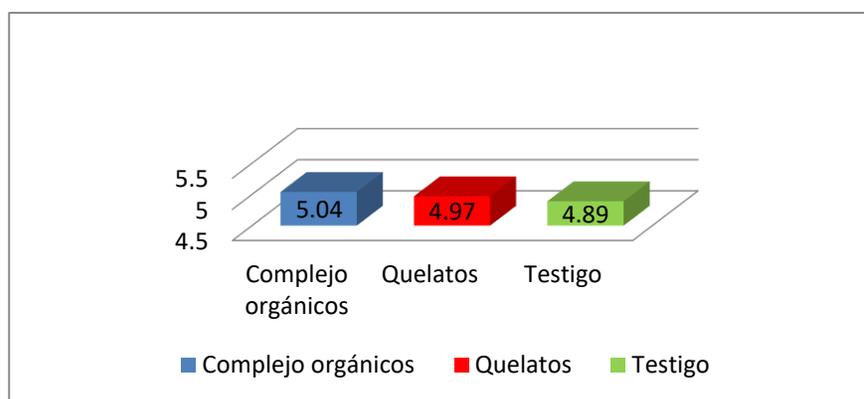


Figura 26. Producción de café por planta (libras).

Según ANACAFE (s.f.), las plantas de café de la variedad Marsellesa tienen alta productividad, entrenudos cortos y una producción promedio de 1.7 libras (0.80 kilogramos) por planta.

5.16. Producción de café por manzana

En las plantas de café que fueron aplicados fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos se obtuvo una producción promedio de 176.60 quintales (qq) de café uva por manzana (mz), que equivale a 35.32 quintales de café oro por manzana (2,293.51 kilogramos por hectárea), esto es debido al mayor peso y contenido de azúcares de los frutos; en las plantas en donde se aplicó el fertilizante foliar a base de quelatos se obtuvo una producción promedio de 174.25 quintales de café uva por manzana, que equivale a 34.85 qq/mz de café oro (2,262.99 kg/ha), y en las plantas que se usaron como testigo se

obtuvo una producción promedio de 171.33 quintales de café uva por manzana, que equivale a 34.27 qq/mz de café oro (2,225.32 kg/ha). Es de mencionar que cinco quintales de café uva al procesarlos en el beneficio se convierten en un quintal oro, es decir, en una relación 5:1.

Es importante mencionar, que la producción en el cultivo del café inicia en el año anterior, por lo que los resultados obtenidos en esta investigación también son el resultado y consecuencia de la forma en que se manejó el cultivo en cuanto a fertilización al suelo y al follaje; control de malezas, plagas y enfermedades, entre otras.

Cuadros 39. Producción de café uva por manzana.

Fecha	Fertilizante foliar a base de Complejos orgánicos	Fertilizante foliar a base de Quelatos	Testigo
Corte 1: 07/11/2019	52.98 qq/mz	52.30 qq/mz	51.39 qq/mz
Corte 2: 07/12/2019	123.62 qq/mz	121.95 qq/mz	119.94 qq/mz
SubTotal	176.60 qq/mz	174.25 qq/mz	171.33 qq/mz
Café verde	3.53%	6.71%	5.71%
Café Verde	6.23 qq/mz	11.69 qq/mz	9.76 qq/mz
Total	170.37 qq/mz	162.53 qq/mz	161.57 qq/mz
Total	77.27 kg/mz	73.72 kg/mz	73.29 kg/mz

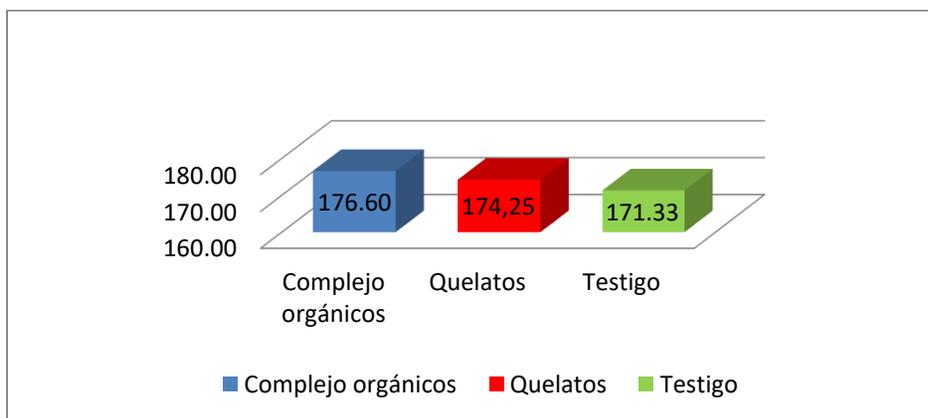


Figura 27. Producción de café uva por manzana (quintales).

Según la Revista El Cafetalero (2017), la primera producción de café de la variedad Marsellesa se da a los 18 meses después de la siembra, con una productividad de 136.36 a 318.18 kg por hectárea (3 a 7 quintales por ha). La producción más alta se presenta a partir de la segunda y tercera cosecha comercial, depende de la zona y llega en promedio a

producir 3,636.36 kg/ha (80 qq por hectárea), incluso hasta 5,090.90 kg/ha (112 qq/ha) si el cafetal cuenta con el manejo y la fertilización adecuada.

5.17. Homogeneidad en la maduración del café uva

En las plantas de café que fueron aplicados fertilizantes foliares complejados orgánicos se obtuvo una maduración del fruto de café más homogénea, ya que solo se obtuvo 3.53% de café verde por quintal, lo que mejora el rendimiento por manzana; en cambio, en las plantas en donde se aplicó el fertilizante foliar a base de quelatos se obtuvo 6.71% de café verde y en las plantas que se usaron como testigo se obtuvo 5.71% de café verde.

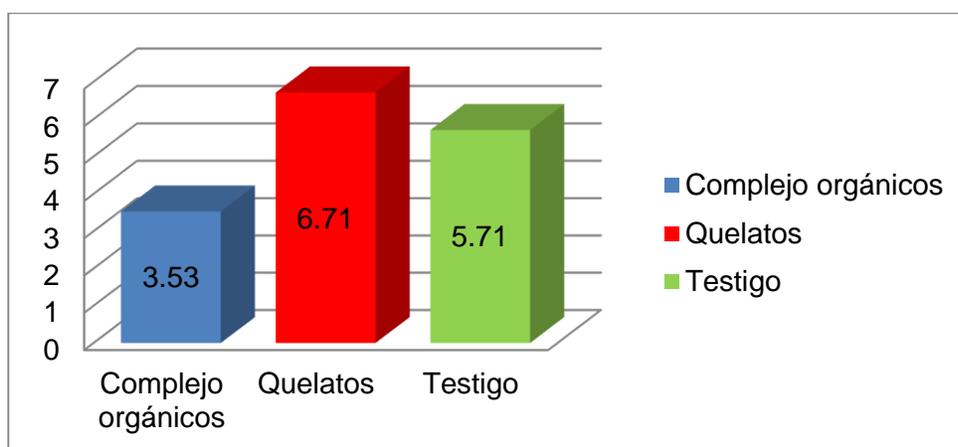


Figura 28. Porcentaje de frutos de café verde en la cosecha.

