

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Desarrollo de Marsellesa Sarchimor (*Coffea arabica* L.) en injerto sobre patrón Romex (*Coffea canephora* L.) con tres diferentes fertilizantes en dos sustratos.

POR

ARELY ESPERANZA HERNÁNDEZ ALVARADO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Desarrollo de Marsellesa Sarchimor (*Coffea arabica* L.) en Injerto sobre patrón Romex (*Coffea canephora* L.) con tres diferentes fertilizantes en dos sustratos.

POR
ARELY ESPERANZA HERNÁNDEZ ALVARADO

TESIS
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

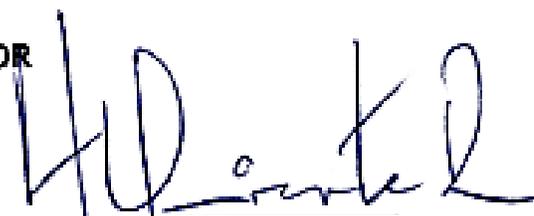
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR



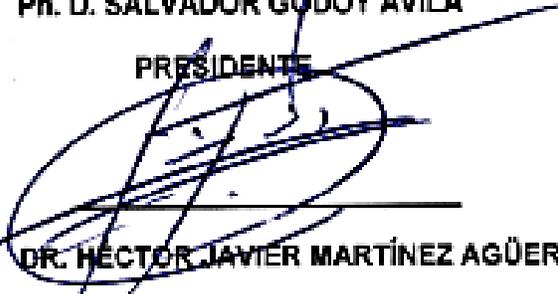
PH. D. SALVADOR GODOY ÁVILA

PRESIDENTE



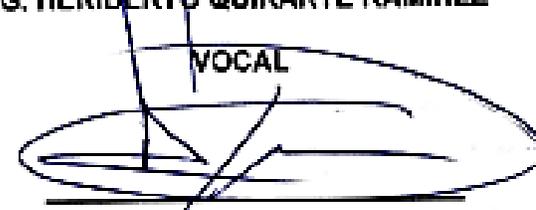
ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ

VOCAL



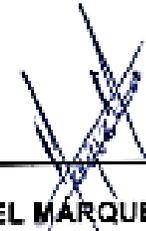
DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

VOCAL



DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE



DR. J. ISABEL MÁRQUEZ MENDOZA



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
CARRERAS AGRONÓMICAS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Desarrollo de Marsellesa Sarchimor (*Coffea arabica* L.) en Injerto sobre patrón
Romex (*Coffea canephora* L.) con tres diferentes fertilizantes en dos sustratos.

POR
ARELY ESPERANZA HERNÁNDEZ ALVARADO

TESIS

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR EL COMITÉ DE ASESORÍA:


Ph. D. SALVADOR GODOY ÁVILA

ASESOR PRINCIPAL


ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ

ASESOR


DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

ASESOR


DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR SUPLENTE


DR. J. ISABEL MÁRQUEZ MENDOZA


COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2022

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud y por haberme permitido vivir hasta este día, haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Agradecida eternamente con él por haberme brindado fortaleza para concluir este proyecto.

A mi Alma Mater, por aceptarme ser parte de ella, por brindarme más que una formación profesional; gracias por la oportunidad de ser alumna de tan amada Institución.

Al Ph. D. Salvador Godoy Ávila, por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación bajo su asesoría, por su apoyo, revisiones y valiosas sugerencias para la integración del documento.

Al Ing. Heriberto Quirarte Ramírez, por la orientación, por haberme guiado en la redacción de este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos. Por su gran dedicación y apoyo esto ha parecido un tanto menos complicado. Muchas gracias.

Al Dr. Héctor Javier Martínez Agüero, por su apoyo en la orientación técnica, revisión y sugerencias para llevar a cabo la culminación de este trabajo.

Al Dr. Alfredo Ogaz, por todo el apoyo brindado, por ayudarme a redactar este trabajo de investigación y lograr finalizarlo.

A todos los profesores, que me brindaron parte de sus conocimientos y experiencias, especialmente a los del departamento de Fitomejoramiento, gracias por impartir sus intelectos y consejos durante mi formación profesional, estoy segura que serán de gran ayuda en mi nueva etapa profesional. Gracias.

