



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA EN INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**APLICACIÓN DE BIOL Y MICROORGANISMOS DEL BOSQUE, PARA EL
DESARROLLO DE TRES VARIEDADES DE PLÁNTULAS DE *Coffea arábica* L.**

TESIS:

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA
AGRÓNOMA ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

TOMASA DE NOVA VILCHIS

DIRECTORA:

DRA. FRANCISCA AVILÉS NOVA

TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO; JULIO 2021

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Importancia de la caficultura	3
2.2.	Clasificación taxonómica del café	4
2.2.1.	Morfología general del café	4
2.3.	Principales variedades de café	6
2.3.1.	Descripción de variedades de café	6
2.4.	Condiciones climáticas para el cultivo del café.....	8
2.5.	Semilleros y viveros de café	9
2.5.1.	Manejo de semilleros.....	9
2.5.2.	Manejo de viveros cafetaleros.....	9
2.6.	Manejo del tejido productivo (poda del café)	10
2.6.1.	Tipos de podas	10
2.6.2.	Métodos de podas	11
2.7.	Manejo de malezas	13
2.8.	Nutrición del café	14
2.8.2.	Necesidades nutricionales del café	16
2.9.	Abonos orgánicos para el cultivo de café	18
2.9.1.	Tipos de abonos orgánicos	20
2.10.	Plagas y enfermedades del café	25
2.10.1.	Enfermedades del café	25
2.10.2.	Principales plagas del café.....	28
2.11.	Deficiencias nutricionales del café.....	30
2.12.	Cosecha del café	31

III.	JUSTIFICACIÓN	34
IV.	HIPÓTESIS	35
V.	OBJETIVOS.....	36
5.1.	Objetivo general	36
5.2.	Objetivos específicos	36
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	37
6.1.	Localización del área de trabajo	37
6.2.	Material	37
6.2.1.	Material biológico.....	37
6.2.2.	Material auxiliar de campo.....	37
6.3.	Tratamientos	37
6.3.1.	Preparación de disoluciones de los tratamientos	38
6.4.	Manejo de las variedades	39
6.5.	Aplicación de biofertilizantes	45
6.6.	Variables de estudio.....	46
6.7.	Diseño experimental	49
6.8.	Análisis estadístico.....	49
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
7.1.	Altura de las plántulas.....	50
7.2.	Total de ramas plagiotropicas	54
7.3.	Diámetro del tallo principal.....	58
7.4.	Total de hojas.....	61
7.5.	Longitud rama plagiotropicas	66
VIII.	CONCLUSIONES.....	70
IX.	RECOMENDACIONES	71

X. BIBLIOGRAFÍA.....	72
----------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Preparación de las disoluciones.	39
Ilustración 2. Envases donde se guardaron los biofertilizantes.	41
Ilustración 3. Riego de plántulas de café.	45
Ilustración 4. Aplicación de biol y microorganismos en plántulas de café.....	46
Ilustración 5. Medición de la altura de las plántulas de café.	46
Ilustración 6. Conteo de ramas plagiotropicas de las plántulas de café.	47
Ilustración 7. Medición del diámetro de las plántulas de café.....	47
Ilustración 8. Conteo de hojas de las plántulas de café.....	48
Ilustración 9. Medición de la longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de café.....	49
Ilustración 10. Altura de las plántulas de la variedad Sarchimor.....	51
Ilustración 11. Medición de la altura de la variedad Sarchimor.....	52
Ilustración 12. Altura de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.	52
Ilustración 13. Altura de las plántulas de la variedad Colombia.....	53
Ilustración 14. Medición de la altura de la variedad Colombia.	54
Ilustración 15. Total de ramas plagiotropicas de las plántulas de la variedad Sarchimor.....	55
Ilustración 16. Conteo de ramas plagiotropicas de la variedad Sarchimor.	56
Ilustración 17. Total de ramas plagiotropicas de las plántulas de la variedad Costa Rica 99.	56
Ilustración 18. Total de ramas plagiotropicas de las plántulas de la variedad Colombia.	57
Ilustración 19. Diámetro de las plántulas de la variedad Sarchimor.	59
Ilustración 20. Diámetro de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.	59
Ilustración 21. Medición del diámetro de la variedad Costa Rica 95.....	60
Ilustración 22. Diámetro de las plántulas de la variedad Colombia.....	61
Ilustración 23. Total de hojas de las plántulas de la variedad Sarchimor.	62
Ilustración 24. Total de hojas de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.	63
Ilustración 25. Total de hojas de las plántulas de la variedad Colombia.....	64
Ilustración 26. Conteo de hojas de la variedad Colombia.....	65

Ilustración 27. Longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de la variedad Sarchimor.....	66
Ilustración 28. Longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.	67
Ilustración 29. Medición de la rama plagiotropica de la variedad Costa Rica 95.....	68
Ilustración 30. Longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de la variedad Colombia.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosis de fertilización para cafetos en etapa de crecimiento inicial y en etapa de desarrollo.....	15
Tabla 2. Dosis de fertilización para cafetos en etapa de producción.....	15
Tabla 3. Tratamientos aplicados (agua: biol o microorganismos del bosque) a las plántulas de café de las variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia.	38
Tabla 4. Medición del PH del biol y microorganismos del bosque.....	39
Tabla 5. Cantidades básicas de cada ingrediente para la preparación del biol.....	41
Tabla 6. Análisis físico químico de los biofertilizantes.....	44
Tabla 7. Alturas promedio de variedades de café y su comportamiento en cada tratamiento.	50
Tabla 8. Total de ramas plagiotropicas de variedades de café.....	54
Tabla 9. Diámetro del tallo principal de variedades de café.....	58
Tabla 10. Total de hojas de variedades de café.	62
Tabla 11. Longitud rama plagiotropicas de variedades de café.....	66

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de dos biofertilizantes: biol (5% y 10%) y microorganismos del bosque (5% y 10%), sobre el desarrollo vegetativo de plántulas de café de las variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia. El estudio se realizó en un vivero de la finca cafetalera La "ILUSION", localizado en la comunidad de San Andrés de los Gama, Municipio de Temascaltepec; Estado de México, durante los meses de octubre a diciembre de 2020. Se evaluaron cinco tratamientos de fertilización foliar a dos disoluciones en agua: (T1: 5% biol, T2: 10% biol, T3: 5% microorganismos del bosque, T4 10% microorganismos del bosque y T5: Testigo (agua sin biofertilizante) considerando las siguientes variables: altura de las plántulas, total de ramas plagiotropicas, total de hojas, diámetro del tallo y longitud de la rama plagiotropica. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones (variedades) por cada tratamiento. Se realizó un ANOVA, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Los resultados obtenidos muestran que existió diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P = 0.010$) y entre especies ($P = 0.035$) en la variable altura de las plántulas. La variedad Sarchimor presentó 9.3% más altura ($p = 0.035$) que la variedad Colombia. Sin embargo fue similar la altura de las plántulas de la variedad Costa Rica. En las variables total de ramas plagiotropicas, total de hojas, diámetro del tallo y longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de las tres variedades, no existió diferencia significativa entre tratamientos ni entre especies ($P > 0.05$). El uso del biol y microorganismos del bosque como fertilizante foliar, bajo dos diluciones (5% y 10%), favorece el desarrollo de las plántulas de variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia en San Andrés de los Gama, Municipio de Temascaltepec.

I. INTRODUCCIÓN

La cafeticultura representa uno de los pilares de la economía nacional, al ser uno de los sectores estratégicos de la agricultura mexicana y una de las fuentes de divisas agrícolas más importantes para el país, por lo que desempeña un papel crucial en la vida de miles de familias campesinas e indígenas distribuidas en diversas regiones cafetaleras (Escamilla, 2016).

La cafeticultura destaca en México, por su importancia social, económica y ambiental, incluyendo a todos los eslabones de la cadena productiva entre ellos, productores, jornaleros, operadores de beneficios, obreros de industrias, empleados de cafeterías y participantes en la comercialización y sus familias. Alrededor de tres millones de mexicanos dependen del café, en algún grado. Por su relevancia económica, figura en promedio como el primer producto individual de exportación y en las regiones productoras, es un elemento fundamental en las economías locales. El 99% de las plantaciones de café en el país, se cultivan bajo sombra y si a ello agregamos, la alta proporción de cafetales de sistema de montaña y sistema de policultivo tradicional, los beneficios de los cafetales en cuanto a captura de carbono y agua, conservación de suelos y de la biodiversidad, son muy significativos (Robledo y Díaz, 2016).

La forma de funcionamiento general de los abonos orgánicos no solo se basa en el aporte de nutrientes que suponen como abono. Las características que la materia orgánica aporta al suelo hacen que estos abonos funcionen como agentes de estabilización del suelo, mejorando la estructura y las propiedades químicas del suelo. Los abonos orgánicos hacen que el complejo húmico del suelo aumente, con lo que el suelo tiene una mayor capacidad de tapón. Esto es, absorbe con mayor intensidad los diferentes excesos que él pueden producirse (Carretero, Doussinague y Villena, S.F).

La propagación de plantas es la base para obtener cafetos productivos, resistentes a plagas y enfermedades y con excelente calidad física del grano y de la bebida (Paz y Escamila, 2016).

Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de dos biofertilizantes: biol (5% y 10%) y microorganismos (5% y 10%), sobre el desarrollo vegetativo de plántulas de café de las variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de la caficultura

En México el cultivo de café es de gran importancia económica, social y ambiental estimándose cerca de 800 mil hectáreas de la superficie sembrada con este aromático. Anualmente, la caficultura del país genera cerca de 600 mil empleos directos, considerando todos los estados relevantes de la cadena de valor del café, que incluye su cultivo, proceso, mercado, logística, comercio e industrialización (Díaz, Guajardo, y López, 2013).

El café es un producto muy importante en todo el mundo, pues es cultivado por 25 millones de productores en 56 países. México, de acuerdo a la Organización Internacional del Café, ocupa el noveno lugar en producción después de Brasil, Vietnam, Colombia, Indonesia, Etiopía, India, Honduras y Uganda, tanto que en nuestro país, se desarrolla en tres estados, de los cuales Chiapas, Veracruz, Puebla, Guerrero e Hidalgo son los principales productores (Robledo y Díaz, 2016).

Este cultivo constituye la fuente de divisas agrícolas más importantes para el país y le coloca en el quinto lugar mundial como productor del grano; México aporta el 5% de la producción que ha fluctuado en los últimos años en alrededor de cinco millones de sacos. La importancia del café en México se extiende por 56 regiones productoras, 12 estados productores, 382 municipios y 4,326 comunidades; de acuerdo con el Padrón Nacional Cafetalero, el cultivo ocupa una superficie de 664,793 hectáreas distribuidas entre 481, 084 cafecultores. Más del 80% de la producción nacional de café se obtiene en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero e Hidalgo (Escamilla y Landeros, 2016).

El cultivo de café en México, desde su introducción en el año de 1796, se caracterizó por su producción en pequeña y mediana escala, en haciendas tradicionales y ranchos. Sin embargo, fue en la época del Porfiriato donde se dio el crecimiento de la caficultura mexicana, inducida por importantes empresas transnacionales en

grandes fincas especializadas. Los cafetales se establecieron principalmente en las vertientes de las cadenas montañosas del centro y sur del país, en terrenos con pendientes de suaves a muy pronunciadas, y bajo la cubierta de un dosel diverso de árboles. En la actualidad, en el ámbito nacional se identifican cuatro macrorregiones administrativas con características propias y condiciones agroecológicas adecuadas para el cultivo; estas macrorregiones están localizadas en 12 estados del país, aunque también existen café cultivado en el Estado de México, Michoacán y Morelos entre otros (López, *et al.*, 2013).

2.2. Clasificación taxonómica del café

Esta especie pertenece a la familia Rubiácea y de acuerdo con Augusto Chevalier, se integra por más de 500 géneros y de 6 a 8 mil especies descritas.

Según (Robledo y Escamilla, 2016) la clasificación botánica del cafeto es como sigue:

- Reino: Vegetal
- Division: Magnoliophita
- Clase: Dicotyledoneae
- Subclase: Asteridae
- Orden: Rubiales
- Familia: Rubiaceae
- Género: Coffea
- Sección: Mascarocoffea
- Subsección: Erythrocoffea
- Especie: *Coffea arabica* L.

2.2.1. Morfología general del café

El café es un arbusto o arbolillo que crece a una altura de 2-5 metros dependiendo de la especie y/o variedad (Robledo y Escamilla, 2016).

Raíz

El cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente en el suelo hasta 50 cm. De esta salen otras verticales que profundizan hasta 1.20 m. estas últimas, a su vez, originan otras raíces que se extienden horizontalmente y sirven de soporte a infinidad de raicillas absorbentes, que toman el agua y los nutrientes del suelo (Sánchez, 1982).

Tronco y Ramas

Del tronco salen ramas primarias y estas, a su vez, producen ramas secundarias. Estas últimas y el tronco se pueden renovar porque poseen yemas. Las ramas secundarias producen flores (Sánchez, 1982).

Hojas

Se forman en las ramas secundarias, en las primarias y en el tallo joven. En cada nudo hay un par de hojas. Su tamaño varía de 12 a 15 cm de largo y 6 cm de ancho. Son elípticas, acuminadas, algo onduladas y puestas (Sánchez, 1982).

Flores

Se forman en las axilas de las hojas en grupos de cuatro sobre un tallo corto o glomérulo. En la base de cada hoja hay tres o cinco glomérulos. La flor es blanca, muy poco pedicelada, con pequeños sépalos que forman el cáliz. De esta emergen cinco pétalos. Tienen un solo ovario con un estilo bifido y cinco estambres que nacen de la unión de los pétalos (Sánchez, 1982).

Fruto

Madura alrededor de 28 semanas después de la abertura de la flor. Tiene forma elíptica y 1.5 cm de largo. Está formado por el epicarpo o piel, el mesocarpo o pulpa. El endocarpo o pergamino y dos semillas (Sánchez, 1982).

Semilla

Está formada por la almendra o semilla sin pergamino, dura, de color verdoso y cubierto por una película fina plateada, y el embrión. La semilla tiene 8.5 a 12.7 mm y forma semicircular (Sánchez, 1982).

2.3. Principales variedades de café

En México se cultivan comercialmente dos especies de café: *Coffea arabica* L. la de mayor importancia en extensión y difusión, aportando el 95% de la producción; y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conocida comúnmente como café Robusta, cultivada principalmente en zonas bajas de clima cálido en los estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca y Puebla.

La producción de café en México de la especie *Coffea arabica* L., está representada por las variedades comerciales Typica, Bourbon, Mundo Novo, Pluma Hidalgo, Maragogipe, Caturra, Garnica y Catuai (Zamarripa y Escamilla, 2016).

La mayoría de las variedades de *Coffea arabica* en el mundo son parecidas genéticamente, mientras que morfológicamente, presentan diferencias notables y sus frutos contrastan en calidad en pre y postcosecha.

Las variedades cultivadas en diversas regiones cafetaleras de México son: Typica, Bourbon, Caturra (rojo y amarillo), Mundo Novo, Garnica, Catuai (rojo y amarillo), Pluma Hidalgo, Colombia, Oro Azteca, Costa Rica 95, Pacamara y Maragogipe. Las variedades de mayor importancia son Typica, Bourbon y Caturra; cabe señalar que en ciertas regiones existen preferencias, por ejemplo en Chiapas predomina el Bourbon, en Puebla la Caturra, y en Oaxaca, Veracruz y Guerrero, Typica es muy importante. Es muy frecuente que en los cafetales se cultiven diversas variedades, generalmente se tienen de tres a cuatro. En el estado de Guerrero las variedades cultivadas, en orden de importancia son Typica, Caturra, Bourbon Mundo Novo y Garnica. La especie arabica es la más importante en México y tiene diversas variedades (Robledo y Escamilla, 2016).

2.3.1. Descripción de variedades de café

Costa Rica 95

Esta variedad es un Catimor, que resultó de la hibridación artificial realizada por el CIFC en el año de 1959, entre el cafeto CIFC 19/1 Caturra rojo proveniente de semilla de Angola y la planta CIFC 832/1 híbrido de Timor.

Esta variedad se introdujo a México en la década de los noventa del siglo pasado y fue diseñada para el cultivo a sol, con densidades altas y un manejo intensivo. Sin embargo, en México la producción no es alta. Por ejemplo, en la zona alta de Huatusco se reporta producción de 1.38 kilogramos por planta.