Según FNC (2014), el potasio es uno de los elementos de mayor demanda por la planta de café, sobre todo en la etapa de producción, ya que acelera la producción de azúcares y su transporte, mejora el color y la calidad del grano.

5.18. Análisis sensorial del café maduro (Catación)

Según el informe de Control de Calidad sobre los resultados del análisis sensorial en taza, realizado por el Consejo Salvadoreño del Café a las muestras de café de la variedad Marsellesa, se obtuvieron los siguientes resultados: los granos de café de las plantas en donde se aplicaron fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos son de tamaño Muy Bueno, ya que el 72% permaneció sobre zaranda 17, y no hubo diferencias en el puntaje de calidad de la bebida que obtuvo cada tratamiento.

Cuadros 40. Resultados del análisis sensorial del café maduro.

Parámetro	Fertilizantes foliares	Fertilizantes foliares a	Testigo
-----------	------------------------	--------------------------	---------

	Complejados orgánicos	base de Quelatos	
Fragancia*	Normal	Normal	Normal
Aroma**	Normal	Normal	Normal
Descripción en taza***	Bajo en cuerpo, acidez y sabor	Acidez media. Algo de dulzura	Bajo en acidez. Poca dulzura. Poco sabor
Nota****	80 – 81 puntos	81 – 82 puntos	80 – 81 puntos
Proceso	Lavado	Lavado	Lavado
Tamaño	Muy Bueno 72% sobre zaranda 17	Bueno 60.6% sobre zaranda 17	Muy Bueno 70.2% sobre zaranda 17
Cosecha	2019-2020	2019-2020	2019-2020

- *Fragancia: Es un aspecto aromático que se conoce como el olor del grano de café cuando aún está seco.
- **Aroma: Es el olor del café cuando se infundiona en agua caliente.
- ***Acidez: Se refiere a la nota del sabor y el contenido de elementos ácidos en el grano. No se debe confundir con el sabor agrio o amargo, ya que la acidez es una característica del café que le proporciona cualidades que generan una bebida con sabor y no tan plana.
- ****Cuerpo: Es aquella sensación que se genera a la hora de ingerir la infusión de café en la boca, percibir si un café tiene cuerpo es lo equivalente a lo pesado que la bebida pueda ser en comparación con la sensación de escaso o nulo cuerpo del agua en la boca.
- ***Sabor: Es la impresión combinada de todas las sensaciones de las papilas gustativas y los aromas retronasales que van de la boca a la nariz. En la catación para poder calificar el sabor se debe tomar en cuenta la intensidad, calidad y complejidad del café en la taza.
- ***Dulzura: Se refiere a la plenitud del sabor, es lo opuesto a la amargura o astringencia. Esta propiedad se da bajo la percepción de la presencia de ciertos azúcares naturales que el mismo grano de café pueda tener.
- ****Postgusto: Se le conoce a la sensación que perdura del sabor del café en el paladar después de ser tragado. Si el postgusto es muy corto o desagradable la puntuación es baja.
- Balance: Es el equilibrio de los diferentes aspectos del sabor, postgusto, acidez y cuerpo del café en su complementación.
- Suavidad: Es la sensación de intensidad del café en taza.

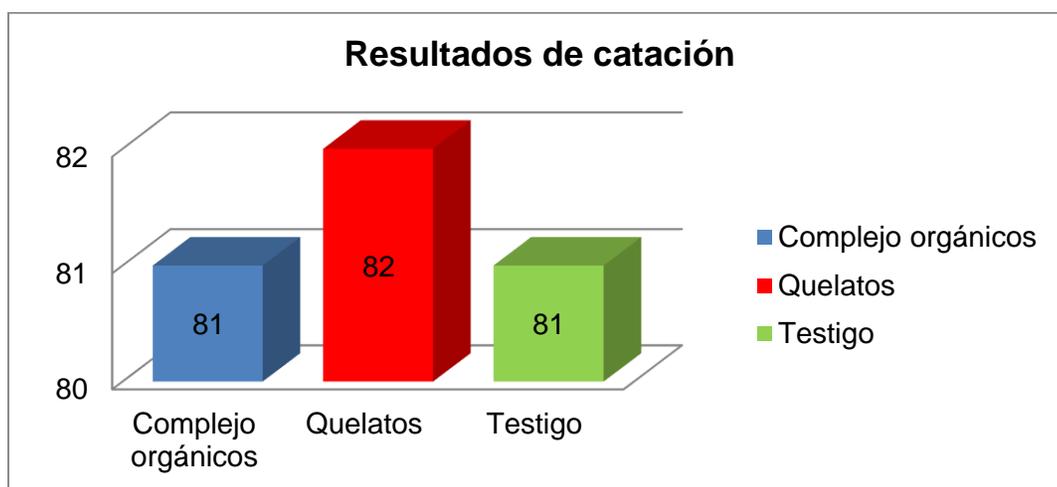


Figura 29. Puntos obtenidos en análisis sensorial del café.

Según ANACAFE (s.f.), en análisis sensoriales realizados en café de la variedad Marsellesa en Matagalpa, Boaco, Jinotega, El Cua y Nueva Segovia, localidades de Nicaragua ubicadas entre 710 a 1,230 metros sobre el nivel del mar, obtuvieron en promedio 81.3 puntos en análisis de taza.

Según la Revista El Cafetalero (2017), el café de la variedad Marsellesa tiene Muy Buena calidad de taza, en cataciones realizadas durante varios ciclos de distintos lotes se han obtenido hasta 88 puntos, con acidez superior a la variedad del café Caturra, con cuerpo similar al Caturra, mayor dulzura que el Caturra y con aroma a frutas.

5.19. Composición nutricional

Al inicio de la investigación se realizó un análisis foliar a las plantas que se utilizarían en los 3 tratamientos, obteniendo como resultado que el nitrógeno, fósforo, hierro y manganeso estaban óptimos; el potasio, magnesio, cobre, zinc y azufre estaban deficientes y el boro estaba en exceso (cuadro 33).