A mis amigos y compañeros, de aventuras con quienes compartimos y vivimos buenos momentos, gracias por su amistad brindada y compañerismo durante nuestra estancia en la universidad.

Un trabajo de investigación es siempre el fruto de diversas ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas. En este caso, agradezco profundamente al **Ing. José Jesús Anguebe Ferrer**, gerente de Tres Fincas en el Estado de Chiapas, con cuyo trabajo estaré siempre en deuda. Gracias por permitirme realizar este trabajo de investigación en la Finca Santa Fe ubicada en el Municipio de Motozintla, Chiapas, que en su momento fue la persona que depositó en mí su confianza para iniciar con este experimento, gracias por el tiempo dedicado, por sus ideas tan valiosas, por su orientación, por haberme facilitado todas las herramientas para el desarrollo de esta investigación.

Las palabras no son suficientes para agradecerle tanto, que además de darme el espacio para desarrollar esta tesis, me brindó la posibilidad de realizar mis prácticas profesionales en la Finca Victoria, y son acciones que siempre tendré presentes en mi diario vivir, y aunado a eso, el apoyo económico nunca me faltó.

Este nuevo logro es gran parte gracias a usted, he logrado concluir con éxito este proyecto que en un principio podría parecer una tarea interminable, pero hoy lo he conseguido, y no me cansaré de decir gracias, muchas gracias.

DEDICATORIAS

A mis padres, Pedro Hernández Cruz y Claudia Alvarado Domínguez, gracias por haberme dado la vida, por brindarme su amor incondicional, a ellos dedico principalmente este trabajo de tesis porque son quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos, que pude obtener un logro tan grande como el convertirme en un profesional; padres míos, se merecen esto y mucho más.

A mis hermanos Jesús y David: mis queridos hermanos, los llevo siempre en mi corazón, gracias por ser mi apoyo incondicional que de una u otra manera son la razón por la cual me vi en este punto de mi vida, a puertas del título profesional tan anhelado. Y a los pequeños de la casa, Daniel, Nohemí y Natanael porque llenan de alegría cada día de mi vida y la hacen especial.

A todos ustedes, con amor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	iv
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Importancia económica del cultivo	3
2.1.1. Importancia mundial.....	4
2.1.2. Importancia nacional.....	4
2.1.3. Importancia regional.....	5
2.2. Clasificación taxonómica.....	5
2.3. Descripción morfológica del café.....	6
2.3.1. Raíz.....	7
2.3.2. Tallo	8
2.3.3. Hojas.....	8
2.3.4. Flores.....	9
2.3.5. Fruto.....	10
2.4. Variedades de la especie <i>C. arabica</i> más cultivadas en México	11
2.4.1. Caturra.....	11
2.4.2. Catuai.....	12
2.4.3. Costa Rica 95.....	12
2.4.4. Catimor.....	13
2.4.5. Marsellesa	13
2.4.6. Bourbon	14
2.4.7. Mundo Novo.....	14
2.4.8. Anacafé 14.....	15
2.4.9. Obata	15
2.5. Requerimientos climáticos.....	16
2.5.1. Temperatura.....	16
2.5.2. Humedad relativa.....	16

2.5.3.	Altitud	17
2.5.4.	Radiación solar	17
2.5.5.	Vientos	18
2.5.6.	Horas luz.....	18
2.5.7.	Heladas	18
2.5.8.	Precipitación pluvial	19
2.6.	Requerimientos del suelo	19
2.6.1.	Textura	19
2.6.2.	PH	20
2.6.3.	Conductividad eléctrica.....	20
2.6.4.	Contenido de materia orgánica	20
2.7.	Manejo del cultivo	21
2.7.1.	Propagación.....	21
2.7.1.1	Método sexual.....	21
2.7.1.2.	Método asexual	21
2.7.2.	Semillero.....	22
2.7.2.1.	Selección y tratamiento de la semilla	22
2.7.2.2.	Preparación y manejo del germinador o semillero de café	22
2.7.2.3.	Sustrato.....	24
2.7.2.4.	Métodos de siembra en germinador	25
2.7.2.4.1.	Al voleo.....	25
2.7.2.4.2.	En surcos.....	25
2.7.2.4.3.	En fajas.....	26
2.7.2.4.4.	Siembra directa	26
2.7.2.4.5.	Cobertura o mulch.....	26
2.7.2.5.	Riego.....	27
2.7.3.	Vivero.....	28
2.7.3.1.	Selección del terreno.....	28
2.7.3.2.	Sustrato a utilizar en bolsas	28
2.7.3.3.	Tratamiento del sustrato	29
2.7.3.4.	Selección de bolsas.....	29
2.7.3.5.	Llenado y ordenamiento de las bolsas.....	29