Es una planta de porte bajo, sin embargo, su vigor es alto y la ramificación es abundante. Las hojas jóvenes son bronceadas. El limbo es elíptico, con un ápice puntiagudo y de nervaduras notorias. La ondulación de los bordes es moderada. Los frutos son grandes, de color rojo, ligeramente ovalados. La maduración es de temprana a media. El peso del fruto maduro es de 1.76 a 1.79 g, el rendimiento agroindustrial de cereza pergamino es de 269 a 287, y de pergamino a oro, de 55.61 a 56.25, y la proporción de granos normales varía de 78.5 a 84.5%. En la evaluación sensorial las notas son caramelos, chocolates nueces, frutales especias y pirolíticos (Escamilla, Barrera, y Cornejo, 2016).

Colombia

En Colombia, los cruzamientos entre plantas del híbrido de Timor con las variedades Caturra y Cutuaí se iniciaron en 1968 y a partir de 1983 se empezó a entregar a los agricultores bajo el nombre de variedad Colombia.

La variedad Colombia es un cultivo compuesto o una mezcla de las mejores progenies en experimentación cuyos progenitores son el Híbrido de Timor como portador de la resistencia genética a la roya anaranjada *Hemileia vastatrix* y la variedad Caturra, portadora de los genes que confieren el porte bajo (Zamarripa y Escamilla, 2016).

Sarchimor

Los Sarchimores, se originaron del cruce del Híbrido de Timor CIFC 832/2 (resistente a roya) y plantas de la variedad Villa Sarchí. De este cruce se derivaron progenies que originaron variedades con características estables en diferentes países. En

Brasil el Iapar 59, Tupí y Obatá; en Honduras el Parainema; en El Salvador El Cuscatleco; en Nicaragua el Marsellesa. Se le llama simplemente Sarchimor cuando se desconoce su procedencia. Los Sarchimores, son plantas de porte bajo, brote verde o bronce, vigor y producción alta, bien adaptado en zonas de baja y media altitud, y buena calidad de taza (Anacafè, 2020).

2.4. Condiciones climáticas para el cultivo del café

- ✚ **Altitud.** El mejor café se cosecha en terrenos que se localizan en altitudes de 900 a 1,200 m sobre el nivel del mar (msnm). Por lo general, en terrenos localizados a menores altitudes se tienen problemas con el llenado del grano y en altitudes mayores a los 1,200 msnm el frío extremo provoca que la pulpa se seque, se pegue al pergamino y manche el café, lo que se castiga a la hora de vender la cosecha (Aranda, González, y Taurino SF).
- ✚ **Temperatura.** Recientemente la temperatura se ha incorporado al conjunto de medidas que se manejan como estándares determinantes de la calidad del café, además de la altitud y la precipitación pluvial. La temperatura promedio anual que se requiere en el cafetal para desarrollar un café de alta calidad se ubica entre los 18°C y los 19.5°C (Aranda, González, y Taurino SF).
- ✚ **Precipitación pluvial.** El cultivo del café se produce de manera adecuada en regiones donde las lluvias oscilan entre los 1,600 y los 1,800 mm anuales, pero en los últimos 10 años las temporadas de lluvia y los patrones de precipitación se han alterado considerablemente; de manera que cada vez caen más lluvias torrenciales en periodos de tiempo muy cortos y se padecen sequías más frecuentes y prolongadas (Aranda, González, y Taurino SF).
- ✚ **Potencial de hidrógeno (pH).** El pH del suelo se mide en una escala de valores de 1 a 14. Generalmente, el nivel óptimo en el cual se desarrollan la mayoría de los cultivos se encuentra en el valor 7; no obstante, el café crece bien en suelos cuyas condiciones de pH ácido se encuentran en un rango de 4.2 a 5.1., es decir, en suelos ligeramente ácidos. Esto se debe a que el café

no tolera suelos salinos porque la concentración de sales incrementa su conductividad eléctrica (Aranda, González, y Taurino SF).


2.5. Semilleros y viveros de café

Esta etapa es el punto de partida para tener en el futuro un cultivo sano y productivo. El objetivo de los semilleros y viveros (almácigos) es el suministro de plántulas de buena calidad (plantas libres de problemas fitosanitarios, bien nutridas, con buen desarrollo de raíces), en las fechas que se requieren, en las cantidades programadas y a bajo costo (Bustamante *et al.*, 2009).

2.5.1. Manejo de semilleros

La primera etapa consiste en construir o acondicionar áreas para la siembra de semilla de café, para lo cual se construyen semilleros que puedan ser fijos o portátiles; los primeros son camas fijas construidas de concreto con dimensiones de 1.0 m de ancho por el largo deseado y una altura de 40 a 80 cm, mismo que se llena con capas alternas de grava, arena o tierra.

Previo a la siembra se hace la desinfección utilizando agua caliente. La siembra de semilla en semilleros se hace al voleo o en surcos, a una profundidad del doble del tamaño de la semilla.

 **Manejo:** se realizan riegos y se controlan plagas y enfermedades como las hormigas y el mal del talluelo (Robledo y Escamilla, 2016).

2.5.2. Manejo de viveros cafetaleros

Según (Robledo y Escamilla, 2016) esta etapa consiste en el trasplante de la plántula del semillero a bolsas previamente llenadas, para lo que se considera lo siguiente:

- ✚ Preparación de sustrato: Se hace un preparado a base de tierra previamente harneada y lombricomposta en proporción de 50% respectivamente.
- ✚ Llenado de bolsa: Con la tierra preparada, se llenan bolsas o tubos de polietileno de 13 x 25 cm.
- ✚ Desinfección: una vez llenada la bolsa se da un riego con agua caliente o formol como se realiza en el semillero.
- ✚ Trasplante: hecho lo anterior, se procede al trasplante de las plántulas del semillero a bolsas, mismas que deben estar en la fase fenológica de soldadito o mariposa, de 15 a 20 días después de la siembra.
- ✚ Manejo del vivero: se realizan deshierbes en forma manual o con herbicidas; el control de plagas y enfermedades se hace de acuerdo al tipo de daño; riegos cuando es necesario; en nutrición, se hacen aplicaciones cada 15 días de una mezcla utilizando insecticidas, fungicidas y fertilizantes foliares.

2.6. Manejo del tejido productivo (poda del café)

La poda del cafeto consiste en la operación de eliminar parcial o totalmente y en diferente grados de intensidad, los ejes agotados y poco productivos, o cambiar su forma natural de crecimiento; manteniendo la capacidad productiva de cafeto, a partir de nuevos ejes o ramas, propiciando condiciones adversas para la propagación de plagas y enfermedades, y facilitando las labores de manejo y cosecha en el cultivo (Escamilla, 2016).

2.6.1. Tipos de podas

De manera general se conocen tres tipos de poda encaminados a mejorar la estructura de la planta e incrementar la producción; estas podas se realizan de acuerdo a la edad de la planta, estado productivo y fitosanitario (Robledo y Escamilla, 2016).

Las podas pueden ser:

- ✚ **Poda de formación:** Se realiza con la finalidad de darle al cafeto menor tamaño y facilitar la cosecha (Ormeño *et al.*, 2017).
- ✚ **Poda de rejuvenecimiento o rehabilitación:** Fortalece a la planta de café, con la finalidad de formar nuevas ramas, las cuales se convertirán en nuevas áreas de producción. En el caso de tener una planta en mal estado, que se considere que tiene buenas raíces, se realizara una resepa (Ormeño *et al.*, 2017).
- ✚ **Poda fitosanitaria:** La poda de formación consiste en dar forma a la planta para aprovechar mejor los espacios y la luz (Ormeño *et al.*, 2017).

2.6.2. Métodos de podas

(Escamilla, 2016). Menciona que se han desarrollado y existen diversas formas o métodos para manejar el tejido productivo del cafeto, sin embargo, ninguno ha logrado establecerse o adoptarse como el único o más eficaz. El comportamiento tan variado de la planta hace imposible que las plantaciones puedan ser manejadas recomendando un solo método de poda. En ese sentido se presentan los métodos de poda más recurrentes en las regiones cafetaleras de nuestro país:

✚ Poda de múltiples tallos

Consiste en cortar la punta de la planta, mientras el cafeto se encuentra en edad joven de esta manera se estimula el desarrollo de las ramas laterales y el desarrollo de tallos adicionales en la punta (Escamilla, 2016).

✚ Agobio

Esta poda se recomienda en plantas de un eje. Consiste en arquear o inclinar el tallo principal; o bien en sembrar la planta inclinada con un ángulo de 15° a 20° con respecto al suelo. Esto propicia el brote de hijos que, al desarrollarse, debemos seleccionar por su vigor en un número de 2 a 4, y eliminar, a la vez, la parte terminal

de la planta madre. La desventaja que presenta este tipo de poda es que retrasa un año la entrada de la producción (Aranda, González, y Taurino SF).

Descope

Consiste en cortar la yema terminal ubicada en el extremo del tallo. Al cortarla, se detiene el crecimiento de las ramas hacia los lados, es decir, la formación de crinolinas. Inicialmente, se deja la planta a libre crecimiento. La altura del descope depende del alcance máximo de las manos de las personas recolectoras.

En el descope se recomienda dejar a la planta a 1.7 metros de altura. Esto permite fortalecer el tallo principal, y se puede utilizar como recurso dos años antes de la resepa.

Es necesario tener los siguientes cuidados:

- ✓ Luego de descopar, se debe seguir cortando los nuevos brotes.
- ✓ Cada rama secundaria que ya no produzca mucho se debe cortar en el lugar donde se une con la rama primaria, para que crezca una nueva y la reemplace.
- ✓ No deben cortarse las ramas primarias por donde están unidas al tallo (IICA, 2018).

Resepa

Esta poda es recomendada en los programas de rehabilitación de cafetales. Mediante la resepa se logra la regeneración de ejes ortotrópicos obteniéndose consecuentemente nuevas ramas productivas a partir del tallo principal del viejo cafeto.

Esta práctica tiene su fundamento en el hábito de crecimiento piramidal de la planta de café. Luego de 4 a 6 cosechas, la producción decrece considerablemente, debido a que las zonas productivas (madera de un año) se van localizando en la parte apical y hacia las puntas de las ramas del cafeto. Es decir, los nudos productivos se mueven cada año hacia el extremo de las ramas y en sentido vertical o del tronco, acumulándose en forma continua un mayor número de nudos improductivos y defoliados (INIAP, 1993).

Deshije

Para que la poda sea eficaz es necesario realizar el deshije. Con esta actividad se seleccionan los mejores brotes que salen después de la poda. El deshije se realiza aproximadamente tres a cuatro meses después de la poda, dejando de dos a tres hijos (chupones) ubicados de cinco a quince centímetros bajo el corte y opuesto el uno al otro (Bustamante *et al.*, 2009).

Poda de pulmón

Consiste en cortar el tallo principal a una altura de 60 cm del suelo, dejando las ramas por debajo del corte o haciendo poda parcial de ellas de 20 y 40 cm. Por sus características este tipo de poda tiene como condición la presencia de ramas bajas en el árbol, propio de cafetales con distancias amplias en las calles (Rendòn, 2016).

2.7. Manejo de malezas

El manejo de los arvenses se considera como una de las actividades habituales y esenciales para obtener mayor producción y calidad del grano; este puede efectuarse por diversos métodos: mecánico, manual, químico y biológico (Robledo y Escamilla, 2016).

Método manual

Esta práctica que se conoce comúnmente como deshierbe o chapeo, se hace en forma manual utilizando herramientas livianas como machete o azadón; en cafetales en crecimiento se requieren de 6 a 10 limpiezas al año. Cuando se emplean métodos manuales para el control de malezas, es de suma importancia evitar lesiones o cortaduras a los cafetos, pues en algunos casos pueden causar la muerte de los arbolitos y la pérdida de cafetos, ya establecidos, tanto en etapa preproductiva como productiva (López, García, y Castillo, 2013).

Método químico

Este método se basa en la utilización de herbicidas químicos. Un herbicida es un producto capaz de alterar la fisiología de las plantas durante un período suficientemente largo para impedir su desarrollo normal o causar su muerte. Ésta es una herramienta utilizada para el manejo de arvenses; sin embargo, no es la única ni en todos los casos la más efectiva (Arcila *et al.*, 2007).

A pesar de las bondades que se derivan de la aplicación de este método, su empleo presenta algunas desventajas:

- a) Se requiere de mano de obra especializada
- b) Cuando se usan mal pueden causar daño a los cafetos y al medio ambiente
- c) Se debe tener algún conocimiento sobre las plantas vigorosas (Carbajal, 1984).

2.8. Nutrición del café

La fertilización es uno de los factores importantes que permiten que los cultivos puedan desarrollarse normalmente y expresar todo su potencial de producción. Existen 16 elementos químicos (nutrientes) que son indispensables para el crecimiento y desarrollo las plantas. Es importante considerar que, en general, el cultivo del café se desarrolla en zonas de montaña con pendiente y alta precipitación lo que provoca erosión del suelo.

Además, desde el punto de vista químico, la gran mayoría de los suelos cafetaleros son de pH moderado a fuertemente ácidos, con las consiguientes limitaciones en la disponibilidad de nutrientes. Los nutrientes son absorbidos desde la solución del suelo, en cantidades proporcionales a los requerimientos de la planta, según el estado de desarrollo en que se encuentre. Así, los mayores requerimientos de fósforo los tiene el cultivo después de la cosecha. La demanda de nitrógeno coincide con el mayor crecimiento vegetativo de la planta, y los requerimientos de potasio se intensifican durante el período de crecimiento y madurez del grano. Todos los nutrientes absorbidos por la planta son importantes para el desarrollo del café. Por

tanto, una adecuada fertilización durante el ciclo anual de producción es clave para obtener buenos resultados de producción y calidad (IICA, 2019).

La Tabla 1 y 2 presentan algunas dosis de fertilización que fueron determinadas para distintas variedades y etapas de desarrollo del cultivo de café, con el objetivo de que el productor tenga una idea precisa y confiable de la gran diversidad de programas de fertilización que se utilizan en todo el mundo (Zetina *et al.*, 2013).

Tabla 1. Dosis de fertilización para cafetos en etapa de crecimiento inicial y en etapa de desarrollo.

Dosis (kg/ha)			Mezcla	Observaciones
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
60 a 200	50	150		La variedad Robusta requiere menos nitrógeno que las variedades de café arábica.
Hasta 400	A 60	A 200		Dosis mayores a 330 kg/ha no influyen significativamente en el rendimiento de grano. 100 a 150 g/planta, cuatro aplicaciones por año.
300	87	300	8-5-15-6-2 20-7-12-3-1.2	Frecuentemente la dosis debe enriquecerse con magnesio en dosis de 40 kg de MgO/ha/año. Aplicar de 500 a 1,000 kg/ha, dividido en dos aplicaciones al año. Hacer una aplicación adicional de 250 kg de nitrato de amonio/ha.

Tabla 2. Dosis de fertilización para cafetos en etapa de producción.

Edad (meses)	Dosis (g/planta)	Fertilizante/mezcla	Observaciones
--------------	------------------	---------------------	---------------

4	2	18-46-00	Existen pocas evidencias de respuestas a la fertilización nitrogenada.
6	2	18-46-00	
9	15 + 9	Urea + SFCT	También puede utilizarse como fuente el DAP (18-46-00).
14	20 + 11	Urea + SFCT	
18	26	Urea	
22	30 + 13	Urea + SFCT	
24	37 + 17	Urea + KCl	

2.8.1. Época de aplicación de los fertilizantes

La época en la que los fertilizantes químicos se deben aplicar, dependiendo de las condiciones climáticas que prevalecen en la zona donde se encuentra ubicado el cafetal. Se recomienda que la primera aplicación se realice al inicio de las lluvias (mayo a junio), para satisfacer la demanda de nutrientes, debido al crecimiento inicial del grano y al aumento de área foliar que empieza en esa época, y la segunda, dos meses después de la primera (agosto a septiembre), para compensar la demanda de nutrimentos, debido a la formación de endospermo en el llenado del grano; por último, es recomendable aplicar una tercera fertilización al inicio de la cosecha, con la finalidad de que la planta acumule nutrientes y los utilice en el siguiente ciclo de producción (Zetina *et al.*, 2013).

2.8.2. Necesidades nutricionales del café

(Padilla, 2005). Menciona que el cafeto requiere 16 nutrientes para poder vivir. Los nutrientes deben estar de forma aprovechable en el suelo (minerales solubles) para que puedan ser absorbidos por las raíces y mediante el proceso fotosintético convertidos en materia orgánica. Esta materia orgánica es acumulada por el arbusto en sus tejidos y la utiliza para la respiración, producción de hojas, flores y frutos.