En el caso del calcio se encontró en exceso en las plantas en donde se aplicarían los fertilizantes foliares quelatados y en las plantas que se utilizarían como Testigo; y en las plantas en donde se aplicarían los fertilizantes foliares complejados orgánicos estaba en condiciones óptimas (1.55).

Al finalizar la investigación, después de la cosecha (dos meses después de la última aplicación foliar), se realizó nuevamente un análisis foliar a las plantas de café utilizadas en cada tratamiento, obteniendo como resultado que el nitrógeno, fósforo, hierro y manganeso estaban óptimos; el potasio, cobre y azufre estaban deficientes y el boro estaba en exceso (cuadro 33).

En el caso del calcio se encontró en exceso en las plantas en donde se aplicarían los fertilizantes foliares quelatados y en las plantas que se utilizarían como Testigo; y en las plantas en donde se aplicarían los fertilizantes foliares complejados orgánicos estaba en condiciones óptimas (1.71).

En el caso del magnesio y zinc se encontraron deficientes en las plantas en donde se aplicó los fertilizantes foliares quelatados y en las plantas que se utilizaron como Testigo; y en las plantas en donde se aplicó los fertilizantes foliares complejados orgánicos estaban en condiciones óptimas (cuadro 33). Lo anterior demuestra que los fertilizantes orgánicos son asimilados más fácilmente por las plantas que los quelatos.

Cuadros 41. Resultados de análisis foliares al inicio y final de la investigación por tratamiento.

Elemento	Testigo			Fertilizantes foliares Quelatados			Fertilizantes foliares a base de Complejos orgánicos			Nivel óptimo
	Abril 2019	Enero 2020	DIF	Abril 2019	Enero 2020	DIF	Abril 2019	Enero 2020	DIF	
Nitrógeno	2,92 (O*)	2,80 (O)	-0,12	2,92 (O)	2,88 (O)	-0,04	2,89 (O)	3,01 (O)	0,12	2,5 -3,5%
Fósforo	0,15 (O)	0,16 (O)	0,01	0,18 (O)	0,19 (O)	0,01	0,17 (O)	0,22 (O)	0,05	0,15 - 0,35%
Potasio	1,73 (D*)	1,75 (D)	0,02	1,73 (D)	1,84 (D)	0,11	1,74 (D)	1,98 (D)	0,24	2 - 3%
Calcio	54,65 (E*)	43,28 (E)	-11,37	3,05 (E)	2,45 (E)	-0,60	1,55 (O)	1,71 (O)	0,16	1 - 2,2%
Magnesio	0,22 (D)	0,19 (D)	-0,03	0,24 (D)	0,28 (D)	0,04	0,24 (D)	0,31 (O)	0,07	0,3 - 0,5%
Hierro	170,32 (O)	154,36 (O)	-15,96	275,50 (O)	254,25 (O)	-21,25	167,04 (O)	183,28 (O)	16,24	90 - 300 ppm
Cobre	5,25 (D)	4,89 (D)	-0,36	5,57 (D)	5,66 (D)	0,09	5,84 (D)	8,97 (D)	3,13	10 - 50 ppm
Manganeso	241,17 (O)	216,74 (O)	-24,43	257,91 (O)	242,84 (O)	-15,07	211,10 (O)	228,16 (O)	17,06	50 - 300 ppm
Zinc	12,50 (D)	10,79 (D)	-1,71	11,45 (D)	13,15 (D)	1,70	11,60 (D)	16,20 (O)	4,60	15 – 200
Boro	133,55 (E)	111,95 (E)	-21,60	142,42 (E)	121,16 (E)	-21,26	140,28 (E)	111,31 (E)	-28,97	25 - 75 ppm
Azufre	0,08 (D)	0,14 (D)	0,06	0,10 (D)	0,15 (D)	0,05	0,09 (D)	0,20 (D)	0,11	0,25 - 0,5%

Fuente: Elaboración propia (2020).

*Interpretación de resultados: D = Deficiente. O = Óptimo. E = Exceso.

Según CEDICAFE (2019), el cobre es de gran importancia en la etapa de prefloración y posfloración, ya que actúa como productor de proteínas, aminoácidos y enzimas, y promotor de la clorofila; el azufre es importante en la etapa de prefloración y posfloración debido a que actúa como lignificante celular, participa en la formación, viabilidad y fertilización del polen, cumple con la función de formación de la clorofila y participa en los procesos de respiración y fotosíntesis; y el zinc favorece el crecimiento de los frutos y de las plantas, es responsable de los reguladores de crecimiento de la planta como las auxinas, favorece la absorción del fósforo y aumenta la tolerancia a enfermedades.

5.20. Costo-beneficio de los programas de fertilización foliar

La aplicación de fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos (T1), quelatos (T2) y testigo (T3) que no se aplicó fertilizante foliar, en el cultivo del café usando: fertilizantes foliares, análisis (foliar y suelo), insecticida, adherentes, fertilizantes al suelo, corte de café, despulpado, limpieza del terreno, mano de obra, entre otros. Utilizando la variedad de café

Marsellesa, con una densidad de 3,500 plantas por manzana a un distanciamiento de 2 m entre surco y 1 m entre planta.

En el cuadro 34 se describen los costos por manzana de aplicación de fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos (T1) \$3,176.32 dólares, obteniendo por la venta de qq/oro de café un total de \$3,885.20 dólares, generando una ganancia de \$708.88 dólares por manzana.

En el cuadro 35 se describen los costos por manzana de aplicación de fertilizantes foliares a base de quelatos (T2) \$3,092.97 dólares, obteniendo por la venta de qq/oro de café un total de \$3,832.84 dólares, generando una ganancia de \$739.87 dólares por manzana.

En el cuadro 36 se describen los costos por manzana donde no se aplicó fertilizantes foliares a las plantas (T3) \$2,940.83 dólares, obteniendo por la venta de qq/oro de café un total de \$3,769.26 dólares, generando una ganancia de \$828.43 dólares por manzana.

Cuadros 42. Presupuesto para una manzana de café con fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos.