2.7.3.5.1.	Llenado.....	29
2.7.3.5.2.	Ordenamiento.....	30
2.7.3.6.	Transplante.....	31
2.7.3.7.	Riego del vivero.....	31
2.7.3.8.	Fertilización en vivero.....	32
2.7.3.9.	Control fitosanitario.....	33
2.7.4.	Plantación en campo.....	33
2.7.4.1.	Densidad de siembra.....	33
2.7.4.2.	Establecimiento del cultivo.....	34
2.7.4.3.	Ahoyado.....	34
2.7.4.4.	Sombra.....	35
2.7.4.5.	Fertilización.....	35
2.7.4.5.1.	Nitrógeno.....	35
2.7.4.5.2.	Fósforo.....	36
2.7.4.5.3.	Potasio.....	37
2.7.4.5.4.	Calcio.....	38
2.7.4.5.5.	Magnesio.....	38
2.7.4.5.6.	Azufre.....	39
2.7.4.5.7.	Hierro.....	40
2.7.4.5.8.	Manganeso.....	40
2.7.4.5.9.	Cobre.....	41
2.7.4.5.10.	Zinc.....	41
2.7.4.5.11.	Boro.....	41
2.7.4.5.12.	Cloro.....	42
2.7.4.5.13.	Molibdeno.....	42
2.7.4.6.	Podas del cultivo.....	42
2.7.4.7.	Principal plaga del café.....	43
2.7.4.7.1.	Broca del fruto del cafeto (<i>Hypothenemus hampei</i>).....	43
2.7.4.7.2.	Importancia económica.....	43
2.7.4.7.3.	Distribución.....	44
2.7.4.7.4.	Biología.....	44
2.7.4.7.5.	Ciclo de vida.....	45
2.7.4.7.6.	Uso de trampas de control.....	45

2.7.4.8.	Principal enfermedad del café	46
2.7.4.8.1.	Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>).....	46
2.7.4.8.2.	Clasificación taxonómica	46
2.7.4.8.3.	Importancia económica.....	47
2.7.4.8.4.	Ciclo de vida.....	47
2.7.4.8.5.	Distribución nacional.....	49
2.7.4.8.6.	Hospedantes	49
2.7.4.8.7.	Control cultural.....	49
2.7.4.8.8.	Control químico.....	50
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	51
3.1.	Localización del sitio de estudio.....	51
3.2.	Clima de la región.....	51
3.3.	Preparación del terreno	52
3.4.	Sustratos.....	52
3.4.1.	B1 (tierra de la región)	52
3.4.2.	B2 (tierra + pulpa de la región)	53
3.5.	Material genético	53
3.5.1.	Variedad Marsellesa Sarchimor.....	53
3.5.2.	Variedad Romex (Robusta).....	54
3.6.	Instalación de sistema de riego.....	54
3.7.	Injerto.....	54
3.8.	Aplicación de fungicida	55
3.9.	Transplante a macetas	56
3.10.	Diseño experimental.....	56
3.11.	Croquis.....	57
3.12.	Descripción de tratamientos	58
3.14.	Control de plagas y enfermedades.....	59
3.15.	Toma de datos.....	59
3.16.	Variables agronómicas evaluadas.....	59
3.16.1.	Altura de la planta.....	59
3.16.2.	Diámetro del tallo	60
3.16.3.	Pares de hojas	60