Estos nutrientes indispensables para el cafeto se pueden dividir en cuatro grupos:

✓ **Elementos básicos**

Se incluyen dentro de los elementos básicos al oxígeno (O), carbono (C) y el hidrógeno (H). La planta los toma del ambiente; el carbono y el oxígeno son tomados por el proceso de respiración, a través de las estomas de las hojas, y a través del intercambio de gases en la raíz; el hidrógeno lo proporciona el agua.

✓ **Elementos primarios**

Son considerados como primarios o mayores, porque la planta los demanda en grandes cantidades comparados a los otros nutrientes. Son considerados como elementos mayores el nitrógeno (N), fósforo (P) y el potasio (K).

Nitrógeno (N): Es esencial para el crecimiento de los cafetos. El nitrógeno lo ocupa el cafeto para la formación de las hojas, flores, frutos, etc. La disponibilidad de nitrógeno es alta cuando los cafetales están al sol, también cuando se presenta después de una abundante cosecha.

Fosforo (P): Es importante en la formación de las raíces y para la floración, crecimiento y maduración de los frutos. La demanda de fósforo es menor que la de nitrógeno y potasio; está asociada con el crecimiento de las raíces, por lo que es recomendable aplicar este elemento en el momento de la siembra del cafeto porque favorece un desarrollo radicular.

Potasio (K): Es requerido en grandes cantidades para el crecimiento de la planta de café y más aún para la fructificación. Este elemento se encuentra en mayor proporción en el fruto.

✓ **Elementos secundarios**

Son considerados como elementos intermedios porque las plantas los demandan en cantidades menores a los anteriores. Son elementos secundarios: el calcio (Ca), magnesio (Mg) y el azufre (S).

Calcio (Ca): La función principal del calcio es ayudar a la planta a mantener el estado turgente, indispensable para la realización de todas las actividades metabólicas. También el calcio contribuye a la economía del agua almacenada en el suelo.

Magnesio (Mg): Es otro elemento esencial para el café. La deficiencia de este elemento se manifiesta principalmente durante la época de formación y maduración del fruto y en asocio con altos contenidos de potasio en el suelo.

Azufre (S): Forma parte de algunos aminoácidos y enzimas, y de ciertas proteínas.

✓ **Elementos menores o microelementos**

Son llamados así porque se demandan en menor cantidad. Dentro de este grupo están el boro (B), zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu) y molibdeno (Mo).

Boro (B): De los elementos menores o microelementos, el más importante para el café es el boro, sin restar importancia a los demás. El boro influye en varias funciones fisiológicas del café, como: la fructificación, floración y formación de tejidos nuevos.

2.9. Abonos orgánicos para el cultivo de café

La incorporación de materia orgánica al suelo, mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas (como la estructura y permeabilidad, la capacidad de retención de agua) forma agregados más estables, y da capacidad de intercambio catiónico, facilitando la absorción de nutrientes por la raíz, estimulando el desarrollo de la planta; en suelos arenosos mejora la cohesión de las partículas, la microflora nativa de la composta ayuda a controlar patógenos del suelo (García y Fèlix, 2014).

Los abonos orgánicos más comúnmente utilizados con fines agrícolas son los estiércoles de diferentes especies animales, las compostas y los residuos de cultivos.

Las técnicas de producción de los abonos orgánicos se han desarrollado y mejorado a través del tiempo, procurando utilizar en su mayoría desechos y recursos al alcance de los productores. Entre los más utilizados se encuentran la composta, abono bocashi, lombricomposta, residuos orgánicos como la pulpa de café y desechos vegetales, estiércol (fresco o seco) de animales, entre otros (Robledo y Escamilla, 2016).

La producción y uso de los abonos orgánicos se plantea como una alternativa económica para los pequeños y medianos productores. Las ventajas de los abonos orgánicos van más allá de la parte económica, permiten el aporte de nutrientes, incrementa la retención de humedad y mejora la actividad biológica, con lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad (Ormeño y Ovalle, 2007).

Los abonos orgánicos además de aportar nutrientes, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Robledo y Escamilla, 2016).

Beneficios de los abonos orgánicos

Los beneficios de los abonos orgánicos son muchos, entre ellos:

- ✚ Mejora la actividad biológica del suelo, especialmente con aquellos organismos que convierten la materia orgánica en nutrientes disponibles para los cultivos.
- ✚ Mejora la capacidad del suelo para la absorción y retención de la humedad.
- ✚ Aumenta la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos.
- ✚ Mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo ayudando a liberar nutrientes para las plantas.
- ✚ Facilita la labranza del suelo.
- ✚ En su elaboración se aprovechan materiales locales, reduciendo su costo.
- ✚ Sus nutrientes se mantienen por más tiempo en el suelo.

- ✚ Son amigables con el medio ambiente porque sus ingredientes son naturales.
- ✚ Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y lo mejor de todo, son más baratos (Gòmez y Marco, 2011).

2.9.1. Tipos de abonos orgánicos

A. Lombricomposta

(Jarquìn, *et al.*, 2018). Menciona que la lombricomposta es el producto de las lombrices a partir de la descomposición aeróbica de diversos materiales, es estable y está formado por sustancias estrictamente húmicas.

Beneficios del *humus* como fertilizante orgánico

- Incrementa la solubilidad de los nutrientes retenido en los suelos, a partir de la acción enzimática y bacteriana que propicia en estos.
- Eleva la capacidad de retención de nutrientes en los suelos evitando su lixiviación por sobre humedecimiento.
- Aporta macro y micronutrientes al suelo, regulando su liberación hacia la solución del suelo.
- Propicia el desarrollo y mantenimiento de los microorganismos del suelo.

B. Biofertilizantes

Son súper abonos líquidos con mucha energía equilibrado y en armonía mineral, preparados a base de estiércol de vaca muy fresca disuelta en agua y enriquecida con leche, melaza y ceniza, que se ha colocado a fermentar por varios días en toneles o tanques de plástico, bajo un sistema anaeróbico (sin la presencia de oxígeno) y muchas veces enriquecidas con harina de rocas molidas o algunas sales minerales; como son los sulfatos de magnesio, zinc, cobre, etc., (Restrepo, 2007).

Para que sirven los biofertilizantes

Sirven para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas y la salud de los animales, al mismo tiempo que sirven para estimular la auto-protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades. Por otro lado, sirven para sustituir los fertilizantes químicos altamente solubles de la industria, los cuales son muy caros y vuelven dependientes a los campesinos, haciéndolos cada vez más pobres (Vega, 2014).

Cómo funcionan los biofertilizantes

Funcionan principalmente al interior de las plantas, activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y co-enzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejas, entre otros, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre las plantas y la vida del suelo.

Los biofertilizantes enriquecidos con cenizas o sales minerales, o con harina de rocas molidas, después de su periodo de fermentación (30 a 90 días), estarán listos y equilibrados en una solución tampón y coloidal, donde sus efectos pueden ser superiores de 10 a 100.000 veces las cantidades de los micronutrientes técnicamente recomendados por la agroindustria para ser aplicados foliarmente al suelo y a los cultivos (Restrepo, 2007).

C. Composta

La composta es un abono de fabricación casera. Se hace a partir de basura orgánica y hierbas que se dejan descomponer. La composta es muy buena como abono porque es pura materia orgánica descompuesta, que abona el suelo y mejora la textura (Guzmán, 1982).

Propiedades del compostaje

- ✚ **Mejora las propiedades físicas del suelo.** La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo, el compostaje permite suelos más esponjosos que retienen una mayor cantidad de agua.
- ✚ **Mejora las propiedades químicas.** Aumenta el contenido de micronutrientes y macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio.
- ✚ **Mejora la actividad biológica del suelo.** Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que éstos viven a expensas del humus, que es la materia orgánica descompuesta que resulta de la acción de los microorganismos y contribuye a su mineralización (Picado y Añasco, 2005).

D. Bocashi

El bocashi es un abono resultante de la fermentación de materia orgánica con microorganismos como hongos y bacterias. Toma alrededor de tres semanas y se usa estiércol, gallinaza, pulpa de café y otros y puede elaborarse tanto en climas calientes como frescos, ya que su temperatura es resultante de un proceso interno que no depende del entorno (MAG, 2010).

El Bocashi incorpora al suelo materias orgánicas y nutrientes esenciales como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; los cuales, mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo, estos abonos tienen como objetivo estimular la vida microbiana del suelo y la nutrición de las plantas. Las enmiendas orgánicas varían en su composición química de acuerdo al proceso de elaboración, duración del proceso, actividad biológica y tipos de materiales que se utilicen. La calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo (Ramos, *et al.*, 2014).

Beneficios del uso del bocashi

- ✚ Reducción de costos de producción, ya que el precio de los fertilizantes sintéticos es alto en el mercado comparado con el costo del Bocashi, permitiendo mejorar de esa manera la rentabilidad de los cultivos.
- ✚ Reducción sustancial de productos sintéticos, disminuyendo el riesgo de contaminación de suelo, aire y agua.
- ✚ Se contribuye a la conservación del suelo.
- ✚ Se reduce la acidez de los suelos al dejar de usar sulfato de amonio y sustituirlo por el Bocashi.
- ✚ Si la técnica es aplicada dentro del sistema de agricultura orgánica (sin utilizar productos agroquímicos), se pueden lograr mejores precios de los productos en el mercado (Bertoli, Terry, y Ramos, 2015).

E. Biol

Es un abono foliar orgánico, también llamado biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación en ausencia de aire (anaeróbica) de restos orgánicos de animales y vegetales (estiércol, residuos de cosecha). El biol contiene nutrientes de alto valor nutritivo que estimulan el crecimiento, desarrollo y producción en las plantas (MAG, 2010).

Funciones del biol

El biol nutre, recupera, reactiva la vida del suelo y fortalece la fertilidad de las plantas. Es un abono que estimula la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades y permite sustituir a una gran parte de fertilizantes químicos (Byron, 2010).

Importancia del biol

Promueve las actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas, sirve para las siguientes actividades agronómicas:

- Acción sobre la floración.
- Acción sobre el follaje.
- Enraizamiento.
- Activador de semillas.
- El 92% de la cosecha depende de la actividad fotosintética y el 8% de los nutrimentos que la planta extrae del suelo (MAGAP, 2014).

Ventajas:

- Es un abono orgánico que no contamina suelo, agua, aire ni los productos obtenidos de las plantas. Es de bajo costo, se produce en la misma parcela y emplea los recursos locales.
- Se logra incrementar hasta 30 % en la producción de los cultivos sin emplear fertilizantes químicos.
- Se puede elaborar el biol en cualquier terreno donde se almacenan los residuos agrícolas (Mosquera, 2010).

F. Microorganismos de montaña

Es un fertilizante que se prepara a partir de un proceso de fermentación mediante microorganismos de montaña (fase sólida), sobre restos orgánicos de animales, vegetales (melaza de caña de azúcar), rocas molidas, y sales minerales a base de zinc, hierro, cobre, potasio, magnesio y otros minerales; para ser aplicado en las épocas de floración, crecimiento de grano de café y maduración, de acuerdo a las necesidades que demanda el cultivo (Bolaños, Pèrez, y Picazzo, 2016).

Los microorganismos de montaña se reproducen a partir de un inóculo de microorganismos que se deben buscar en un bosque natural con zonas protegidas del sol, con cierta humedad y donde no haya intervención del hombre durante años; incluso un cafetal bajo manejo orgánico. En el sitio, se quita la capa superficial de 2 centímetros, la cual contiene hojas y materiales caídos de los árboles, que todavía no han iniciado el proceso de descomposición. Luego se recolecta la siguiente capa que

ya contiene muchos microorganismos, descartando las hojas y materiales que presenten manchas de color oscuro. Los microorganismos se conservan en una fase sólida y pueden utilizarse en fase líquida según las necesidades del cultivo (Bolaños, Pèrez, y Picazzo, 2016).

Los microorganismos benéficos, pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya habido intervención depredadora del hombre, por lo que aprovecharemos hojarasca del bosque más cercano al cultivo, para su captación y reproducción de una manera sencilla y económica para comenzar a regenerar el suelo donde sean aplicados, es decir a devolverle su memoria, ya que estos microorganismos fueron sus formadores (Vega, 2014).

Los microorganismos de montaña (MM), está compuesto principalmente por hongos y bacterias que representan habitantes naturales de sistemas edáficos alrededor del mundo. Este sistema de microorganismos ha sido promovido recientemente para crear bioles o biofermentos, sistemas líquidos de fertilización con actividad biológica, que puedan ser usados para fertilizar sistemas agrícolas (Umaña, Rodríguez y Rojas, 2017).

2.10. Plagas y enfermedades del café

2.10.1. Enfermedades del café

Hongos, virus y bacterias son las infecciones y enfermedades importantes del café to. Sin embargo, se nota que las enfermedades de origen fúngica (hongo) son las más comunes y atacan tanto el sistema de raíz, ramas, hojas y frutos. El 80.4 % de los cafetaleros reportaron presencia de enfermedades, ocasionada por hongos, siendo las de mayor importancia: el ojo de gallo, roya, mal de hilachas y antracnosis (Didier, 2018)

Roya del café

🚩 **Nombre científico:** *Hemileia vastatrix* (Barrera, et al., 2018).

✚ **Síntomas:** Consiste en la formación de manchas con apariencia amarillenta en la parte superior de la hoja y la formación de un polvo anaranjado en la parte inferior (envés). Las lesiones viejas pueden mostrar un color negro con borde amarillento, sobre todo al inicio de la época lluviosa.

✚ **Control químico:**

Se pueden utilizar los funguicidas oxiclورو de cobre, óxido cuproso, hidróxido de cobre y sulfato de cobre, los cuales actúan como protectores para el control preventivo de la roya del café.

Se recomienda realizar tres aplicaciones, efectuando la primera a partir del inicio de lluvias y las subsiguientes cada 30 días, en dosis de 3 kg por ha, con volumen de 300 a 400 litros de agua, haciendo el cubrimiento adecuado de las hojas (Barrera, *et al.*, 2018).

- Se aplica Cupravit 1 vez al año, medio kg por ha.

Mancha de hierro

✚ **Nombre científico:** *Cercospora coffeicola*

✚ **Parte del café que ataca:** Hojas y frutos

✚ **Síntomas y signos:** La mancha de hierro ataca hojas y cerezas en las cuales aparecen manchas circulares de color café rojizo oscuro y gris claro en el centro, bordes irregulares, cuyo diámetro puede alcanzar hasta 20 mm y rodeadas por un halo amarillento que separa el tejido sano del enfermo.

✚ **Daños:** Los daños ocasionados por la mancha de hierro son importantes debido a las defoliaciones que provoca tanto en viveros como en plantaciones establecidas y en que a los frutos los mancha y ocasiona la caída. El hongo invade esencialmente hojas, pero cuando la enfermedad se presenta muy severa, también ataca a los frutos. Causa numerosas manchas en las hojas que pueden convertirse en perforaciones también provocando defoliación.

✚ **Control químico:**

Para el control químico de la mancha de hierro se recomiendan los siguientes productos:

- Oxicloruro de cobre al 50% polvo humectable, a razón de 4 gramos por litro de agua.
- Manzate al 80% polvo humectable (Maneb) a la dosis de 2 gramos por litro de agua.

Si el peligro de la enfermedad persiste, debe hacerse una segunda y una tercera aplicación con intervalos de un mes (Barrera, *et al.*, 2018).

Mal de hilachas

✚ **Nombre científico:** *Corticium koleroga*

✚ **Parte del cafeto que ataca:** Hojas, ramas y frutos.

✚ **Síntomas y signos:** La infección por mal de hilachas se presenta en tallos jóvenes, ramas y cerezas. El ataque se inicia en la parte inferior de las ramas y avanza de la base hacia la punta en forma de hilos o cordones finos, hasta llegar a las hojas en donde se ramifica abundantemente en el envés, llegando a cubrir la totalidad de la superficie foliar donde toma apariencia a una película blanquecina y semitransparente, del que emergen los tubos alimenticios o haustorios que penetran la epidermis de la hoja para succionar los jugos celulares. Las hojas se marchitan, oscurecen, secan y finalmente se desprenden de las ramas pero quedan colgando.

✚ **Daños:** El hongo de mal de hilachas invade las ramas tiernas, las hojas y frutos, en ataques intensos se observa un crecido número de ramas y cerezas secas, los cuales se defolian intensamente y su producción es casi nula.

✚ **Control químico:**

Puede hacerse con alguno de los fungicidas siguientes en aspersion al follaje a intervalos de 30 a 35 días:

- Oxicloruro de cobre al 50% polvo humectable, a razón de 4 gramos por litro de agua.
- Atemi 500 ml/ha en 200 litros de agua.
- Silvacur 700 ml/ha en 200 litro de agua.
- Cupravit 0.5-0.75 kilogramos en 200 litros de agua (Barrera, *et al.*, 2018).