Producto	Cantidad usada	Costo unitario (dólares)	Costo real (dólares)
Foliar (N 12%, P ₂ O ₅ 5%, K ₂ O 36% p/v)	0.50 litro	10.00	5.00
Foliar (CaO 20.16% p/v, B 13.5% p/v)	0.70 litro	25.00	17.50
Foliar (B 13.5% p/v)	1.40 litro	12.00	16.80
Foliar (Zn 9.6% p/v)	2.66 litro	10.00	26.60
Foliar (CaO 20.16% p/v)	1.40 litro	10.00	14.00
Foliar (K ₂ O 39% p/v)	0.97 litro	47.50	46.08
Foliar (N 7% p/v, Ingrediente inerte 14% p/v, aminoácidos libres 44% p/v, materia orgánica total 36% p/v)	1.40 litro	12.00	16.80
Foliar (MgO 10.8% p/v)	0.92 litro	12.00	11.04
Insecticida Opus	1.06 litro	50.00	53.00
Insecticida piretroide Lambda chyalotrhrina	0.68 litro	12.00	8.16
Adyubante Polimetilsiloxano copolimero 101.92% p/v	0.38 litro	12.00	4.56
Aplicar fertilizante foliar	6 días persona	7.00	42.00
Fertilizante al suelo mezcla física	21 quintales	26.26	551.46

Aplicar fertilizante al suelo	6 días persona	7.00	42.00
Limpieza del terreno	20 días persona	7.00	140.00
Corte de café	706.4 arroba	1.50	1,059.60
Despulpado	35.32 quintales	21.00	741.72
Análisis foliar	4 análisis de laboratorio	75.00	300.00
Análisis de suelo	1 análisis de laboratorio	50.00	50.00
Análisis sensorial	1 análisis de catación	30.00	30.00
Total de costos			3,176.32
Venta de café oro	35.32 quintales	110.00	3,885.2
	Ingreso neto		708.88

Fuente: Elaboración propia (2020).

Cuadros 43. Presupuesto para una manzana de café con fertilizantes foliares a base de quelatos.

Producto	Cantidad usada	Costo unitario (dólares)	Costo real (dólares)
Foliar (N 12%, P ₂ O ₅ 36%, K ₂ O 12%)	2.80 libras	1.85	5.18
Foliar (CaO 20% p/v)	1.40 litros	11.00	15.40
Foliar (Zn 10% p/v, B 12.5% p/v)	1.40 litros	11.00	15.40
Foliar (N 8%, P ₂ O ₅ 7%, K ₂ O 40%)	4.20 libras	1.85	7.77
Foliar (Ca 8.6%, B 6%)	2.80 litros	6.00	16.80
Foliar (Zn 10% p/v)	1.40 litros	6.00	8.40
Foliar (B 12% p/v)	1.40 litros	6.00	8.40
Foliar (N 12%, P ₂ O ₅ 5%, K ₂ O 36%)	0.50 libras	1.85	0.93
Foliar (N 20%, P ₂ O ₅ 20%, K ₂ O 20%)	2.80 libras	1.85	5.18
Foliar (Zn 7% p/v, B 9% p/v)	1.06 litros	11.00	11.66
Insecticida Opus	1.06 litro	50.00	53.00
Insecticida piretroide Lambda chyallothrina	0.68 litro	12.00	8.16
Adyubante Polimetilsiloxano copolimero 101.92% p/v	0.38 litro	12.00	4.56
Aplicar fertilizante foliar	6 días persona	7.00	42.00
Fertilizante al suelo mezcla física	21 quintales	26.26	551.46
Aplicar fertilizante al suelo	6 días persona	7.00	42.00
Limpieza del terreno	20 días persona	7.00	140.00
Corte de café	696.88 arroba	1.50	1045.32
Despulpado	34.85 quintales	21.00	731.85
Análisis foliar	4 análisis de	75.00	300.00

Análisis de suelo	laboratorio 1 análisis de laboratorio	50.00	50.00
Análisis sensorial	1 análisis de catación	30.00	30.00
Total de costos			3,092.97
Venta de café oro	34.84 quintales	110.00	3,832.84
Ingreso neto			739.87

Fuente: Elaboración propia (2020).

Cuadros 44. Presupuesto para una manzana de café sin usar fertilizantes foliares.

Producto	Cantidad usada	Costo unitario (dólares)	Costo real (dólares)
Fertilizante al suelo mezcla física	26.26 quintales	21.00	551.46
Aplicar fertilizante al suelo	6 días persona	7.00	42.00
Limpieza del terreno	20 días persona	7.00	140.00
Corte de café	685.32 arrobas	1.50	1,027.98
Despulpado	34.27 quintales	21.00	719.67
Insecticida Opus	1.06 litro	50.00	53.00
Insecticida piretroide Lambda chyallothrina	0.68 litro	12.00	8.16
Adyubante Polimetilsiloxano copolimero 101.92% p/v	0.38 litro	12.00	4.56
Aplicación insecticida	2 días persona	7.00	14.00
Análisis foliar	4 análisis de laboratorio	75.00	300.00
Análisis de suelo	1 análisis de laboratorio	50.00	50.00
Análisis sensorial	1 análisis de catación	30.00	30.00
Total de costos			2,940.83
Venta de café oro	34.26 quintales	110.00	3,769.26
Ingreso neto			828.43

Fuente: Elaboración propia (2020).

La aplicación de fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos generó una ganancia de \$708.88 dólares por manzana, la de fertilizantes foliares a base de quelatos \$739.87 dólares por manzana, y la no aplicación de fertilizantes foliares generó una ganancia de \$828.43 dólares por manzana. La inversión realizada se espera que en el siguiente ciclo productivo genere mayores ganancias, principalmente en las plantas de café donde se aplicaron los fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos y quelatos, por el preparo que hay en las bandolas.

6. CONCLUSIONES

Con base al análisis y discusión de las variables en estudio, así como los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

Los fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos presentaron los mejores resultados en el crecimiento de las plantas de café de la variedad Marsellesa, de las bandolas; y en el número, largo y ancho de las hojas.

En las plantas de café que fueron aplicados fertilizantes foliares complejados orgánicos se necesitan en promedio 195 frutos maduros para completar una libra de peso, en los fertilizantes foliares a base de quelatos se necesitan 206 frutos y para el testigo 208 frutos.

En las plantas de café que fueron aplicados fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos se contaron en promedio 1,000 frutos maduros por planta, en donde se aplicó fertilizantes foliares a base de quelatos fueron 957 frutos por planta y en el testigo se contaron en promedio 969 frutos.

Con los fertilizantes foliares complejados orgánicos se obtuvo una producción promedio de 35.32 qq de café oro por manzana, en donde se aplicó fertilizante foliar a base de quelatos fue de 34.85 qq de café oro por manzana, y en las plantas testigo de 34.27 qq de café oro por manzana.

La producción en el cultivo del café inicia en el año anterior, por lo que los resultados obtenidos en esta investigación también son el resultado y consecuencia de la forma en que se manejó el cultivo en cuanto a fertilización al suelo y al follaje; control de malezas, plagas y enfermedades, entre otras.