3.17. Fertilizantes utilizados	60
3.17.1. Yaramila Star	63
3.17.2. Basacote	64
3.17.3. DAP	65
3.18. Análisis de varianza	66
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. Altura de la planta	67
4.2. Diámetro del tallo	70
4.3. Pares de hojas	72
V. CONCLUSIÓN	74
VI. SUGERENCIAS	76
VII. BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Morfología del fruto del café.	7
Figura 2 Composición del fruto de café.	10
Figura 3 Diferencias de fruto en especies de <i>C. arabica</i> y <i>C. canephora</i> (Robusta).	11
Figura 4 Tipos de arreglo en vivero	30
Figura 5 Localización de la Finca Santa Fe municipio de Motozintla, Chiapas. ...	51
Figura 6 Distribución de los tratamientos de estudio en la Finca Santa Fe, Motozintla de Mendoza.	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Descripción de tratamientos	58
Cuadro 2 Porcentaje de nutrientes del fertilizante Basacote Plus 6M.	61
Cuadro 3 Porcentaje de nutrientes del fertilizante Yaramila Star.	62
Cuadro 4 Porcentaje de nutrientes del fertilizante Fosfato Diamonico.	63
Cuadro 5 Distribución de dosis para tratamientos evaluados con fertilizante Yaramila Star.....	64
Cuadro 6 Distribución de dosis para tratamientos evaluados con fertilizante Basacote.	65
Cuadro 7 Distribución de dosis para tratamientos evaluados con fertilizante DAP.	66
Cuadro 8 Medias de altura de plántulas de cafeto a los 61 ddt.	69
Cuadro 9 Medias del diámetro del tallo de plántulas de cafeto a los 89 ddt.	71
Cuadro 10 Medias de pares de hojas de plántulas de cafeto a los 124 ddt.	72

RESUMEN

Chiapas es uno de los estados que se destaca en el cultivo de café por superficie establecida (260 mil ha) y porcentaje de producción nacional (34.8%), pero el manejo nutrimental que se le da al cultivo en su mayoría es deficiente, con bajos volúmenes de producción. Con la finalidad de definir un manejo nutrimental más eficiente e integrar un buen uso de los residuos del cultivo, se condujo este presente estudio en la Finca Santa Fe, Municipio de Motozintla, con la aplicación de tres diferentes fertilizantes químicos y evaluar la respuesta que cada uno tiene; esto, con el propósito de generar nuevas alternativas de nutrición para la región.

En el estudio se presentaron comportamientos similares, sin embargo, el fertilizante DAP (Fosfato Diamonico) en diferentes tratamientos fue el que reflejó mayor diferencia significativa, seguido por el fertilizante Basacote Plus 6M con dosis de 5 gr por planta. Concluyendo que el DAP es el fertilizante que otorga una mejor respuesta en el desarrollo de plántulas de cafeto en estado de vivero independientemente del tipo de variable que se esté evaluando.

Palabras clave: Fase vegetativa, respuesta, comparación, vivero, malla sombra, nutrición.

INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo tradicional, básico y estratégico, con más de doscientos años de estar presente en la agricultura nacional. La producción de café (958 mil ton.), es fuente generadora de empleos tanto directos como indirectos (más de tres millones), así como para la conservación de la biodiversidad. Su importancia en la economía del país, es un factor determinante para el desarrollo de programas y apoyos al sector cafetalero (CEDRSSA, 2019).

La producción de los cafetales depende de los cuidados que se tengan en el establecimiento de las plantas en el campo y las labores que se realicen durante la etapa de crecimiento vegetativo. Entre estas prácticas se encuentra la adecuada nutrición del cultivo, mediante la aplicación de fertilizantes que proporcionan elementos requeridos en cantidades suficientes y balanceadas (Sadeghian y Osorio, 2012).

El objetivo principal del uso de fertilizantes es obtener el mayor rendimiento posible con el mínimo de costo, para hacer rentable la actividad agrícola. Para cafetales, las recomendaciones deben considerarse hasta la floración. Las plantas de café necesitan principalmente N y k. Sin embargo es fundamental mantener el balance de nutrientes como se indica (Valencia, S/F).

Las alternativas para mejorar esta situación deben fundamentarse con estudios que produzcan informaciones sobre las dosis y la fórmula más indicada a utilizar. Con ello, el productor podría mejorar aspectos relacionados al manejo. Esto podría contribuir a mejorar los rendimientos y la calidad del café. De acuerdo con algunos autores la productividad y la calidad del café depende de numerosos factores y entre los cuales la fertilización juega un papel de importancia (IDIAF, 2012).

1.1. Objetivo

Evaluar el efecto de diferentes fertilizantes en el desarrollo vegetativo de Marsellesa Sarchimor (*Coffea arabica* L.) sobre patrón de Romex (*Coffea canephora* L.) en vivero.