2.10.2. Principales plagas del café

La broca del café, los nematodos y barrenadores son las plagas más importantes del cafeto. Sin embargo, existen plagas más generales como las tuzas o las hormigas arrieras que provocan daños severos en algunos casos. Las prácticas de injerto y el trampeo son buenas prácticas para combatir algunas plagas, lo más importante es tener una correcta sanidad de su cafetal a través de la diversificación de especies de árboles para sombra y barreras (Didier, 2018)

(Barrera, *et al.*, 2018). Menciona algunas plagas importantes en el cultivo del café:

Minador de la hoja

✚ **Nombre científico:** *Leucoptera coffeella*

✚ **Parte del cafeto que afecta:** Hojas

✚ **Síntomas:** Las hojas muestran manchas irregulares de color café claro. La superficie dañada se separa en dos capas al frotarla y puede observarse un gusanito blanco de 2 a 5 mm.

✚ **Daños e importancia económica:** Las hojas son los únicos órganos afectados. El daño es ocasionado por la larva, y se estima que la presencia de cuatro larvas por hoja puede provocar su caída. Ataques severos destruyen mucho tejido foliar y pueden provocar defoliaciones. La falta de hojas reduce la actividad fotosintética y como consecuencia la disponibilidad de nutrientes para los frutos.

✚ **Manejo agroecológico:**

- Regular la sombra en época próxima al establecimiento de las lluvias.
- Fertilizar adecuadamente.
- Mantener una cobertura gruesa sobre el suelo.
- Manejar las arvenses.
- Podar el cafeto para estimular crecimiento vigoroso.

Broca del café

- ✚ **Nombre científico:** *Hypothenemus hampei*
- ✚ **Parte del cafeto que ataca:** Fruto y grano.
- ✚ **Síntomas:** Frutos verdes, maduros y secos presentan un agujero en su parte apical que coincide con el centro o anillo del ostiolo del fruto. Un corte del fruto puede mostrar los granos dañados.
- ✚ **Daños e importancia económica:** La broca es considerada la plaga más importante del café a nivel mundial. Reduce el rendimiento y merma la calidad del grano. Los daños más característicos son: pudrición de granos, caída de frutos jóvenes y disminución de peso del grano.
- ✚ **Manejo agroecológico:**
 - Recolectar los frutos después de la cosecha.
 - Monitoreo y trapeo masivo de brocas voladoras durante el periodo intercosecha con trampas artesanales.

Barrenador del tallo y de la raíz

- ✚ **Nombre científico:** *Hammatoderus maculosus*.
- ✚ **Parte del cafeto que ataca:** Tallo y raíz.
- ✚ **Síntomas:** Las plantas atacadas muestran a nivel del suelo y junto al tallo un montoncito o volcancito de aserrín o polvillo blanco-amarillento. Al observar con atención la base del tallo, se podrá identificar el o los agujeros (5.0 mm) por donde sale el aserrín. Un corte longitudinal del tallo y raíz puede poner al descubierto una larva grande blanca-cremosa.
- ✚ **Daños e importancia económica:** Los daños los provoca la larva al barrenador internamente al tallo y la raíz pivotante. El ataque retrasa el crecimiento de la planta y puede ocasionarle directamente la muerte al dañar la raíz, o indirectamente al facilitar la quiebra del tallo.
- ✚ **Manejo agroecológico:**
 - Efectuar la poda sanitaria.
 - Fertilizar adecuadamente.
 - Manejar la maleza.

- La larva se puede matar pinchándola al introducir un alambre por el agujero de excreción del aserrín o inyectando a través de éste algún insecticida químico o biológico.

2.11. Deficiencias nutricionales del café

(Didier, 2018). Menciona que identificar las deficiencias en nutrientes de las plantas permite saber de manera adecuada las necesidades de los cafetos. De esta manera, se invertirá razonablemente en productos que requiere la parcela. Así, se podrá también producir lo que nos hace falta en vez de comprarlo, o sino hacer una compra segura.

Macronutrientes primarios

- **Deficiencia en Nitrógeno (N):** hojas adultas presentan una clorosis, amarillamiento uniforme en hojas desde la punta y del nervio central hacia los bordes. Afecta el crecimiento vegetal y el desarrollo de los frutos.
- **Deficiencia en Fosforo (P):** hojas adultas presentan manchas rojizas de tamaño variable. El Fósforo juega una función importante en el desarrollo de los frutos y nuevos tejidos.
- **Deficiencia en Potasio (K):** hojas adultas presentan necrosis a la punta de las hojas en forma de “V” al revés. El Potasio participa en la formación de los aceites esenciales de las semillas, que dan el sabor y el olor al café a la hora de tostarlos.

Macronutrientes secundarios

- **Deficiencia en Calcio (Ca):** la punta de las hojas tienen forma de “cuchara” retorcida, con un amarillamiento de los bordes hacia el centro. El Calcio ayuda a la formación de las semillas y las raíces.

- **Deficiencia en Magnesio (Mg):** los espacios entre el nervio central y los secundarios se vuelven amarillos y provoca la caída de las hojas y de los frutos. El Magnesio ayuda a la formación de la clorofila.
- **Deficiencia en Azufre (S):** el borde de las hojas se amarilla y puede ganar toda la hoja. La deficiencia de Azufre reduce la asimilación del Nitrógeno.

Micronutrientes

- **Deficiencia en Boro (B):** las hojas se endurecen y se vuelven como cuero. Los entrenudos se cortan. El botón terminal muere lo que provoca nuevas hojas en forma de abanico. Es necesario para el crecimiento de la raíz, el metabolismo del N, la acumulación de azúcar y la regulación potasio-calcio.
- **Deficiencia en Hierro (Fe):** las hojas presentan clorosis de los tejidos entre los nervios, haciendo aparecer manchas amarillas-blancas. Las hojas son de tamaño superior a la normal. Ayuda al mantenimiento de la clorofila, al crecimiento en plantas jóvenes y a la producción de café.
- **Deficiencia en Zinc (Zn):** las hojas tienen un desarrollo reducido con respecto a la normal, son lanceoladas y con disformidad. La planta presenta entrenudos muy cortos, lo que da nuevas hojas en forma de “escoba de bruja”. Participa en el crecimiento de la planta y de sus frutos. Además favorece la absorción del fósforo.

2.12. Cosecha del café

La recolección de café cereza debe hacerse con el mayor cuidado posible. Lo mejor es cortar una cereza a la vez y de manera selectiva, cosechar el café maduro que haya alcanzado un color rojo cereza o un amarillo uniforme. Al terminar la jornada diaria de cosecha se debe separar todo aquello que no sean cerezas maduras: hojas, ramas, frutos secos, granos verdes o pintones (cerezas secas).

Para cosechar el café se recomienda utilizar bolsas o cestos de fibra natural. Sin embargo, algunos productores utilizan bolsas de polietileno, por lo cual, deben

asegurarse de usar este tipo de bolsas únicamente para cosechar el café. En caso de reutilizar bolsas o cestos lo cual no se recomienda, debemos estar completamente seguros de que no han sido empleados para guardar agroquímicos o alimentos balanceados para ganado y lavarlos perfectamente con agua limpia (Aranda, González y Taurino SF).

Recipientes para la cosecha

En la cosecha de café deben utilizar los recipientes adecuados que permitan cuidar la calidad del producto tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Deben evitarse los cestos o tenates con bordos ásperos que causen daños.
- Dependiendo del estado donde se produce café, los cortadores utilizan distintos recipientes para la cosecha, pudiendo ser estos de plástico, mimbre o palma. Estos recipientes reciben el nombre de acuerdo al lugar; los más comunes son: cestos, tenate y bolsa (Robledo y Escamilla, 2016).

2.12.1. Tipos de café al momento del corte

- ✚ **Café tierno.** Fruto que se corta sin que haya alcanzado su desarrollo en tamaño y en madurez; es de densidad muy baja, flota en el tanque de recibo, y algunos frutos ni siquiera tiene aún grano en su interior.
- ✚ **Café verde.** Aún no alcanza su formación ni desarrollo normal; todavía no tiene mucílago, su tamaño y peso son inferiores a los del café maduro, y al despulparlo sufre daños mecánicos. Al tostarlo su color es blanco amarillento, y la bebida adquiere un sabor amargo, por lo que en la catación del producto se detecta fácilmente que hubo alta presencia de estos frutos en la cereza recibida.
- ✚ **Café vano.** Fruto ligero que por razones físicas o genéticas no tuvo formación de semillas.
- ✚ **Café semimaduro.** Los frutos con este grano incompleto de madurez, presentan manchas verdes, amarillas o rosadas, por lo que también se le llama café sazón o pintón. En la prueba de degustación, este café produce

como característica intrínseca, un sabor a pasto, y aunque se le considera un defecto sin mucha importancia, si demerita la calidad a la taza.

- ✚ **Café maduro.** Fruto en plena madurez, de color uniforme, rojo o amarillo según la variedad, que ha llegado en la finca a su punto de cosecha y calidad óptima.
- ✚ **Café sobremaduro.** Son frutos “agrios” que se pasan del punto óptimo de madurez en la mata, o bien, una vez cortados, se dejaron sin despulpar por mucho tiempo, por lo que adquieren un color café chocolate; si el daño apenas inicia, el café toma un sabor a fermento afrutado, pero si el daño se acentuó, la infusión adquiere un sabor a vino, siendo en casos extremos un sabor agrio.
- ✚ **Café “pasa” o “seco”.** Son frutos que se secaron en los cafetos por no cortarse a tiempo, ya sea por descuido o por falta de mano de obra; el sabor que generan estos frutos en la bebida, es muy característico al denominado “sabor madera” por los catadores (López, 2013).

III. JUSTIFICACIÓN

En México la producción y comercialización de planta de café carece de regulación oficial y de un protocolo que garantice el logro y distribución de material de plantación de calidad agronómica alta y legitimidad genética (Lòpez, Dìaz y Zamarripa, 2013).

En la actualidad en el marco de una cafecultura sostenible, no solo es necesario contar con variedades de elevada productividad y resistencia a plagas y enfermedades, sino la búsqueda de variedades de alta calidad y adaptación a diferentes sistemas de cultivo y manejo (Zamarripa y Escamilla, 2016).

En México existe una amplia gama de especies y variedades de café distribuidas en diferentes regiones ecológicas. Por lo que para utilizar abonos orgánicos en el desarrollo vegetativo de las plántulas es conveniente conocer la estructura fisiológica de la planta de café para saber principalmente el funcionamiento de cada uno de los componentes que la forman y de esa manera saber cuándo fertilizar.

Cambiar los fertilizantes por los abonos orgánicos es una alternativa para contribuir con el medio ambiente porque además de aportar nutrientes, mejoran las propiedades físicas, químicas y bioquímicas del suelo. Las técnicas de producción de los abonos orgánicos se han desarrollado y mejorado a través del tiempo, procurando utilizar en su mayoría desechos y recursos al alcance de los productores (Robledo y Escamilla 2016).

IV. HIPÓTESIS

El desarrollo vegetativo de las plántulas de café de las variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia tendrá un efecto positivo al ser biofertilizadas con biol al 5%-10% y microorganismos del bosque al 5%-10%, respecto a las plántulas de café sin biofertilización.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos biofertilizantes: biol (5% y 10%) y microorganismos del bosque (5% y 10%), sobre el desarrollo vegetativo de plántulas de café de las variedades Costa Rica 95, Sarchimor y Colombia.

5.2. Objetivos específicos

Medir el desarrollo vegetativo de cada variedad bajo los siguientes tratamientos (T1: 5% biol, T2: 10% biol, T3: 5% microorganismos del bosque, T4 10% microorganismos del bosque y T5: Testigo (sin biofertilizante) considerando las siguientes variables:

- ✚ Altura de las plántulas
- ✚ Total ramas plagiotropicas
- ✚ Diámetro del tallo
- ✚ Total de hojas
- ✚ Longitud rama plagiotropica

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Localización del área de trabajo

El trabajo se realizó en el vivero de la finca cafetalera La “ILUSION”, localizado en la comunidad de San Andrés de los Gama, Municipio de Temascaltepec; Estado de México. El clima predominante es templado subhúmedo, presenta una temperatura media anual que oscila entre los 18 °C y los 20 °C, y se encuentra en las coordenadas: Longitud (dec): -99.974444 Latitud (dec): 19.03638. A una altura de 2105 metros sobre el nivel del mar. El trabajo de campo se realizó de octubre a diciembre de 2020.

6.2. Material

6.2.1. Material biológico

- 45 plántulas de un año de edad de tres variedades de café; Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia. (15 plántulas de cada variedad).
- Biofertilizantes: Biol y Microorganismos del bosque.

6.2.2. Material auxiliar de campo

- Regla de 30 cm
- Vernier
- Etiquetas de plástico de diferente color
- Cinchos de plástico
- Atomizadores
- Libreta
- Pluma
- Marcador
- Cámara fotográfica

6.3. Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron durante el experimento se muestran a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Tratamientos aplicados (agua: biol o microorganismos del bosque) a las plántulas de café de las variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia.

Tratamiento	Descripción
T1	Biol 5%
T2	Biol 10%
T3	Microorganismos del bosque 5%
T4	Microorganismos del bosque 10%
T5	Testigo (agua)

6.3.1. Preparación de disoluciones de los tratamientos

La solución se preparó previo a su aplicación, se utilizaron vasos graduados de 100 ml, donde se hizo una mezcla de 100 ml como se muestra a continuación:

- 5 ml de biol y 95 ml de agua
- 1 ml de biol y 90 ml de agua
- 5 ml de microorganismos del bosque y 95 ml de agua
- 10 ml de microorganismos del bosque y 90 ml de agua
- 100 ml de agua (ilustración 1).



Ilustración 1. Preparación de las disoluciones.

Una vez que se terminó de mezclar se colocó en un atomizador donde se agitó por varios segundos para que quedara completamente mezclado.

Posteriormente se midió el PH antes de aplicarlo y los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Medición del PH del biol y microorganismos del bosque.

Medición de PH		
	Primera lectura	Segunda lectura
Biol al 5%	4.3	3.9
Biol al 10%	3.8	3.5
Microorganismos del bosque al 5%	3.9	3.5
Microorganismos del bosque al 10%	3.7	3.4

6.4. Manejo de las variedades

Previo al inicio y durante el experimento se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Limpieza área de trabajo

Se realizó la limpieza una semana antes donde se cortó la maleza y emparejo el lugar donde se llevó a cabo el experimento.

Selección de variedades:

Se seleccionaron 15 plántulas de café de 16 cm en promedio de altura las siguientes variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia, para los cual se consideró la altura de las plántulas que todas fueran homogéneas.

Preparación del sustrato

Se elaboró 200 kilos de sustrato bien cernido para facilitar el trasplante y que esto permita el libre crecimiento de las raíces, el cual contenía arena de río (30 kg), tierra local (35 kg), ceniza (10 kg), lombrihumus (30 kg), estiércol de ovino (30 kg), estiércol de bovino (30 kg), arena basáltica (20 kg) y tierra de remanso (15 kg).

Trasplante:

Para el trasplante, se llenaron bolsas negras de polietileno de 35 cm de largo por 18 cm de ancho donde se iban trasplantando las plántulas para posteriormente acomodarlas y regarlas.

Acomodo de bolsas:

Se acomodaron las 45 plántulas de las tres variedades de café (Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia), en un espacio de 100 cm de ancho por 500 cm de largo.

Etiquetado de bolsas:

A cada una de las plántulas de las tres variedades de café (Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia), se le colocó una etiqueta para su identificación, el color era diferente para cada tratamiento como se muestra a continuación:

- Verde: T1 biol al 5%
- Rosa: T2 biol al 10%
- Anaranjado: T3 microorganismos del bosque al 5%
- Amarillo: T4 microorganismos del bosque al 10%
- Morado: Testigo

Preparación de biofertilizantes:

Los biofertilizantes fueron proporcionados por el Sr. Federico Barrueta Barrueta donde se colocaron en dos garrafones de 6 litros bien tapados y colocados en un lugar limpio, fresco y oscuro para evitar los rayos de luz (ilustración 2).



Ilustración 2. Envases donde se guardaron los biofertilizantes.

Los biofertilizantes se elaboran de la siguiente manera:

❖ **Biol**

Para la preparación del biol se basó en el libro de biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca (Restrepo, 2007).

Las cantidades básicas, que se utilizan de cada ingrediente para preparar 200 litros de biol se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Cantidades básicas de cada ingrediente para la preparación del biol.