En las plantas de café que fueron aplicados fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos se obtuvo una maduración de los frutos más uniforme ya que la producción de café verde fue de 3.53% por quintal, en donde se aplicó el fertilizante foliar a base de quelatos fue de 6.71% de café verde y en el testigo de 5.71% de café verde.

Los análisis de catación demuestran que los granos de café de las plantas en donde se aplicaron fertilizantes foliares complejados orgánicos son de tamaño muy bueno, ya que el 72% permaneció sobre zaranda 17, y no hubo diferencias en el puntaje de la calidad de la bebida que obtuvo cada tratamiento.

La aplicación de fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos generó una ganancia de \$708.88 dólares por manzana, la de fertilizantes foliares a base de quelatos generó \$739.87 dólares por manzana y el testigo obtuvo una ganancia de \$828.43 dólares por manzana; pero, la inversión realizada se espera que en el siguiente ciclo productivo genere mayores ganancias en aquellas plantas de café donde se aplicaron los fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos y de quelatos, por la preparación que hay en cuanto al mayor crecimiento de las plantas y de las bandolas, no así en el Testigo.

7. RECOMENDACIONES

Realizar muestreo del follaje en plantas de café y del suelo para su análisis de laboratorio antes de iniciar cualquier investigación, para conocer el contenido de macronutrientes y micronutrientes que pueden afectar el desarrollo fisiológico y la producción del cultivo.

Aplicar fertilizantes foliares complejados orgánicos a las plantas de café, a fin de generar mayor producción y rendimientos por manzana, madurez de los frutos más uniforme y menor cantidad de frutos verdes.

Realizar aplicaciones de fertilizantes foliares entre las seis y las diez de la mañana o de las cuatro a las seis de la tarde, a fin de reducir la evapotranspiración de las plantas.

Al momento de aplicar el fertilizante foliar, la boquilla del equipo que se utiliza debe de tener la mayor presión posible para poder nebulizar el fertilizante, de este modo el líquido aplicado no escurre por las hojas, manteniéndose por mayor tiempo sobre el follaje y tallo de las plantas.

Aplicar los fertilizantes foliares a las plantas de café como complemento a los fertilizantes que se aplican al suelo.

Seguir validando la adaptabilidad y producción de la variedad de café Marsellesa en media y estricta altura.

Realizar investigaciones sobre el uso de fertilizantes foliares en más de un ciclo de producción del cultivo del café y en fincas ubicadas en otras alturas sobre el nivel del mar.

Seguir investigando el uso de fertilizantes foliares en otros cultivos, en otras dosis y frecuencia de aplicación.

Establecer barreras vivas de izote y construir obras de conservación de suelo y agua como cajuelas y banquetas en terrenos con pendientes para disminuir problemas de erosión del suelo u la pérdida de macro y micronutrientes.

8. BIBLIOGRAFIA

ACCS (Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo). 2002. Fertilización foliar en café, principios y aplicaciones, 10 p (en línea). Consultado 14 de febrero del 2020. En <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>

Aldana, M. 2000. Fertilización foliar de cultivo de café. México, Guadalajara. 12 p (en línea). Consultado 21 marzo. 2020. Disponible en: <http://westanalitica.com.mx/wp-content/uploads/2018/05/El-Cultivo-de-CAFE%CC%81.pdf>.

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2005. Los elementos esenciales para el crecimiento del café macro y micronutrientes. 25 p (en línea). Consultado 21 feb. 2018. Disponible en: https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Fertilizacion#

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). s.f. Guía de variedad de café. 21 p (en línea). Consultado 21 marzo. 2020. Disponible en: <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%A1da-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>

Arevalo, B; Mendez A. 2011. Analisis multitemporal de las zonas cafetaleras de El Salvador y su impacto en el desarrollo socioeconómico. Tesis ing. Agr. El Salvador, Universidad de El Salvador. 13-15 p.

Boss, ML. 1991. Some external and internal factors related to the growth cycle of coffee. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica. 7 p.

CEDICAFE (Centro de Investigación del Café, Guatemala). 2019. La fertilización al suelo y foliar, un componente básico para mantener la productividad en las empresas cafetaleras. Guatemala. 3-4 p.

Chávez, C. 2000. Manejo de fertilización de suelos, elementos esenciales foliares (en línea). Consultado 18 de marzo del 2019. Disponible en: file:///C:/Users/ACER/Documents/tttt/a50-6907-III_163.pdf

Chávez, V. 1999. Manejo de la fertilización en café. In: Congreso Agronómico Nacional XI, Colegio de Ingenieros Agrónomos, UNED, San José, Costa Rica. Vol. III. p. 163-173.

CICAFE (Centro de Investigaciones en Café, Costa Rica). 2011. Guía Técnica para el Cultivo del Café. 71-72 p (en línea). Costa Rica. Consultado 21 feb. 2018. Disponible en: <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>.

FNC (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia). 2014. La fenología del café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones. Colombia. 3-7 p.

Fonseca, C; Obando, JJ. 2000. Evaluación de diferentes dosis de sulfato de zinc aplicados al suelo y fuentes de zinc foliares en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. In: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. Memoria. IICA/PROMECAFE-ICAFE. San José, Costa Rica. p. 203-211.

FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, El Salvador). s. f. Cortinas rompe vientos en la caficultura orgánica (en línea). San Salvador. Consultado 19 feb. 2018. Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=4595>.

FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, El Salvador). 2000. Tipos de café en El Salvador. 15-20 p (en línea). San Salvador. Consultado 21 feb. 2018. Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2539>.

Guerra, M. 2006. Sistematización de las experiencias obtenidas en las aplicaciones foliares. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 6-7 p.

ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica). 1993. Informe Anual de Labores 1991-1992. San José, Costa Rica. p. 322.

ISIC (Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café). 1990. Fertilización y enmiendas del cafeto. Serie Orientaciones al Caficultor No. 5. El Salvador. s.p.