1.2. Hipótesis

Ha. Los fertilizantes químicos presentan una respuesta variada en el desarrollo de plántulas de cafeto.

Ho. Los fertilizantes químicos no presentan una respuesta variada en el desarrollo de plántulas de cafeto.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia económica del cultivo

Desde sus inicios, el sector caficultor ha sido parte importante de la historia y de la economía en diversos países dentro de los más destacados se encuentran: Guatemala, México, Colombia, Costa Rica. La caficultura ha logrado ser por muchos años la base de la actividad agrícola impulsando el desarrollo de los países y de todas aquellas personas que viven del cultivo del café (ANACAFE, 1995).

El café es uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial, genera ingresos anuales mayores a USD \$15 mil millones para los países exportadores, y brinda una fuente de trabajo a más de 20 millones de personas en el mundo. En Centroamérica y República Dominicana se produce cerca del 11% del café exportado mundialmente (ANACAFE, 1995).

La producción de café es de suma importancia económica para la región de los países que forman parte del SICA (Sistema para la Integración Centroamericana), ya que representa uno de los principales cultivos de exportación agrícola, también es fuente de empleos en el medio rural y, según datos de PROMECAFE (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura), aproximadamente 5 millones de

personas dependen directamente de la producción de café en la región (ANACAFE, 1995).

2.1.1. Importancia mundial

El análisis del mercado internacional de productos básicos agrícolas, entre ellos el café, reviste importancia debido a que la producción y el comercio de estos bienes constituyen el pilar de las economías de la mayoría de los países subdesarrollados, principalmente en términos del empleo y de ingresos por exportación. Esta dependencia estructural se traduce en la vulnerabilidad de las economías subdesarrolladas, dada la volatilidad de los precios de los productos básicos con un predominio de precios bajos que conllevan una disminución de sus ingresos y de las condiciones de vida en el medio rural, aunado a otros factores socioeconómicos (Quintero y Rosales, 2014).

2.1.2. Importancia nacional

El café es un cultivo tradicional, básico y estratégico, con más de doscientos años de estar presente en la agricultura nacional. La producción de café (958 mil ton.), es fuente generadora de empleos tanto directos como indirectos (más de tres millones), así como para la conservación de la biodiversidad. Su importancia en la economía del país, es un factor determinante para el desarrollo de programas y apoyos al sector cafetalero (CEDRSSA, 2019).

2.1.3. Importancia regional

Así, la derrama económica y los beneficios sociales que produce el café en Chiapas son de la mayor envergadura, tanto por la captación de divisas que se obtienen a partir de las exportaciones, como por los miles de empleos que se generan con su cultivo, procesamiento y comercialización. Todo lo anterior, sin menoscabar los grandes beneficios ambientales que se derivan del café, en particular la conservación de los suelos, la flora y la fauna, y el papel fundamental que tienen los cafetales como pulmón ambiental con la generación de oxígeno y la fijación de carbono (Barrera y Parra, 1999).

Otro aspecto interesante que conlleva la cafecultura es el valor que esta actividad tiene como punto de contacto de México con Centroamérica, al ser una cuestión muy significativa en el desarrollo de varios países del istmo centroamericano (Barrera y Parra, 1999).

2.2. Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal

División: Antofita

Subreino: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Simpétalas

Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae

Tribu: Cofeales

Género: *Coffea*

Sección: *Eucoffea*

Subsección: *Erythrocoffea*

Especie: *arabica*

Fuente: Martínez, 2010.

2.3. Descripción morfológica del café

(Figura 1) (Martínez, 2010):

- Pericarpio: es de color rojo amarillo en su madurez, jugoso y envuelve todas las demás partes del fruto.
- Mesocarpio: es el mucílago o baba de consistencia gelatinosa y color cremoso.
- Endocarpio: es el pergamino o cascarilla de color crema a marrón que envuelve la semilla.
- Espermoderma: piel plateada que envuelve la semilla.
- Endospermo: la semilla o grano del café propiamente constituido.
- Embrión (corte transversal): localizada en la superficie convexa de la semilla y representado por un hipocotilo de dos cotiledones.



Figura 1 Morfología del fruto del café.

Fuente: Martínez, 2010.