Ingredientes	Cantidades
Agua (sin tratar)	180 litros
Estiércol de vaca	50 kilos
Melaza (o jugo de caña)	2 (4) litros
Leche (o suero)	2 (4) litros
Ceniza de leña	4 kilos

Materiales

- ✓ 1 recipiente plástico de 200 litros de capacidad.
- ✓ 1 recipiente plástico de 100 litros de capacidad.
- ✓ 1 cubeta plástica de 10 litros de capacidad.
- ✓ 1 pedazo de manguera de 1 metro de largo y de 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro.
- ✓ 1 niple roscado de bronce o cobre de 5 centímetros de largo y de 3/8 a 1/2 de pulgada de diámetro.
- ✓ 1 botella desechable.
- ✓ 1 colador a tul para colar la mezcla.
- ✓ 1 palo para mover la mezcla.

Preparación

1er. Paso. En el recipiente plástico de 200 litros de capacidad, disolver en 100 litros de agua no contaminada los 50 kilos de estiércol fresco de vaca, los 4 kilos de ceniza, y revolvemos hasta lograr una mezcla homogénea.

Observaciones. Siendo posible, recolectar el estiércol bien fresco durante la madrugada en los establos donde se encuentra el ganado. Pues, entre menos luz solar le incida al estiércol de vaca, mejores son los resultados que se obtienen con los biofertilizantes.

2do. Paso. Disolver en la cubeta plástica, 10 litros de agua no contaminada, los 2 litros de leche cruda o 4 litros de suero con los 2 litros de melaza y agregarlos en el recipiente plástico de 200 litros de capacidad donde se encuentra el estiércol de vaca disuelta con la ceniza y revolvemos constantemente.

3er. Paso. Completar el volumen total del recipiente plástico que contiene todos los ingredientes, con agua limpia hasta 180 litros de su capacidad y revolverlo.

4to. Paso. Tapar herméticamente el recipiente para el inicio de la fermentación anaeróbica del biol y conectarle el sistema de la evacuación de gases con la manguera (sello de agua).

5to. Paso. Colocar el recipiente que contiene la mezcla a reposar a la sombra a temperatura ambiente, protegido del sol y las lluvias. La temperatura ideal sería la del rumen de los animales poligástricos como las vacas, más o menos a 30 °C a 40 °C.

6to. Paso. Esperar un tiempo mínimo de 20 a 30 días de fermentación anaeróbica, para luego abrirlo y verificar su calidad por el olor y el color, antes de pasar a usarlo.

Nota. No debe presentar olor a putrefacción, ni ser de color azul violeta. El olor característico, debe ser el de fermentación y un color ámbar brillante y traslucido.

❖ **Microorganismos del bosque**

Para la preparación de los microorganismos del bosque se basó en el libro manual de microbiología y remineralización de suelos en manos campesinas (Simòn, 2014).

Materiales e insumos

- ✓ Cepa 1: 2 kg (mantillo de Oaxaca, Chiapas y Veracruz)
- ✓ Cepa 2: 2kg (mantillo del Estado de México)
- ✓ Salvado de arroz 5 kg
- ✓ Melaza 3 galones
- ✓ Agua
- ✓ 2 tambos de 200 litros

Procedimiento

1er. Paso. Se toma materia orgánica en descomposición de un bosque cercano, siempre conviene que sea desde la hojarasca más degradada hasta lo más superficial del suelo, sin tierra.

2do. Paso. Se mezcla el mantillo de la (cepa 1 y 2) y salvado de arroz, hidratándolo con melaza hasta que la mezcla quede húmeda y homogénea. Se recomienda mezclar en un piso firme.

3er. Paso. Se coloca la mezcla en un tambo de 200 litros y se compacta muy bien. Una vez que se ha compactado todo el material dentro del tambo, se procede a cerrar muy bien el tambo.

4to. paso. Se deja reposar durante dos meses.

5to. Paso. Posteriormente se saca una muestra representativa de 2 kg de microorganismos del bosque, para colocarlos en una bolsa de manta o yute donde se colocaran en el segundo tambo vertiendo 100 litros de agua y 2 galones de melaza. Se tapa muy bien y se deja reposar durante 2 meses para posteriormente aplicarlo.

El análisis físico y químico de los biofertilizantes que se utilizaron se muestra a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis físico químico de los biofertilizantes.

	Biol	Microorganismos del bosque
Conductividad	1480 $\mu\text{s}/\text{cm}$	1026 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Sales disueltas totales	8700 ppm	3900 ppm
PH	2.0	1.35
Nitratos	6100 ppm	2400 ppm
Potasio	2900 ppm	2600 ppm
Calcio	42 ppm	97 ppm
Temperatura	21.2 °C	20.8 °C

✚ Riego:

Los riegos se realizaron de acuerdo a las necesidades de las plantas, por lo general se llevaban a cabo cada 4 días durante el experimento (ilustración 3).



Ilustración 3. Riego de plántulas de café.

✚ Limpieza de malezas:

El deshierbe de las plántulas se realizaba de forma manual cada 15 días por lo regular, arrancando la maleza con la mano para evitar algún daño a las plántulas.

6.5. Aplicación de biofertilizantes

Los biofertilizantes se aplicaron cada 8 días por las mañanas (8:00 AM). La aplicación se realizó durante tres meses (octubre - diciembre) y antes de cada aplicación se procedió a la evaluación de cada uno de las variables establecidas. A cada plántula de cada tratamiento se asperjó con 10 ml de biofertilizante utilizando un atomizador por tratamiento (ilustración 4).



Ilustración 4. Aplicación de biol y microorganismos en plántulas de café

6.6. Variables de estudio

✚ Altura de las plántulas

Al inicio del experimento las plantas de cada tratamiento se midieron a partir de la base del tallo hasta el ápice, considerando esta medida como la altura inicial, posteriormente cada ocho días se midieron de la misma forma, durante doce periodos, utilizando una regla graduada en cm. Las mediciones se realizaron el día anterior a la aplicación del biofertilizante (ilustración 5).



Ilustración 5. Medición de la altura de las plántulas de café.

✚ Total de ramas plagiotropicas

El número de ramas plagiotropicas de cada plántula se contó y registró cada 8 días durante 12 periodos (ilustración 6).



Ilustración 6. Conteo de ramas plagiotropicas de las plántulas de café.

✚ Diámetro del tallo principal

El diámetro del tallo principal se midió y registró cada 8 días, utilizando un Vernier, durante 12 periodos (ilustración 7).



Ilustración 7. Medición del diámetro de las plántulas de café.

✚ Total de hojas

En cada plántula se
número de hojas

contó cada 8 días el
presentes (ilustración 8).



Ilustración 8. Conteo de hojas de las plántulas de café.

✚ Longitud rama plagiotropica

La longitud de las ramas plagiotropicas de cada plántula se midió con una regla graduada
durante
9).

(cm) y registró cada 8
12 periodos (ilustración



Ilustración 9. Medición de la longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de café.

6.7. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones (variedades) por cada tratamiento. Cada plántula representó una repetición.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}; j = 1, \dots, b; i = 1, \dots, t.$$

Donde los componentes de la ecuación representan:

Y_{ij} : respuesta de la j -ésima unidad experimental con el tratamiento i -ésimo.

M : media general, común en todas las unidades antes de aplicar los tratamientos.

T_i : efecto de la i -ésimo tratamiento.

E_{ij} : error de la j -ésima repetición en el i -ésimo tratamiento

6.8. Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA. Se aplicó la prueba de Tukey ($P > 0.05$) y se utilizó el programa estadístico MINITAB.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Altura de las plántulas

En la tabla 7. Muestra el comportamiento de la altura de las variedades de café en cada tratamiento. En todas las variedades la altura incrementó a través de las semanas. Existió diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P=0.010$) y entre especies ($P=0.035$). La variedad Sarchimor presento 9.3% más altura ($p=0.035$) que la variedad Colombia. Sin embargo, fue similar la altura de las plántulas a la variedad Costa Rica. (Anacafè, 2020), menciona que las plantas de la variedad Sarchimores, son plantas de porte bajo, brote verde o bronce, vigor y producción alta, bien adaptado en zonas de baja y media altitud, y buena calidad. Este trabajo se desarrolló en una zona del sur del Estado de México a una altura de 2,105 m.s.n.m. lo cual coincide con la altura de adaptación que menciona ANACAFE (2020).

Tabla 7. Alturas promedio de variedades de café y su comportamiento en cada

	Sarchimor	Costa Rica 95	Colombia	promedio
T1	29.5A	30.5A	27.8A	29.3 _a
T2	29A	29.3A	24.7B	27.6 _{ab}
T3	28.8B	27.2B	25.3B	27.1 _a
T4	27.7C	23.5C	25.3B	25.5 _b
T5	28.8B	25.7C	27.3A	27.3 _{ab}
promedio	28.8 _a	27.2 _{ab}	26.1 _b	

tratamiento.

En la ilustración 10. Las plántulas de la variedad Sarchimor del T1 y T2 en la primera semana presentaron una altura promedio de 18 cm por plántula, sin embargo, en la semana 2 y 3 en el T1 y el T2 en la semana 3 y 4 se mantiene la altura en 19 cm, que posteriormente muestra un incremento hasta la semana número 12. Las plántulas del T3, T4 y T5 presentaron una altura promedio de 19 cm en la semana 1, sin embargo, el T3, en la semana 2 y 3 se mantiene y posteriormente muestra un incremento hasta la semana 12.

Ilustración 10. Altura de las plántulas de la variedad Sarchimor.

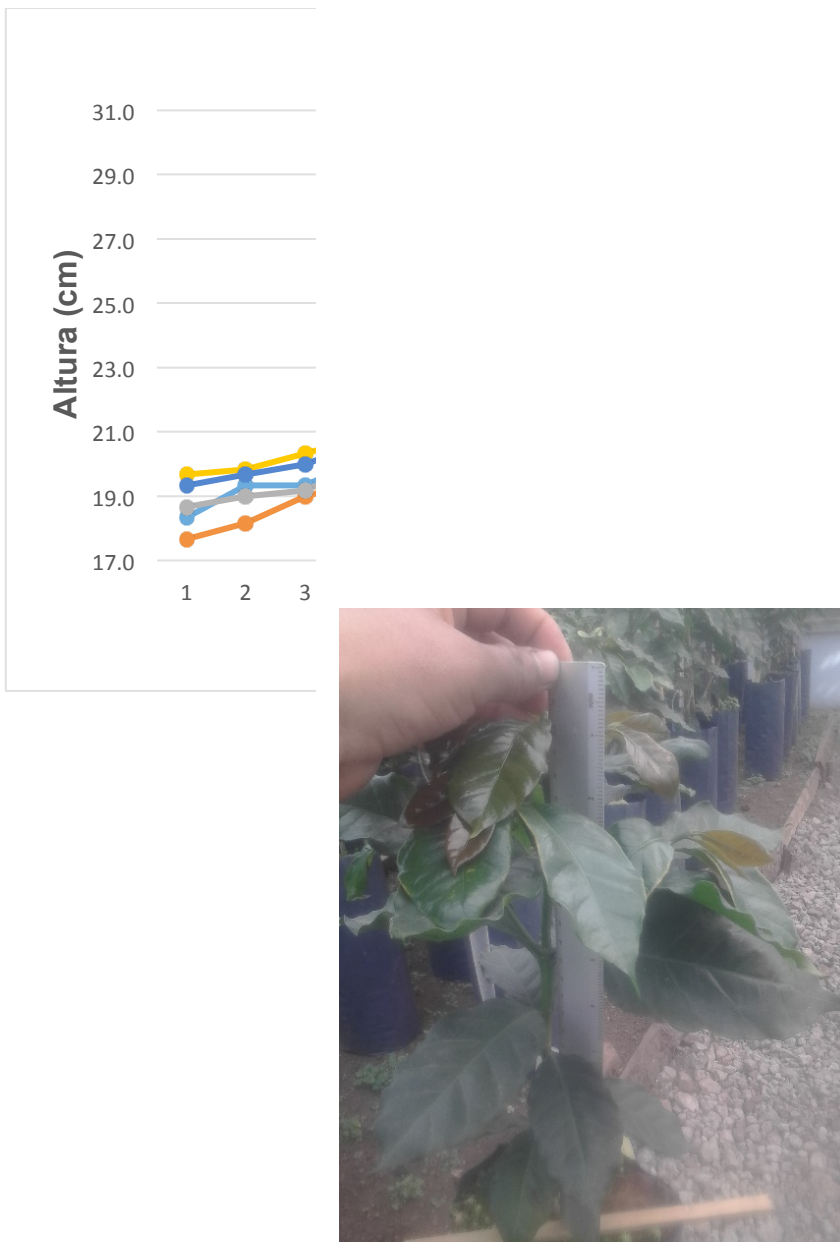
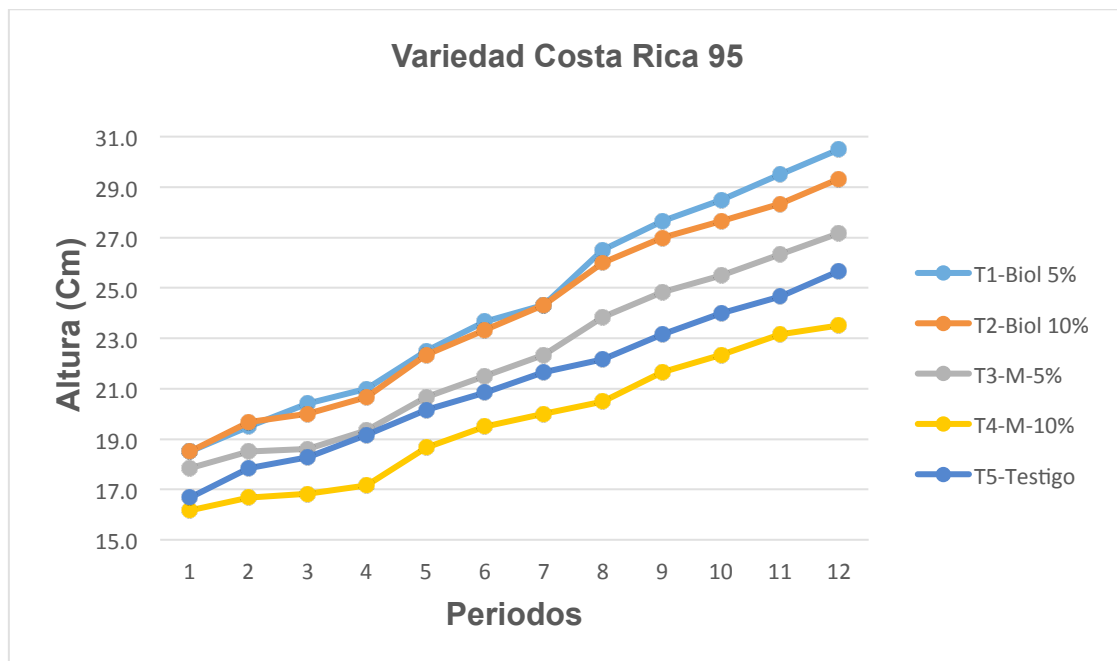


Ilustración 11. Medición de la altura de la variedad Sarchimor.

En la ilustración 12. Las plántulas de la variedad Costa Rica 95 del T1, T2 y T3 en la semana 1 en promedio midieron de 18 a 19 cm de altura por planta, tanto que el T4 y T5 en promedio midieron de 16 a 17 cm de altura, que posteriormente se vio un incremento en los cinco tratamientos, alcanzando las plántulas del T1 la mayor altura de 30 a 31 cm por planta en la semana 12, sin embargo, el T4 alcanzó una altura de 21 cm por planta en la semana 12 lo que quedo por debajo de los otros tratamiento.

Ilustración 12. Altura de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.



En la ilustración 13. Las plántulas de la variedad Colombia del T1 y T2 en la semana 1 en promedio midieron 17 cm de altura por planta, tanto que los T3, T4 y T5 midieron 16 cm de altura en promedio, sin embargo el T3, en la semana 2 y 3 no hubo un desarrollo en las plantas, así mismo en los cinco tratamientos hubo un desarrollo hasta la semana 12, pero en el T1 y T5 las plantas alcanzaron una altura promedio de 27 a 28 cm de altura, y los tratamientos T3, T4 y T5 alcanzaron una altura de 25 cm por planta en la última semana.

Ilustración 13. Altura de las plántulas de la variedad Colombia.