- Llango Andrade, JL. 2014. Tipología de manejo agronómico en el crecimiento, productividad y calidad física de café (*Coffea arabica* var. Catimor) en el valle de Santa Cruz, distrito de río Tambo, provincia de Satipo y región Junín. Tesis Ing. Agr. Satipo, Perú. 7 p.
- López, GM. 2014. Fertilización a base de algas marinas y su relación con la eficiencia del agua y de la luz de una plantación y su efecto en el rendimiento y calidad de frutos. Tesis Maestro de Ciencias en Ingeniería, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 4-10 p.
- Lucena, J. 2009. El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de Micronutrientes. Revista Ceres (en línea). Madrid, España. Consultado: 15 may. 2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/3052/305226808020/>.
- Malavolta, E. 1993. Sea o doutor de seu cafezal. Sao paulo, Brasil. 1-10 p.
- Melgar, R. 2005. Aplicación foliar de micronutrientes, México. 2-3 p.
- Morán, G; Menjivar, F. 2007. Estudio para la identificación y caracterización de posibles subproductos a desarrollar en los bosques del sustento del cafetal. Tesis Ing. Agr. El Salvador, Universidad Dr. José Matías Delgado. 27-33 p.
- Nájera, C. 2015. Evaluación de la disponibilidad en el suelo y contenidos de fósforo en plantas de café en respuesta a la aplicación de silicio; finca El Hato, Santa Rosa, Guatemala. 6 p.
- Pérez, V; Chaverri, G; Bornemisza, E. 1956. Algunos aspectos del abonamiento del cafeto con boro y calcio en las condiciones de la Meseta Central de Costa Rica. Ministerio de Agricultura e Industrias, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. San José, Costa Rica, Información Técnica No 1. 14 p.
- Pérez, A.2007. Efecto de la fertilización foliar orgánica a base de bioles en la producción de café en un entisols de Pucallpa. Tesis Ing. Agr. Pucallpa, Perú, 28 p.

Posada, C; Osorio, N. 2010. Fertilización foliar de café, el efecto de la fertilización foliar, Medellín, Argentina, p 1841- 1843.

PROCAFE (Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café). s. f. Manual del caficultor en El Salvador. Tomo I. El Salvador. 70 p.

Revista El Cafetalero. 2017. Nuevas variedades de café. Información sobre variedades de café: variedad Marsellesa (en línea). Nicaragua. Consultado 15 may. 2018. Disponible en: https://issuu.com/revistaelcafetalero/docs/hoja_tecnica_para_la_variedad_mars.

Revista Nutrición del Cafeto. 2015. Nutrientes de cafeto según sus necesidades, información sobre foliares de café (en línea) Guatemala. Consultado 17 de marzo del 2019. Disponible en <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/BPA-6.-Nutrici%C3%B3n-del-Cafeto-20150914-web.pdf>.

Revista Ruta del Café. 2020. Información sobre la importancia ambiental del café. (en línea) Salvador. Consultado 20 de marzo del 2019. Disponible en: <https://www.excelenciasgourmet.com/es/noticia/ruta-del-cafe-en-el-salvador>.

Rodríguez, OM; Alfaro, R; Cisneros, B. 1998. Estudio de la respuesta a la fertilización con boro vía foliar y al suelo en café en tres localidades de Costa Rica. In: III Seminario de resultados y avances de investigación, Memoria. ICAFE. San José, Costa Rica, p. 29-36.

SACARPA (Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México). 2005. Producción de semilla de café variedad Marsellesa. México. Tomo I, 11-13 p.

Salazar, W; 2016. Efecto de aplicación foliar de fertilizantes y extractos de algas en hortalizas. Costa Rica. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agronomía. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. 5-6 p.

Trinidad, A; Aguilar, D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos (en línea). México. Consultado: 15 may. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317309> ISSN.

Trinidad, A; Aguilar, M. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos Terra Latinoamericana, vol. 17. Chapingo. México. 252 p.

Vicente Girón, KG. 2016. Evaluación de frecuencias de aplicación de potasio foliar sobre el rendimiento de café. Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Coatepeque, Guatemala. 24 p.

Villacis, P; Aguilar, E. 2016. Comportamiento Agronómico de cinco variedades de Café (*Coffea arábica* L.) sometido a diferentes aplicaciones foliares. Tesis Ing. Agr. Ecuador, Universidad de las Fuerzas Armadas. 7 p.

Zúniga, R; Rodríguez, W. 2002. Conglomerado de Café, Importancia de variedades de café en El Salvador (en línea). Consultado 18 de marzo del 2019. Disponible en: <http://x.incae.edu/EN/clacds/publicaciones/pdf/cen562.pdf>.

9. ANEXOS

Anexo A- 1. Resultados del análisis sensorial del café con fertilizantes foliares complejados orgánicos.

CONSEJO SALVADOREÑO DEL CAFÉ
Informe de Control de Calidad

Control No **175**

Post cosecha: _____ Recibo N° _____

EXPORTADOR/PRODUCTOR: **Cooperativa Cuzcachapa de R/L** PREPARACIÓN: _____

FINCA: _____ MUESTRA: **LINEA MANVER** lugar: _____

VARIEDAD: _____ ESTADO: **SHG** PROCESO: _____ QQ: _____ cosecha: **2018 - 2019**

RESULTADOS DEL ANALISIS:

COLOR: Azul - Verde Azulado Verde Verdoso
 Verde - Oscuro Amarillo Palido Oscuro por humedad Disparejo Rojizo

Color **Parejo** Olor: **Sin olor extraño**

CALIBRACION

Sobre Zaranda	17	72.0	%	HUMEDAD: 11.0 %
Sobre Zaranda	16	18.2	%	
Sobre Zaranda	15	7.0	%	
Sobre Zaranda	14	2.3	%	
Bajo Zaranda	14	0.5	%	

TAMAÑO: **Muy bueno**

DEFECTOS

PRIMARIOS: Negros Fermentado Cerezas Hongos Brocado sev. Palos

SECUNDARIOS: Semi Negro Parcial Agrio Pergaminos Brocado lijero Cascaras
 Piedras Pulpero Flotes manchados Otros defectos

IMPERFECCIONES: _____

TOSTADO: _____

TAZA

FRAGANCIA: **Normal** AROMA: **Normal**

DESCRIPCION TAZA: **Bajo en cuerpo, acidez y sabor**

NOTA 80 - 81 PUNTOS

Proceso **Lavado**

OBSERVACIONES: _____


 Catador: **Oscar Machuca** Certificado QG. Ing. **Ernesto Velasquez Zarco**
 CONTROL DE CALIDADES

Anexo A- 2. Resultados del análisis sensorial del café con fertilizantes foliares a base de Quelatos.