2.3.1. Raíz

En el sistema radical hay un eje central o raíz pivotante que crece y se desarrolla en forma cónica. Esta puede alcanzar hasta un metro de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten (Monroig, S/F).

De la raíz pivotante salen dos tipos de raíces: unas fuertes y vigorosas que crecen en sentido lateral y que ayudan en el anclaje del arbusto y otras que salen de éstas de carácter secundario y terciario. Normalmente estas se conocen como raicillas o pelos absorbentes (Monroig, S/F).

El sistema radical del cafeto es superficial, ya que se ha constatado que alrededor del 94% de las raíces se encuentran en el primer pie de profundidad en el suelo. Las raíces laterales pueden extenderse hasta un metro alejadas del

tronco. Generalmente la longitud de las raíces coincide con el largo de las ramas (Monroig, S/F).

2.3.2. Tallo

Coste 1969 y Haarer 1990, mencionan, que la planta de café tiene un solo tallo principal, este órgano presenta dos tipos de crecimiento. Uno vertical y otro horizontal; el primero es originado por una zona de crecimiento activo o plúmula en el ápice de la planta que va alargando a ésta durante toda su vida, formando el tallo central, nudos y entrenudos.

Al inicio de su desarrollo, de la planta solo brotan hojas, después comienzan a salir sus ramas laterales originadas de unas yemas que se forman en las axilas superiores de las hojas. El tallo sirve como el soporte principal de las partes aéreas del arbusto (Martínez, 2010).

2.3.3. Hojas

Las hojas de la planta de café, al igual que sus frutos, cambian de color según la etapa en la que estén. Al comienzo, son de color verde claro, pero luego ese tono se oscurece con el tiempo (Roblero, 2004).

Aunque suene extraño, las hojas del cafeto son cruciales para su supervivencia. Esto se debe a que son las hojas las que forman la planta y le dan su estructura (Roblero, 2004).

Para conocer de la forma más completa posible la morfología y taxonomía del café, es importante conocer las 5 partes que componen a la hoja de la planta de café: limbo, nervio central, peciolo, estípula y margen (Roblero, 2004).

2.3.4. Flores

Una flor de café posee los cuatro tipos de estructuras que caracterizan a una flor completa y perfecta: dos estructuras estériles que son el cáliz y la corola, y dos estructuras fértiles que son los carpelos (ovario – estilo - estigma) y los estambres (Arcila, 2004).

La flor se une a la inflorescencia mediante el pedicelo, y por encima de éste se ubica el ovario, el cual es ínfero y biloculado. Cuando el ovario es fecundado se desarrolla como una drupa globular u oval, que normalmente contiene dos semillas (Arcila, 2004).

El cáliz de la flor de café es rudimentario y tiene forma de copa, está fusionado al ovario y se desarrolla por encima de éste. El cáliz está constituido por cinco hojas diminutas denominadas sépalos (Arcila, 2004).

2.3.5. Fruto

Se realizó un experimento el cual indica que el cafeto es una de las pocas plantas que florece y da fruto al mismo tiempo. Las lluvias influyen en la maduración del fruto, por lo que no todos los frutos del cafeto maduran a la vez, albergando de manera simultánea flores, frutos verdes y frutos maduros (Morales, 2018).

Pero la particularidad más significativa del fruto del café es que posee dos semillas contrapuestas en su interior, lo que da la forma tan peculiar al grano del café: al estar enfrentadas entre sí, una cara de la semilla es plana y la otra convexa (Figura 2) (Morales, 2018).

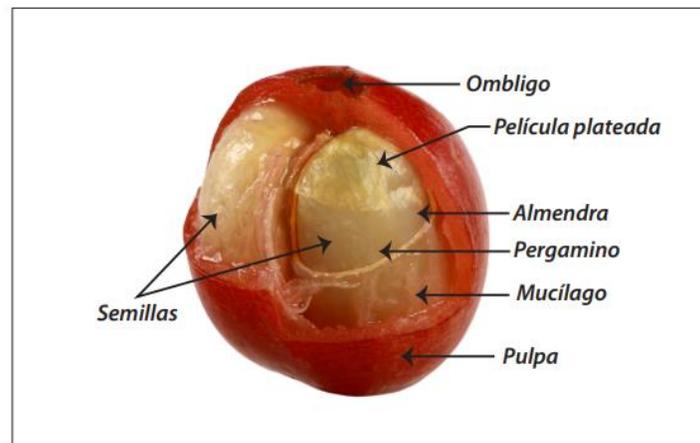


Figura 2 Composición del fruto de café.