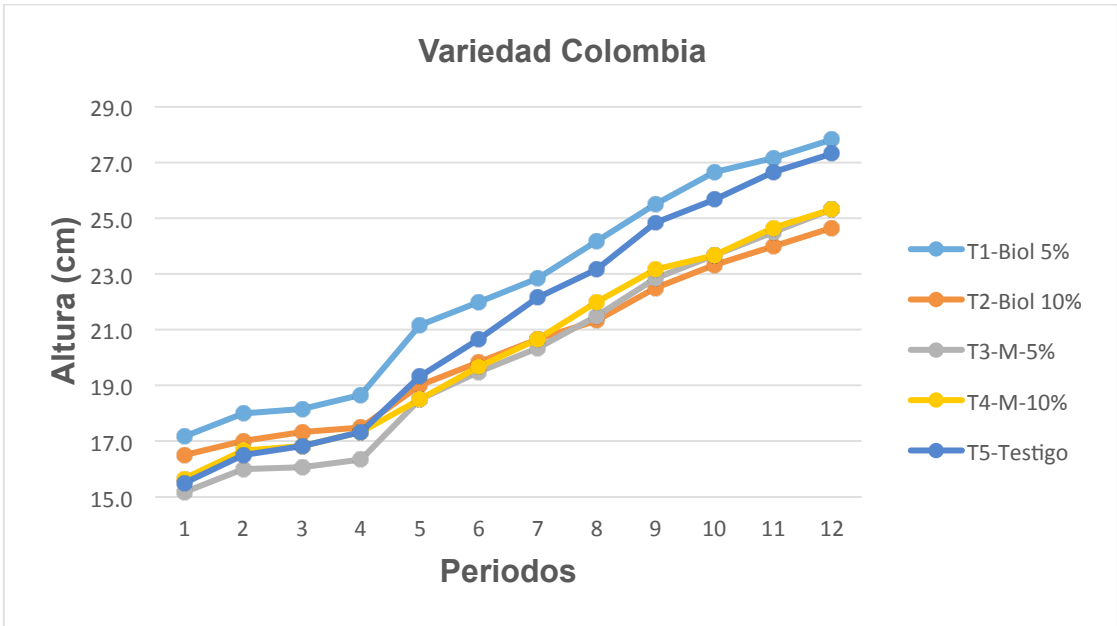




Ilustración 14. Medición de la altura de la variedad Colombia.

7.2. Total de ramas plagiotropicas

El total de ramas plagiotropicas de cada variedad por tratamiento se muestra en la tabla 8. No existió diferencia significativa entre tratamientos ni entre especies ($P > 0.05$). El promedio de ramas en los tratamientos fue de 4. El número total de ramas plagiotropicas en las especies fue de 7 ramas. La cantidad de ramas plagiotrópicas puede ser un indicador representativo del crecimiento de la planta, es obvio pensar que a mayor número de ramas se obtendrán mayores rendimientos (Sotelo y Téllez 2007).

Tabla 8. Total de ramas plagiotropicas de variedades de café.

Tratamiento	Costa Rica			Promedio	Valor de P
	Sarchimor	95	Colombia		
T1	4	4	5	4	NS
T2	4	4	4	4	NS
T3	5	5	4	5	NS
T4	4	4	4	4	NS
T5	5	4	4	4	NS
Promedio	7	7	7		

P>0.05 No existe diferencia significativa.

En la ilustración 15. Las plántulas de la variedad Sarchimor del tratamiento 1, durante las primeras cinco semanas no desarrollo ramas plagiotropicas. Los T2, T3, T4, y T5 presentaron en la segunda semana el desarrollo de una rama, sin embargo, en las semanas 3, 4 y 5 no presentaron desarrollo de ramas. Posteriormente en la semana 12 se desarrollaron 4 ramas.

Ilustración 15. Total de ramas plagiotropicas de las plántulas de la variedad Sarchimor.

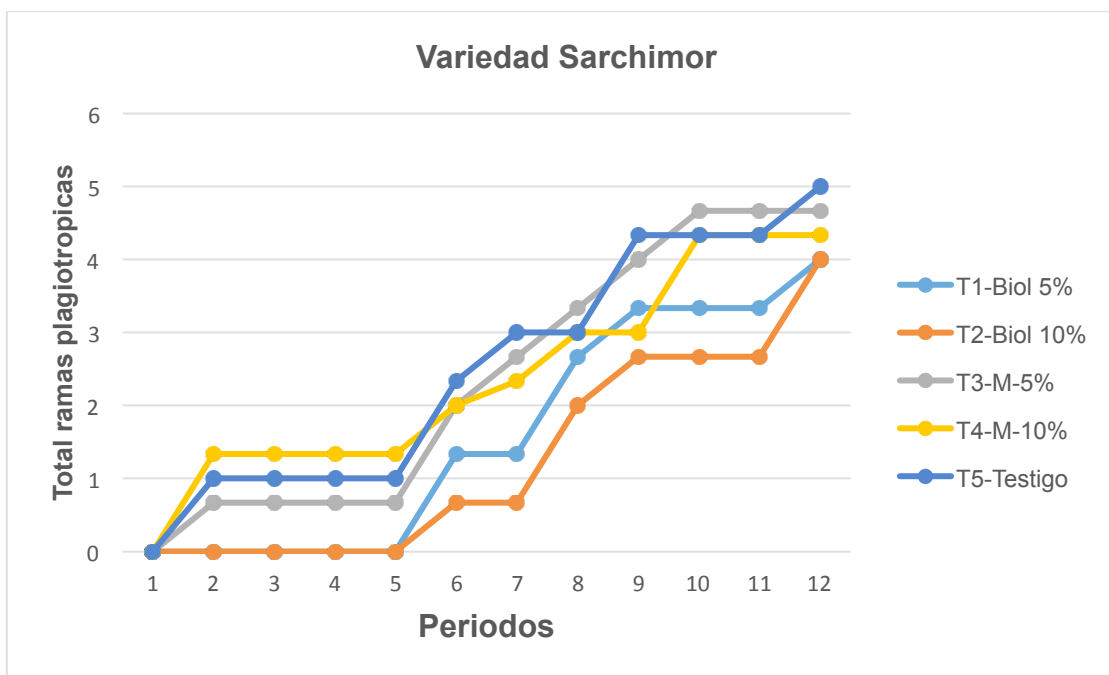
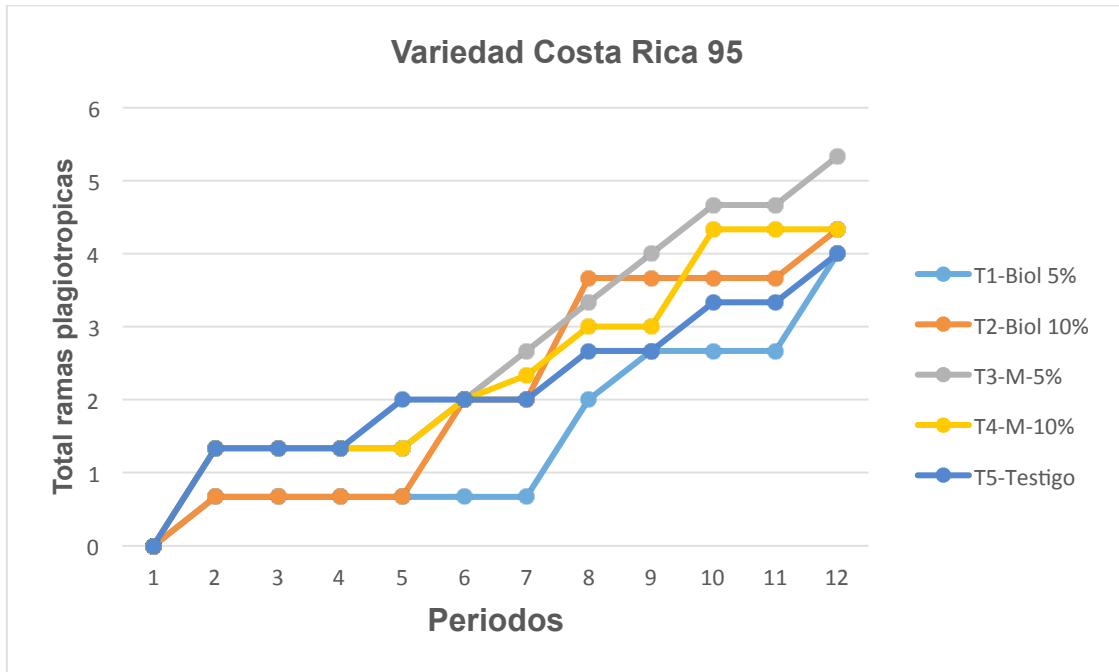




Ilustración 16. Conteo de ramas plagiotropicas de la variedad Sarchimor.

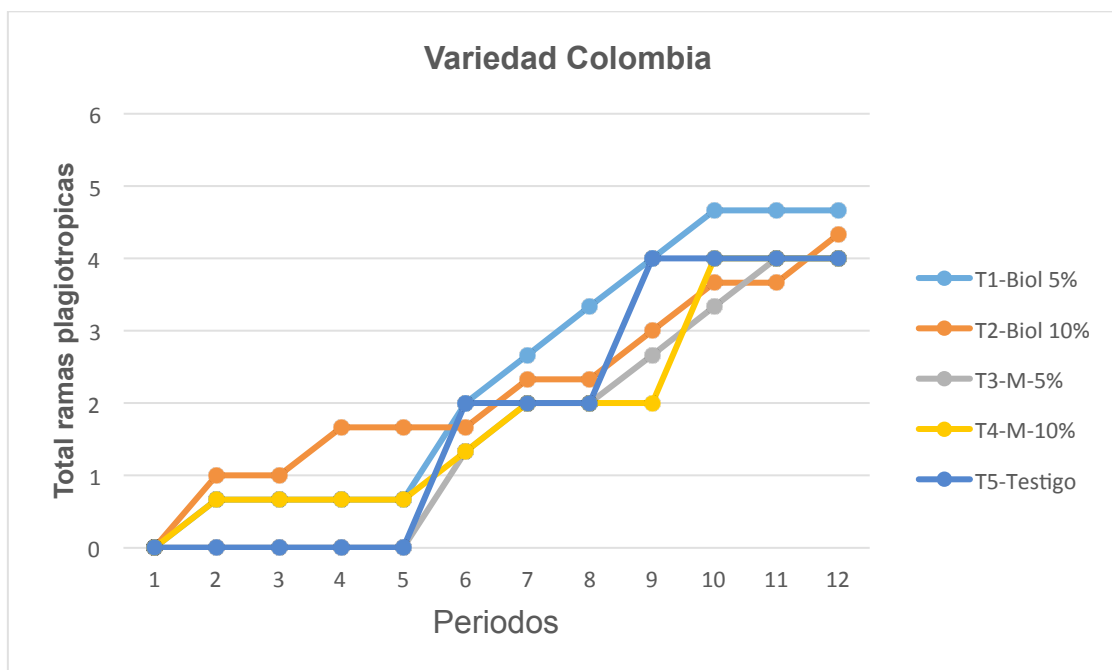
En la ilustración 17. Las plántulas de la variedad Costa Rica 95 del T1 y T2, durante la semana 1 hasta la semana 7 no se desarrollaron ramas plagiotropicas, sin embargo, el T3, T4 y T5, en la semana 2 presentaron 1 rama plagiotropicas por lo que si hubo desarrollo, el T3 fue el único que en la última semana presento 5 ramas plagiotropicas, tanto que los tratamientos T1, T2, T4 y T5 solo presentaron 4 ramas en total en la semana 12.

Ilustración 17. Total de ramas plagiotropicas de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.



En la ilustración 18. Las plántulas de la variedad Colombia de los tratamientos T1, T3, T4 y T5 en la semana 1 a la semana 5 no hubo desarrollo de ramas plagiotropicas, solamente el T2 presento 1 rama en la semana 2 y 3. Posteriormente en la semana 12 en los cinco tratamientos se desarrollaron en promedio de 4 a 5 ramas plagiotropicas.

Ilustración 18. Total de ramas plagiotropicas de las plántulas de la variedad Colombia.



7.3. Diámetro del tallo principal

El diámetro total de cada variedad por tratamiento se muestra en la tabla 9. No existió diferencia significativa entre tratamientos ni entre especies ($P>0.05$). El promedio del diámetro en los tratamientos fue de 0.7cm y el promedio del diámetro por especies fue de 0,7 cm por planta. El diámetro del tallo muestra el grado de desarrollo y nutrición que la planta puede tener, es de gran ventaja cuando las plantas presentan un buen grosor, porque las plantas pueden tener una mejor adaptabilidad después del transplante y un mayor soporte del área foliar y por ende se garantiza una mayor capacidad productiva (Sotelo y Téllez 2007).

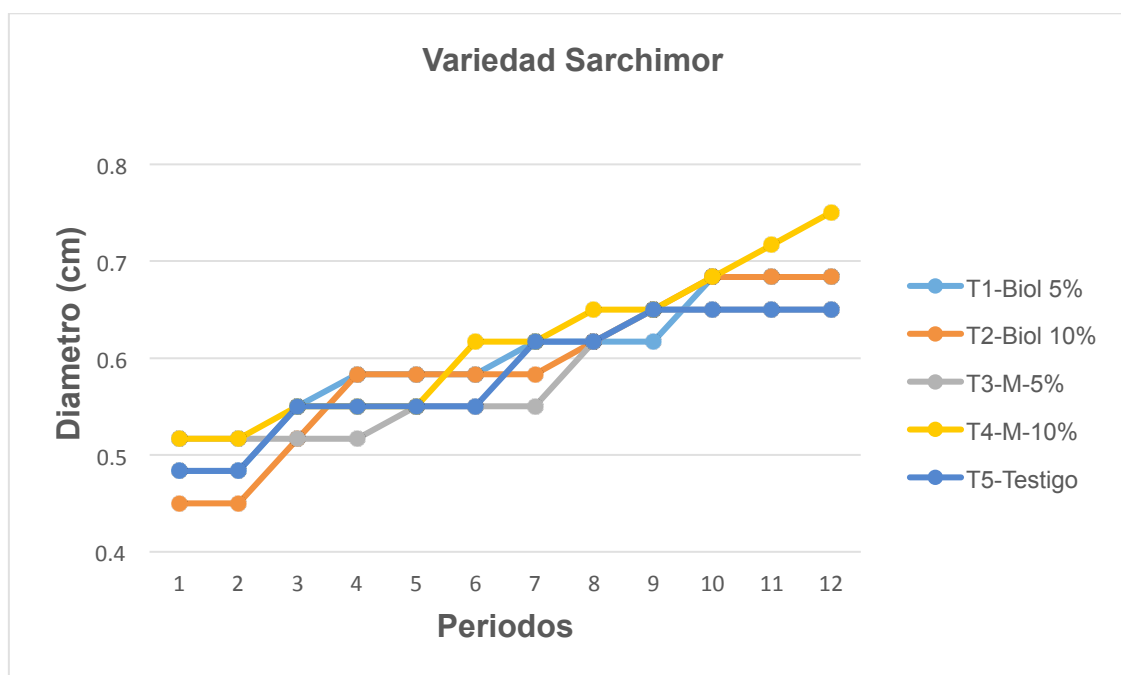
Tabla 9. Diámetro del tallo principal de variedades de café.

	Sarchimor	Costa Rica 95	Colombia	Promedio	Valor de P
T1	0.6	0.7	0.6	0.6	NS
T2	0.6	0.7	0.7	0.7	NS
T3	0.6	0.7	0.7	0.7	NS
T4	0.7	0.6	0.7	0.7	NS
T5	0.6	0.6	0.7	0.6	NS
Promedio	0.6	0.7	0.7		

$P>0.05$ No existe diferencia significativa.

En la ilustración 19. Las plántulas de la variedad Sarchimor del T1, T2, T3, T4 y T5 durante las primeras 2 semanas presentaron desarrollo del tronco, tanto que de la semana 3 a la 7 no se presentó desarrollo, sin embargo, el T4 en la semana 12 alcanzo un promedio de 0.7 cm.

Ilustración 19. Diámetro de las plántulas de la variedad Sarchimor.



En la ilustración 20. Las plántulas de la variedad Costa Rica 95 de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 en la semana 1 midieron todas las plántulas 0.5 cm, posteriormente en las siguientes semanas, hubo un desarrollo del tronco, sin embargo, el T1, T2 y T3 en la semana 12 midieron 0.7 cm.

Ilustración 20. Diámetro de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.