CONSEJO SALVADOREÑO DEL CAFÉ
Informe de Control de Calidad

Control No **174**

Fecha: **01/02/2019** Post cosecha _____ Recibo N° _____

EXPORTADOR/PRODUCTOR: **Cooperativa Cuzcachapa de R/L** PREPARACIÓN: _____

FINCA: _____ MUESTRA: **TESTIGO COMERCIAL** Lugar: _____

VARIEDAD: _____ ESTADO: **SHG** PROCESO: _____ QQ: _____ cosecha: **2018 - 2019**

RESULTADOS DEL ANALISIS:

COLOR: Azul - Verde Azulado Verde Verdoso
 Verde - Oscuro Amarillo Palido Oscuro por humedad Disparejo Rojizo

Color: **Parejo** Olor: **Sin olor extraño**

CALIBRACION

Sobre Zaranda 17	60.6	%	HUMEDAD: 10.0 %
Sobre Zaranda 16	22.4	%	
Sobre Zaranda 15	10.2	%	
Sobre Zaranda 14	6.3	%	
Bajo Zaranda 14	0.5	%	

TAMAÑO: **Bueno**

DEFECTOS

PRIMARIOS: Negros Fermentado Cerezas Hongos Brocado sev. Palos

SECUNDARIOS: Semi Negro Parcial Agrio Pergaminos Brocado lijero Cascaras
 Piedras Pulpero Flotes manchados Otros defectos

IMPERFECCIONES: _____

TOSTADO: _____

TAZA

FRAGANCIA: **Normal** AROMA: **Normal**

DESCRIPCION TAZA: **Acidez media. Algo de dulzura**

NOTA 81 - 82 PUNTOS

Proceso **Lavado**

OBSERVACIONES: _____

Catador: **Oscar Machuca** Certificado QG. Ing. **Ernesto Velasquez Zarco**

Anexo A- 3. Resultados del análisis sensorial del café sin fertilizantes foliares.



CONSEJO SALVADOREÑO DEL CAFÉ

Informe de Control de Calidad

Control No **173**



Fecha: **01/02/2019** Post cosecha _____ Recibo N° _____

EXPORTADOR/PRODUCTOR: **Cooperativa Cuzcachapa de R/L** PREPARACIÓN: _____
 FINCA: _____ muestra: **TESTIGO ABSOLUTO** LUGAR: _____
 VARIEDAD: _____ Calidad **SHG** PROCESO: _____ QQ: _____ cosecha: **2018 - 2019**

RESULTADOS DEL ANALISIS:
 COLOR: Azul - Verde Azulado Verde Verdoso
 Verde - Oscuro Amarillo Palido Oscuro por humedad Disparejo Rojizo
 Color **Parejo** Olor: **Sin olor extraño**

CALIBRACION

Sobre Zaranda	17	70.2	%	HUMEDAD: _____ %
Sobre Zaranda	16	21.1	%	
Sobre Zaranda	15	6.5	%	
Sobre Zaranda	14	2.5	%	
Bajo Zaranda	14	0.2	%	

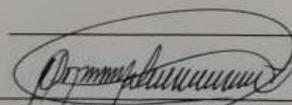
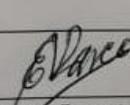
TAMAÑO: **Muy bueno**

DEFECTOS
 PRIMARIOS: Negros Fermentado Cerezas Hongos Brocado sev. Palos
 SECUNDARIOS: Semi Negro Parcial Agrio Pergaminos Brocado lijero Cascaras
 Piedras Pulpero Flotes manchados Otros defectos

IMPERFECCIONES: _____
 TOSTADO: _____

TAZA
 FRAGANCIA: **Normal** AROMA: **Normal**
 DESCRIPCION TAZA: **Bajo en acidez. Poca dulzura. Poco sabor**
NOTA 80 - 81 PUNTOS

Proceso **Lavado**

OBSERVACIONES: _____

 Catador: **Oscar Machuca**  
 Certificado QG. Ing. Ernesto Velasquez Zarco
 CONTROL DE CALIDADES

Anexo A- 4. Resultados iniciales del análisis de fertilizantes foliares a base de complejos orgánico.



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANÁLISIS FOLIARES

MUESTRA 190100016-01

DATOS GENERALES

Muestra: MUESTRA MANVERT
Solicitante: DIAGRI, S.A. DE C.V.
Responsable: JOSE MARIO MORAN
Dirección: Km. 28 1/2 C A SONOSNATE
Teléfono: 7729-5994 Fax Carreo Electronico: @diagri.com.sv
Cultivo: CAFÉ

FECHAS

Recibido : 10/04/2019
Análisis : 13/04/2019
Reporte : 18/04/2019

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Clave	Niveles
H001 Nitrógeno Total	2.89	%	O	2.5- 3.5
H002 Fósforo	0.17	%	O	0.15- 0.35
H003 Potasio	1.74	%	D	2- 3
H004 Calcio	1.55	%	O	1- 2.2
H005 Magnesio	0.24	%	D	0.3- 0.5
H006 Hierro	167.04	ppm	O	90- 300
H007 Cobre	5.84	ppm	D	10- 50
H008 Manganeso	211.10	ppm	O	50- 300
H009 Zinc	11.60	ppm	D	15- 200
H010 Boro	140.28	ppm	E	25- 75
H011 Azufre	0.09	%	D	0.25- 0.5

OBSERVACIONES

Clave de interpretación de los resultados:
D = Deficiente O = Optimo E = Excesivo

Lic. Morena López de Cárcamo
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por: Cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.7 25/02/2015

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
E-mail: laboratorio@fusades.org - Tel.: (503) 2248 5681 • www.fusades.org

Anexo A- 5. Resultados iniciales del análisis de fertilizantes foliares a base de quelatos.



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANÁLISIS FOLIARES

DATOS GENERALES

Muestra: TESTIGO COMERCIAL
Solicitante: DIAGRI, S.A. DE C.V.
Responsable: JOSE MARIO MORAN
Dirección: Km. 28 1/2 C A SONOSNATE
Teléfono: 7729-5994 Fax Correo Electronico: @diagri.com.sv
Cultivo: CAFÉ

MUESTRA 190100017-01

FECHAS

Recibido : 10/04/2019
Análisis : 13/04/2019
Reporte : 18/04/2019

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Clave	Niveles
H001 Nitrógeno Total	2.92	%	O	2.5- 3.5
H002 Fósforo	0.18	%	O	0.15- 0.35
H003 Potasio	1.73	%	D	2- 3
H004 Calcio	3.05	%	E	1- 2.2
H005 Magnesio	0.24	%	D	0.3- 0.5
H006 Hierro	275.50	ppm	O	90- 300
H007 Cobre	5.57	ppm	D	10- 50
H008 Manganeso	257.91	ppm	O	50- 300
H009 Zinc	11.45	ppm	D	15- 200
H010 Boro	142.42	ppm	E	25- 75
H011 Azufre	0.10	%	D	0.25- 0.5

OBSERVACIONES

Clave de interpretación de los resultados:
D = Deficiente O = Optimo E = Excesivo

Lic. Morena López de Cárcamo
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por: Cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.7 25/02/2015

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
E-mail: laboratorio@fusades.org - Tel.: (503) 2248 5681 • www.fusades.org

Anexo A- 6. Resultados iniciales del análisis de fertilizantes foliares del Testigo.