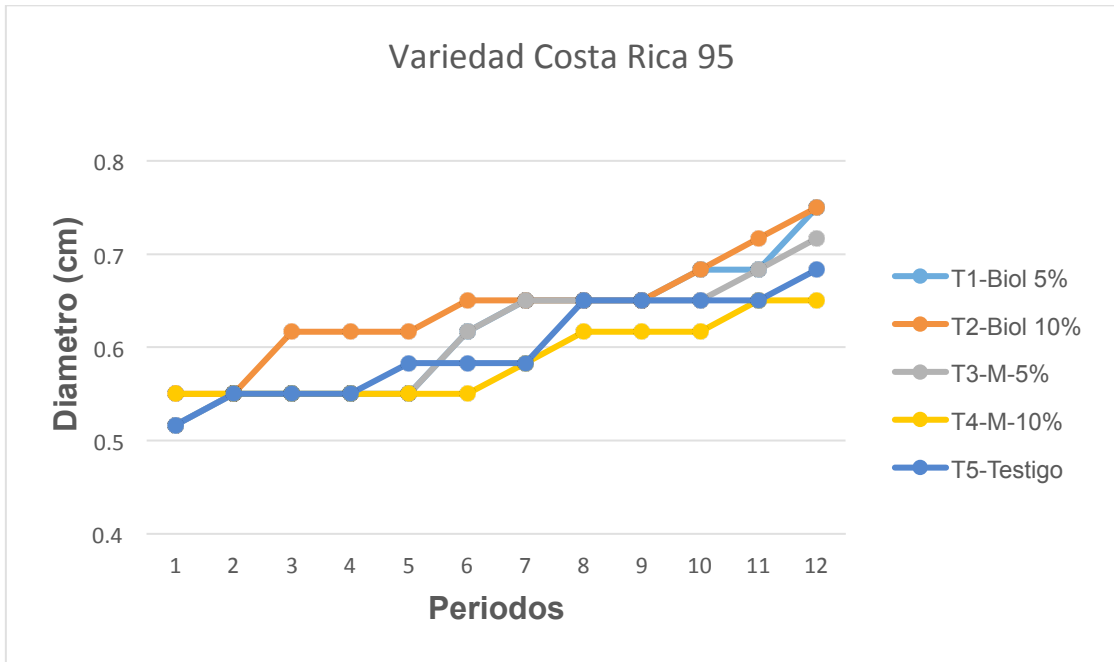
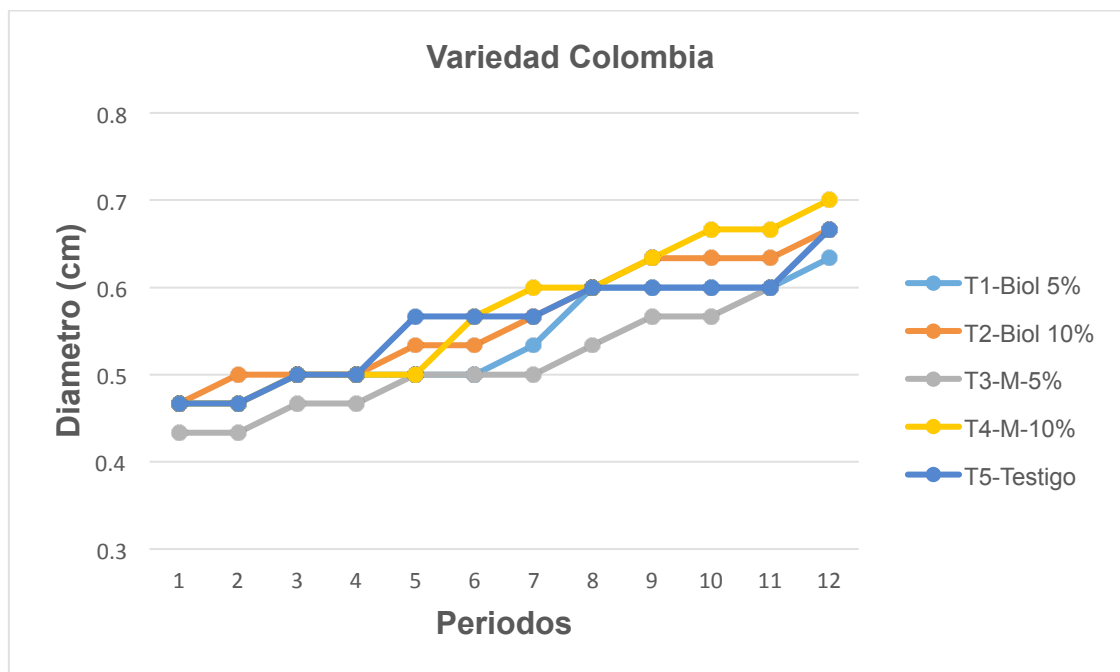


Ilustración 21. Medición del diámetro de la variedad Costa Rica 95.

En la ilustración 22. Las plántulas de la variedad Colombia de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 en la semana 1 midieron todas las plántulas 0.4 cm, posteriormente en las siguientes semanas, hubo un desarrollo del tronco, sin embargo, todos los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 en la semana 12 midieron en promedio de 0.6 a 0.7 cm.

Ilustración 22. Diámetro de las plántulas de la variedad Colombia.



7.4. Total de hojas

El total de hojas por plántula de cada variedad por tratamiento se muestra en la tabla 10. No existió diferencia significativa entre tratamientos ni entre especies ($P > 0.05$). El promedio del número de hojas en los tratamientos fue de 31 a 35. El número total de hojas en las especies fue de 32 hojas. Las hojas son las estructuras más importantes de las plantas, ya que a través de ellas ocurren procesos vitales para su crecimiento y sostenimiento como son la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. Un desarrollo vigoroso y sano de las hojas se traduce en un buen funcionamiento de la planta (Cenicafè, 2013).

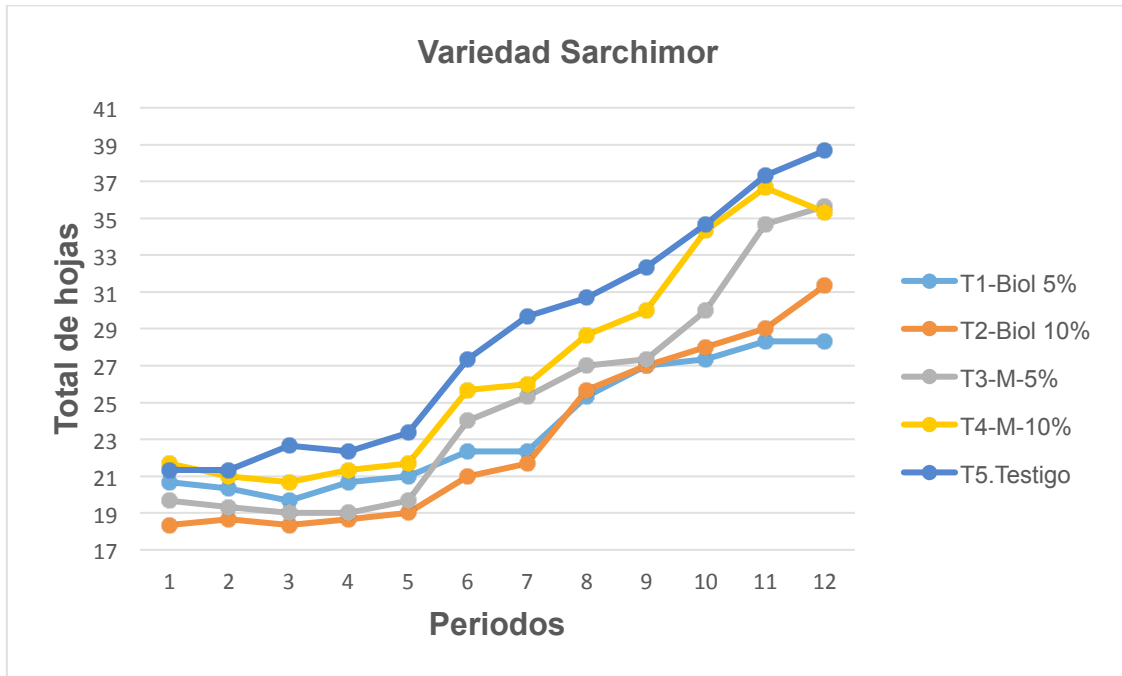
Tabla 10. Total de hojas de variedades de café.

	Costa				Valor de
	Sarchimor	Rica 95	Colombia	Promedio	P
T1	28	30	35	31.0	NS
T2	31	33	34	32.7	NS
T3	36	39	32	35.7	NS
T4	35	30	32	32.3	NS
T5	39	32	31	34.0	NS
Promedio	33.8	32.8	32.8		

P>0.05 No existe diferencia significativa.

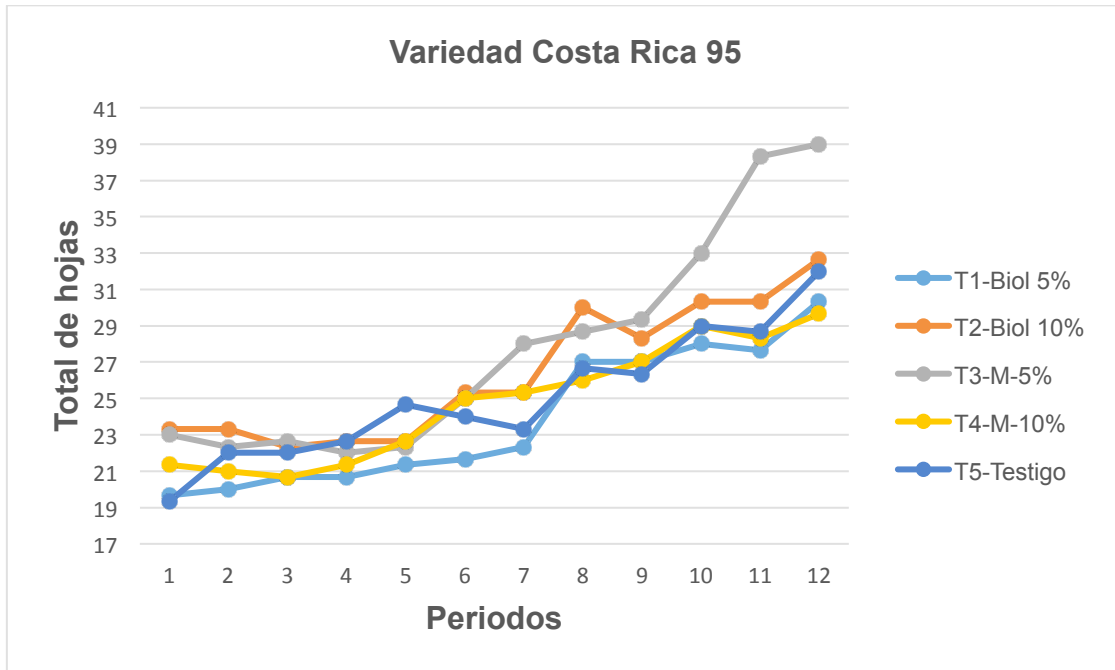
En la ilustración 23. Las plántulas de la variedad Sarchimor de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, en la semana 1 presentaron en promedio de 18 a 22 hojas en total. Cada semana en los tratamientos presentaban un desarrollo de hojas a la vez había caída de hojas por lo que había una disminución en el total de hojas de cada plántula, sin embargo, el T5 en la semana 12 tuvo un total de 39 hojas por plántula, quedando el T1 en 28 hojas por planta.

Ilustración 23. Total de hojas de las plántulas de la variedad Sarchimor.



En la ilustración 24. Las plántulas de la variedad Costa Rica 95 en los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, en la semana 1 presentaron en promedio de 19 a 23 hojas en total. Cada semana en los tratamientos presentaban un desarrollo de hojas a la vez había caída de hojas por lo que había una disminución en el total de hojas de cada plántula, sin embargo, el T3 en la semana 12 tuvo un total de 39 hojas por plántula, quedando los T1, T2, T4 y T5, en promedio de 29 a 33 hojas por planta en la última semana.

Ilustración 24. Total de hojas de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.



En la ilustración 25. Las plántulas de la variedad Colombia en los tratamientos T1, T3, T4 y T5, en la semana 1 presentaron en promedio de 17 a 21 hojas en total, tanto que el T2 presentó 24 hojas. Cada semana en los tratamientos presentaban un desarrollo de hojas a la vez había caída de hojas por lo que había una disminución en el total de hojas de cada plántula, sin embargo, los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, en promedio de 31 a 35 hojas por planta en la última semana.

Ilustración 25. Total de hojas de las plántulas de la variedad Colombia.

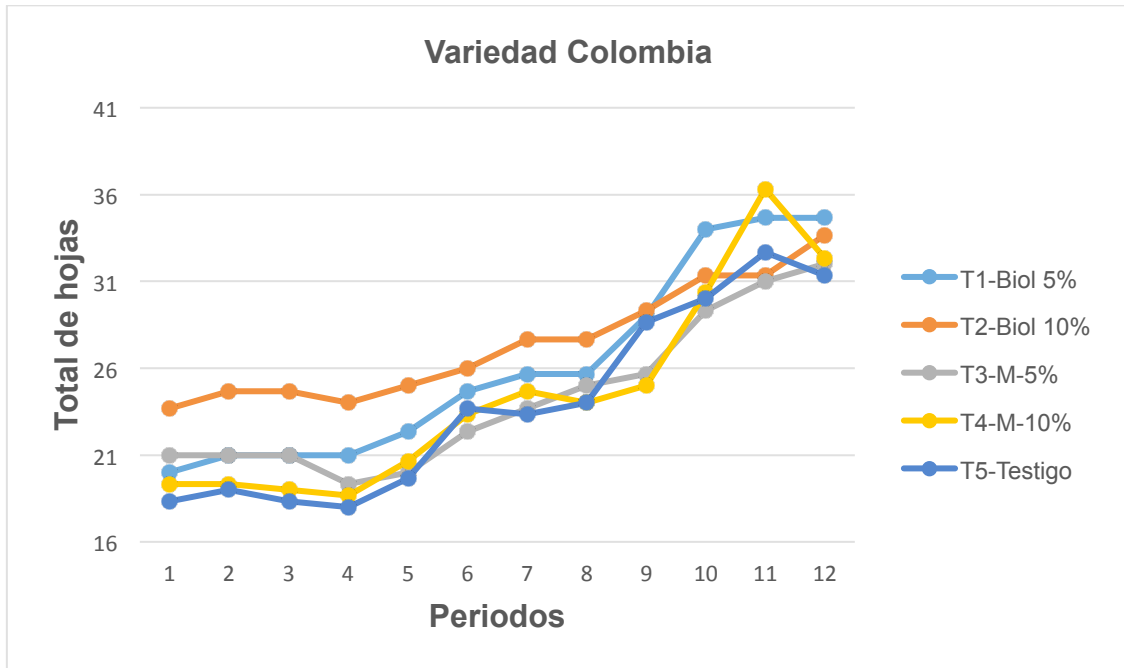


Ilustración 26. Conteo de hojas de la variedad Colombia.

7.5. Longitud rama plagiotropicas

La longitud de la rama plagiotropica de cada variedad por tratamiento se muestra en la tabla 11. No existió diferencia significativa entre tratamientos ni entre especies ($P>0.05$). El promedio de la longitud de la rama plagiotropica en los tratamientos fue de 8.8 a 9.0 cm y el promedio de la longitud por especies fue de 8.5 a 9.5 cm por planta.

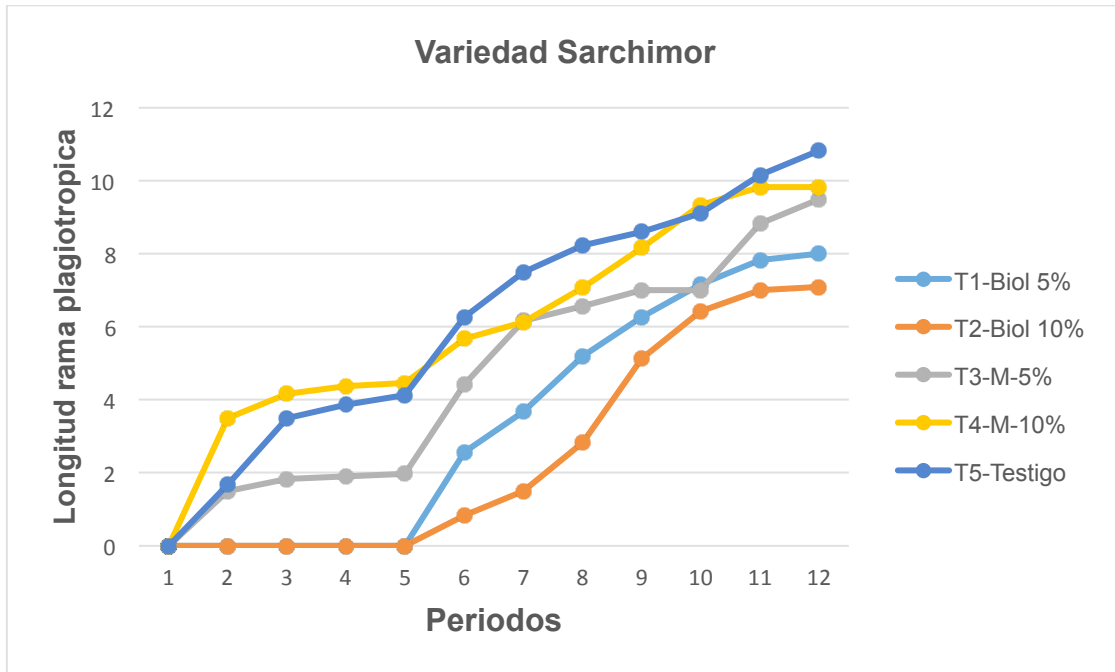
Tabla 11. Longitud rama plagiotropicas de variedades de café.