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANÁLISIS FOLIARES

DATOS GENERALES

Muestra: TESTIGO
Solicitante: DIAGRI, S.A. DE C.V.
Responsable: JOSE MARIO MORAN
Dirección: Km. 28 1/2 C A SONOSNATE
Teléfono: 7729-5994 Fax
Cultivo: CAFÉ
Correo Electronico: @diagri.com.sv

MUESTRA 190100018-01

FECHAS

Recibido : 10/04/2019
Análisis : 13/04/2019
Reporte : 18/04/2019

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Clave	Niveles
H001 Nitrógeno Total	2.92	%	O	2.5 - 3.5
H002 Fósforo	0.15	%	O	0.15 - 0.35
H003 Potasio	1.73	%	D	2 - 3
H004 Calcio	54.66	%	E	1 - 2.2
H005 Magnesio	0.22	%	D	0.3 - 0.5
H006 Hierro	170.32	ppm	O	90 - 300
H007 Cobre	5.25	ppm	D	10 - 50
H008 Manganeso	241.17	ppm	O	50 - 300
H009 Zinc	12.60	ppm	D	15 - 200
H010 Boro	133.55	ppm	E	25 - 75
H011 Azufre	0.08	%	D	0.25 - 0.5

OBSERVACIONES

Clave de interpretación de los resultados:
D=Deficiente O=Optimo E=Excesivo

Lic. Morena López de Cárcamo
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por: Cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.7 25/02/2015

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
E-mail: laboratorio@fusades.org - Tel.: (503) 2248 5681 • www.fusades.org

Anexo A- 7. Resultados finales del análisis de fertilizantes foliares a base de complejos orgánicos.



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANÁLISIS FOLIARES

DATOS GENERALES

Muestra: MUESTRA MANVERT
Solicitante: DIAGRI, S.A. DE C.V.
Responsable: JOSE MARIO MORAN
Dirección: Km. 28 1/2 C.A. SONOSNATE
Teléfono: 7729-5994 Fax Correo Electronico: @diagri.com.sv
Cultivo: CAFÉ

MUESTRA 200100016-01

FECHAS

Recibido : 10/01/2020
Análisis : 13/01/2020
Reporte : 17/01/2020

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Clave	Niveles
H001 Nitrógeno Total	3.01	%	O	2.5 - 3.5
H002 Fósforo	0.22	%	O	0.15 - 0.35
H003 Potasio	1.98	%	D	2 - 3
H004 Calcio	1.71	%	O	1 - 2.2
H005 Magnesio	0.31	%	O	0.3 - 0.5
H006 Hierro	183.28	ppm	O	90 - 300
H007 Cobre	8.97	ppm	D	10 - 50
H008 Manganeso	228.16	ppm	O	50 - 300
H009 Zinc	16.20	ppm	O	1.5 - 200
H010 Boro	111.31	ppm	E	25 - 75
H011 Azufre	0.20	%	D	0.25 - 0.5

OBSERVACIONES

Clave de interpretación de los resultados:
D = Deficiente O = Optimo E = Excesivo


Lic. Morena López de Cárcamo
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por: Cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.7 25/02/2015

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
E-mail: laboratorio@fusades.org - Tel.: (503) 2248 5681 • www.fusades.org

Anexo A- 8. Resultados finales del análisis de fertilizantes foliares a base de quelatos.



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANÁLISIS FOLIARES

DATOS GENERALES

Muestra: TESTIGO COMERCIAL
Solicitante: DIAGRI, S.A. DE C.V.
Responsable: JOSE MARIO MORAN
Dirección: Km. 28 1/2 C A SONOSNATE
Teléfono: 7729-5994 Fax: Correo Electronico: @diagri.com.sv
Cultivo: CAFÉ

MUESTRA 200100017-01

FECHAS

Recibido : 10/01/2020
Análisis : 13/01/2020
Reporte : 17/01/2020

CARACTERÍSTICAS

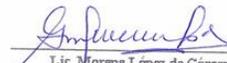
ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Clave	Niveles
H001 Nitrógeno Total	2.88	%	O	2.5 - 3.5
H002 Fósforo	0.19	%	O	0.15 - 0.35
H003 Potasio	1.84	%	D	2 - 3
H004 Calcio	2.45	%	E	1 - 2.2
H005 Magnesio	0.28	%	D	0.3 - 0.5
H006 Hierro	254.25	ppm	O	90 - 300
H007 Cobre	5.66	ppm	D	10 - 50
H008 Manganeso	242.84	ppm	O	50 - 300
H009 Zinc	13.15	ppm	D	15 - 200
H010 Boro	121.16	ppm	E	25 - 75
H011 Azufre	0.15	%	D	0.25 - 0.5

OBSERVACIONES

Clave de interpretación de los resultados:

D = Deficiente O = Optimo E = Excesivo


Lic. Morena López de Cárcamo
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por: Cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.7 25/02/2015

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
E-mail: laboratorio@fusades.org - Tel.: (503) 2248 5681 • www.fusades.org

Anexo A- 9. Resultados finales del análisis de fertilizantes foliares del Testigo.



UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE
INFORME DE ANÁLISIS FOLIARES

DATOS GENERALES

Muestra: TESTIGO
Solicitante: DIAGRI, S.A. DE C.V.
Responsable: JOSE MARIO MORAN
Dirección: Km. 28 1/2 C.A. SONOSNATE
Teléfono: 7729-5994 Fax Correo Electrónico: @diagri.com.sv
Cultivo: CAFÉ

MUESTRA 200100018-01

FECHAS

Recibido : 10/01/2020
Análisis : 13/01/2020
Reporte : 17/01/2020

CARACTERÍSTICAS

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Clave	Niveles
H001 Nitrógeno Total	2.80	%	O	2.5 - 3.5
H002 Fósforo	0.16	%	O	0.15 - 0.35
H003 Potasio	1.75	%	D	2 - 3
H004 Calcio	43.28	%	E	1 - 2.2
H005 Magnesio	0.19	%	D	0.3 - 0.5
H006 Hierro	154.36	ppm	O	9C - 300
H007 Cobre	4.89	ppm	D	1C - 50
H008 Manganeso	216.74	ppm	O	5C - 300
H009 Zinc	10.79	ppm	D	15 - 200
H010 Boro	111.95	ppm	E	25 - 75
H011 Azufre	0.14	%	D	0.25 - 0.5

OBSERVACIONES

Clave de interpretación de los resultados:
D=Deficiente O=Optimo E=Excesivo

Lic. Mirena López de Cárcano
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por: Cliente
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V 7 25/02/2015

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
E-mail: laboratorio@fusades.org - Tel.: (503) 2248 5681 • www.fusades.org