	Costa			Promedio	Valor de P
	Sarchimor	Rica 95	Colombia		
T1	8	7	10.3	8.4	NS
T2	7.1	9.2	9.5	8.6	NS
T3	9.5	10.5	8	9.3	NS
T4	9.8	8.3	8.3	8.8	NS
T5	10.8	9	8.5	9.4	NS
Promedio	9.0	8.8	8.9		

$P>0.05$ No existe diferencia significativa.

En la ilustración 27. Las plántulas de la variedad Sarchimor en los tratamientos T1, T3, T4 y T5, en la semana 1 no hubo un desarrollo en la longitud de la rama plagiotropica, manteniéndose los tratamientos T1 y T2 hasta la semana 5 sin desarrollo, pero los tratamientos T3, T4 y T5 en la semana 2 hubo un desarrollo de rama, por lo que cada semana había un desarrollo midiendo en promedio 11 cm la rama del T5, quedando en 7 cm el T2.

Ilustración 27. Longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de la variedad Sarchimor.



En la ilustración 28. Las plántulas de la variedad Costa Rica 95 en los tratamientos T1, T3, T4 y T5, en la semana 1 no hubo desarrollo de la rama plagiotropica hasta la semana 2, tanto que el T1 de la semana 4 a la semana 7 no hubo desarrollo de la rama, sin embargo, en la semana 12 el T3 presento un desarrollo de rama de 11 cm quedando el T1 en 7 cm.

Ilustración 28. Longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de la variedad Costa Rica 95.

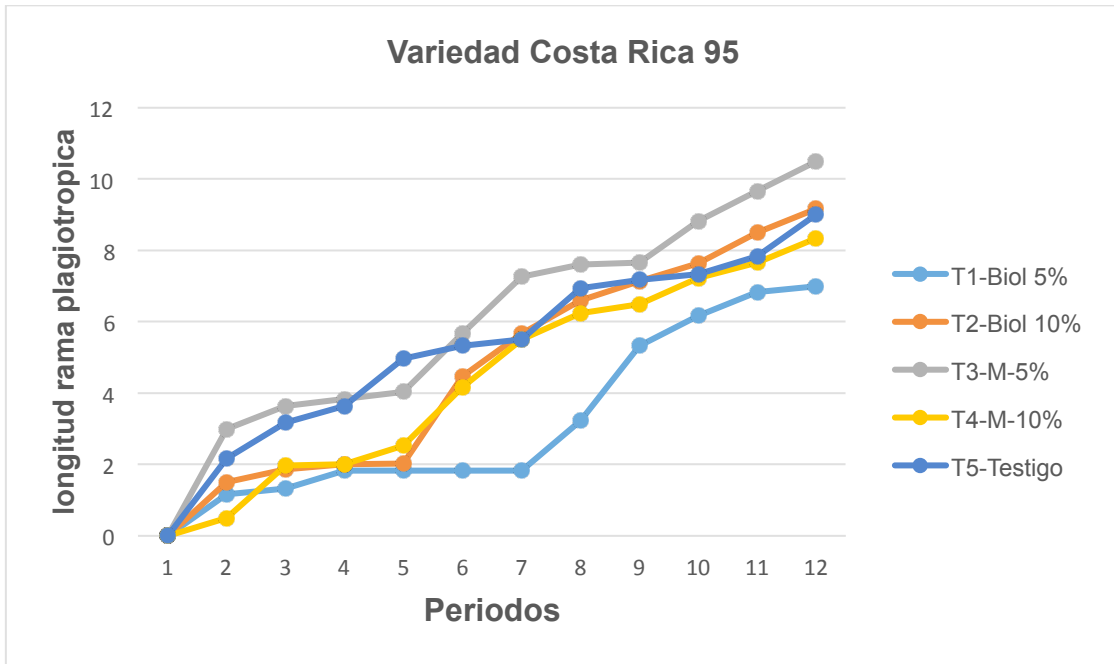
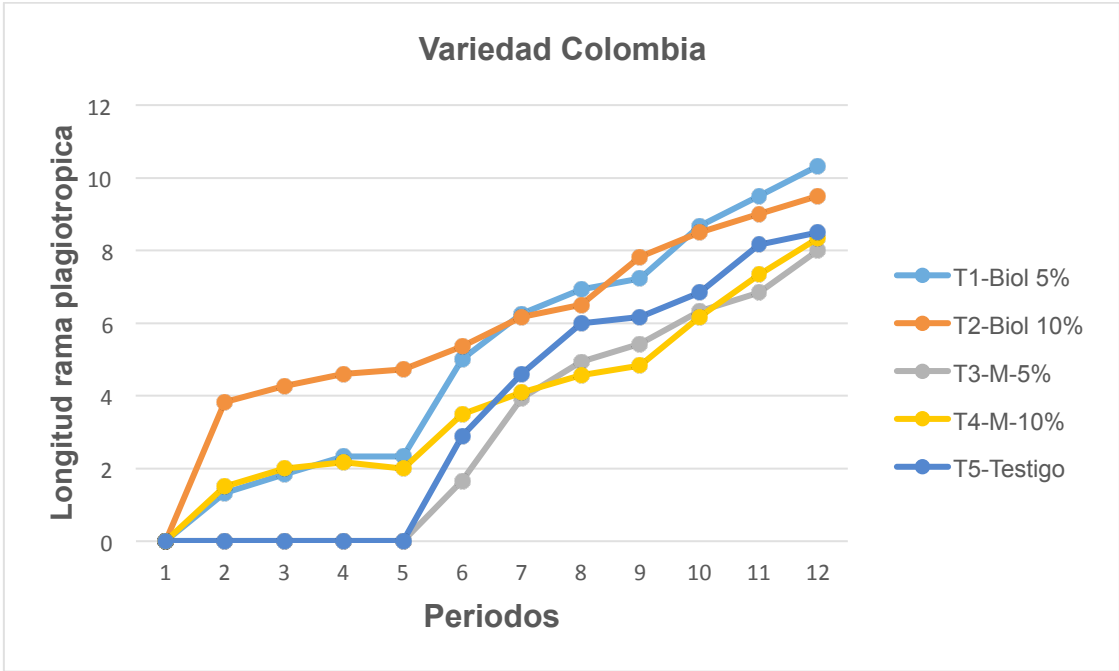


Ilustración 29. Medición de la rama plagiotropica de la variedad Costa Rica 95.

En la ilustración 30. Las plántulas de la variedad Colombia en los tratamientos T1, T3, T4 y T5, en la semana 1 no presentaron desarrollo de la rama plagiotropica, tanto que los tratamientos T3 y T5 de la semana 1 a la semana 5 no hubo desarrollo de la rama, mientras que los tratamientos T1, T2 y T4 en la semana 2 presentaron desarrollo de la rama, sin embargo, el T1 alcanzo 10 cm la rama en la semana 12.

Ilustración 30. Longitud de la rama plagiotropica de las plántulas de la variedad Colombia.



VIII. CONCLUSIONES

- La variedad de café Sarchimor presentó mayor altura de las plantas, respecto a las variedades Costa Rica 95 y Colombia bajo la utilización de los biofertilizantes: biol (5% y 10%) y microorganismos del bosque (5% y 10%).
- Las variedades de café Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia, fertilizadas con biol y microorganismos del bosque con dos niveles de dilución (5% y 10%), tuvieron comportamiento similar en las variables diámetro del tallo, total de hojas, total de ramas plagiotropicas y longitud de las ramas plagiotropicas.
- El uso del biol y microorganismos del bosque como fertilizante foliar, bajo dos diluciones (5% y 10%), favorece el desarrollo de las plántulas de variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia en La Finca la Ilusión, San Andrés de los Gama, Municipio de Temascaltepec.
- Los biofertilizantes: biol y microorganismos del bosque diluidos al 5% y 10% presentaron un pH de 3.9 a 3.5 y 3.5 a 3.4 respectivamente, los cuales no tuvieron efecto negativo en la sobrevivencia de las plántulas, lo que indica que las plántulas de café de las variedades Sarchimor, Costa Rica 95 y Colombia son tolerantes a fertilizantes foliares con pH ácido.

IX. RECOMENDACIONES

- Evaluar la composición microbiológica de los biofertilizantes: bioles y microorganismos del bosque cultivados.
- Evaluar el uso de bioles y microorganismos del bosque de las variedades en las plantas de café hasta la etapa productiva.
- Evaluar el uso de los bioles y microorganismos del bosque aplicados al sustrato o suelo donde se cultivan los cafetos.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Anacafè (Asociacion Nacional del Café). (2020). Guia de variedades de cafè. Tercera ediciòn. Guatemala.
- Aranda, J., Gonzàlez, B., y Taurino, R. (s.f.). Guia de buenas pràcticas para cafè sustentable.
- Arcila, J., Farfàn, F., Moreno, A., Salazar, L. F., y Hincapiè, E. (2007). Sistemas de produccion de cafè en Colombia. Colombia.
- Barrera, J., Pèrez, J., Pinson, E., Dìaz, V., y Rivas, G. (2018). plagas y enfermedades del cafè, identificaciòn, bioecologia y manejo agroecològico . Mèxico: CÒDICE.
- Bertoli, M., Terry, E., y Ramos, D. (2015). Producciòn y uso del abono orgànico tipo Bocashi. Una alternativa para la nutriciòn de los cultivos y la calidad de los suelos. Cuba.
- Bolaños, A., Pèrez, A., y Picazzo, P. (2016). Manual de fertilizantes y plaguicidas orgànicos en el cultivo de cafè.
- Bustamante, F., Isaza, C. H., Heeren, N. V., Torres, G., y Romero, R. (2009). Buenas pràcticas para la producciòn de cafè. Paisés bajos: Fundaciòn Solidaridad.
- Carbajal, J. (1984). Cafeto cultivo y fertilizacion. Suiza.
- Carretero, I., Doussinague, C., y Villena, E. (S.F.). Manual pràctico de agricultura. MADRIS - ESPAÑA: CULTURAL, S.A.
- Cenicafè (Centro Naconal de Investigaciones del Café). (2013). Manual del cafetalero colombiano. Investigacion y tecnologia para la sostenibilidad de la caficultura. Colombia: LEGIS.
- Dìaz, G., Guajardo, R. A., y Lòpez, R. (2013). Potencial productivo del cultivo de cafè en Mèxico. En R. Lòpez, G. Dìaz, y A. Zamarripa, El sistema producto cafè en Mèxico: problemàtica y tecnologia de producciòn. Mèxico: Urbimpresos. p 36.

- Didier, N. (2018). Experiencias campesinas en cafecultura orgànica. Mèxico: CÒDICE.
- Escamilla, E. (2016). Manejo de la poda en los cafetales. Mèxico: CÒDICE.
- Escamilla, E., y Landeros, C. (2016). Cafès diferenciados y de especialidad. Mèxico: CODICE.
- Escamilla, E., Barrera, M., y Cornejo, C. (2016). Variedades comerciales de cafè una guìa descriptiva. Mèxico: CODICE.
- Garcia, C., y Fèlix, J. (2014). Manual para la produccion de abonos orgànicos y biorracionales. Mèxico.
- Gòmez, D., y Marco, V. (2011). Abonos orgànicos. Honduras, Honduras .
- Guzmàn, G. (1982). Suelos mejoramiento y conservacion. Mèxico: ÀRBOL.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperaciòn para la Agricultura). (2018). Podas en cafetales.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperaciòn para la Agricultura). (2019). Manual de producciòn sostenible de cafè. Repùblica Dominicana.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras). (1993). Manual del cultivo del Cafè. Ecuador.
- Jarquìn, R., Naranjo, M., Ramirez, H. M., Lara, J. P., y Maya, J. C. (2018). Fortalecimiento de la capacidad productiva del suelo (producciòn de humus de lombriz). Mèxico.
- Lòpez, R. (2013). Beneficio del cafè. En R. Lòpez, G. Dìaz, y A. Zamarripa, El sistema producto cafè en Mèxico: problemàtica y tecnologia de producciòn. Mèxico: Urbimpresos. p 397-398.
- Lòpez, R., Dìaz, G., y Zamarripa, A. (2013). El sistema producto cafè en Mèxico: problemàtica y tecnologia de producciòn . Mèxico: Urbimpresos.

- Lòpez, R., Escamilla, E., Dìaz, G., Guajardo, R., Martínez, L., Garcia, L., Barreda, S. (2013). La cafeticultura en Mèxico y su problemática. En R. Lòpez, G. Dìaz, y A. Zamarripa, El sistema producto cafè en Mèxico: problemàtica y tecnologia de producciòn. Mèxico: Urbimpresos. p 15-15.
- Lòpez, R., Garcia, L. E., y Castillo, M. C. (2013). Manejo del cafetal. En R. Lòpez, G. Diaz, & A. Zamarripa, El sistema producto cafè en Mèxico: problemàtica y tecnoloìa de producciòn. Mèxico: Urbimpresos. p 180.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganaderia). (2010). Guìa tècnica para la difusiòn de tecnologìas de producciòn agropecuaria sostenible. Costa Rica: Litografia e imprenta LiL, S.A.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca). (2014). Elaboraciòn, uso y manejo de abonos orgànicos. Ecuador.
- Mosquera, B. (2010). Abonos orgànicos, protegen el suelo y garantizan la alimentaciòn sana. Estados Unidos de Amèrica.
- Ormeño, M. A., y Ovalle, A. (2007). Preparaciòn y aplicaciòn de abonos orgànicos.
- Ormeño, M. A., Garcia, R., Garnica, J. C., y Ovalle, A. (2017). Manejo agroecològico del cultivo de cafè. Venezuela.
- Padilla, C. A. (2005). Manual de caficultura orgànica. El Salvador.
- Paz, A., y Escamila, E. (2016). Manual de propagacion de cafetos inertados. Mèxico: CÒDICE.
- Picado, J., y Añasco, A. (2005). Preparaciòn y uso de abono orgànicos sòlidos y liguídos. Costa Rica.
- Ramos, D., Terry, E., Soto, F., y Cabrera, J. (2014). Bocashi: abono orgànico elaborado a partir de residuos de la producciòn de plàtanos en Bocas del Toro, Panamá. INCA, 90-97.
- Rendòn, J. R. (2016). Sistemas de renovaciòn de cafetales para recuperar y estabilizar la producciòn. Colombia.

- Restrepo, J. (2007). Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Oaxaca.
- Robledo, J. D., y Escamilla, E. (2016). Buenas prácticas para la cosecha del café. México: CÒDICE.
- Robledo, J., y Díaz, S. (2016). Manual para la estimación de Cosecha de café en México. México: CÒDICE.
- Sánchez, A. (1982). Cultivos de plantacion. México: Trillas.
- Santoyo, H., Díaz, S., Escamilla, E., y Robledo, J. (2016). Factores agronómicos y calidad de café. México: CÒDICE.
- Sotelo, M. G., y Téllez, J. A. (2007). Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (*Coffea arábica* L) variedad caturra. Trabajo de diploma. Universidad nacional agraria. Managua, Nicaragua. p 27-30.
- Simón, J. I. (2014). Manual de microbiología y remineralización de suelos en manos campesinas. Guadalajara, Jalisco, México. Rapido-Print.
- Umaña, S., Rodríguez, K., y Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña(MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de ciencias ambientales* , p 133-144.
- Vega, V. (2014). *Manual regeneración de la tierra*. Hidalgo: Imagina Crea Publicidad.
- Zamarripa, A., y Escamilla, E. (2016). *Variedades de café en México ORIGEN, CARACTERÍSTICAS Y PERSPECTIVAS*. México: CÒDICE.
- Zetina, R., Vázquez, A., Díaz, G., y López, R. (2013). Suelos y nutrición del cafeto. En R. López, G. Díaz, y A. Zamarripa, *El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción*. México: Urbimpresos. p 227-229.