Fuente: Ramos *et al.*, 2010.

Según la especie, la semilla tiene diferentes formas. Por ejemplo, el fruto del café de árbol robusta es más redonda y la línea central recta. En cambio, la semilla de arábica es más alargada y plana, con la línea en forma de “S”. Esto lo podemos observar a simple vista si comparamos granos de café de cada una de las variedades (Figura 3) (Morales, 2018).

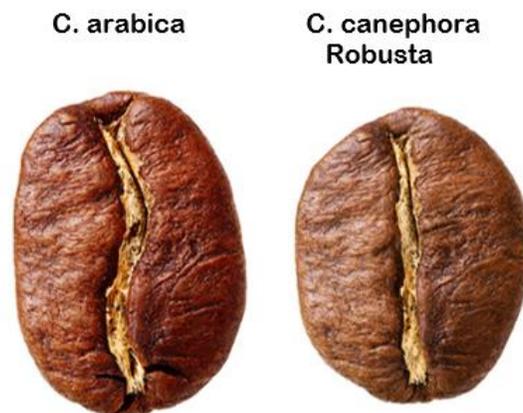


Figura 3 Diferencias de fruto en especies de *C. arabica* y *C. canephora* (Robusta).
Fuente: Morales, 2018.

2.4. Variedades de la especie *C. arabica* más cultivadas en México

2.4.1. Caturra

La variedad Caturra es una mutación de la variedad Bourbon, descubierta en Brasil a principios del siglo veinte. Las plantaciones de Caturra demandan adecuado manejo cultural, especialmente a lo que se refiere a la nutrición (ANACAFE, 2019).

Se adapta bien en las diferentes regiones y rangos altitudinales del parque cafetalero, con mejor adaptación en el rango de 600 a 1,300 metros sobre el nivel mar (1,970 a 4,270 pies sobre el nivel del mar). Tiene tolerancia a la sequía, viento y a la exposición del sol (ANACAFE, 2019).

2.4.2. Catuaí

El Catuaí es una variedad que se introdujo por primera vez en Brasil, en 1972. Es un cruce genético entre dos mutaciones naturales de Arábica: Caturra Amarillo y Mundo Novo, las cuales existen en rojo y otras variantes. Debido a que es una planta más pequeña, los cafetos se pueden sembrar más cerca entre sí, generando una mayor densidad de la plantación, y facilitando el acceso a sus cerezas durante la cosecha (ANACAFE, 2019).

2.4.3. Costa Rica 95

La variedad Lempira proviene del Catimor T8667, seleccionada por el Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ). La variedad Costa Rica 95 también tiene el mismo origen, aunque fue desarrollada en Costa Rica. Estas variedades son conocidas simplemente como Catimor T-8667 por su origen (Marín, 2012).

2.4.4. Catimor

En la década de los años 80, Anacafé estableció parcelas de validación con plantas de la progenie (descendencias) de Catimor T-5269 en fincas de la región cafetalera de suroccidente de Guatemala, buscando generar una variedad con características estables (ANACAFE, 2019).

Se observó buena adaptabilidad en baja y media altitud, alta productividad y taza estándar (Muy buena). Planta de porte bajo, compacta, semejante a la variedad Caturra, con brotes de color verde y bronce. En la actualidad existen fincas cafetaleras que tienen parcelas sembradas con este Catimor (ANACAFE, 2019).

2.4.5. Marsellesa

Esta variedad se originó de la progenie del Sarchimor T-5296 en fincas cafetaleras de Nicaragua (La Marsellesa, La Cumplida y Los Compadres) (ANACAFE, 2019).

Es una variedad precoz, en condiciones normales empieza a producir a los 18 meses después de la siembra. Las bandolas son largas (más de 1 metro), con buena emisión de ramas secundarias (palmías) en las bandolas de la parte baja, con hojas grandes, coriáceas y brote terminal verde (ANACAFE, 2019).

2.4.6. Bourbon

El Bourbon es una variedad muy precoz en su maduración, con riesgos de caída de frutos por lluvias. Por su desarrollo se le tipifica como variedad de porte alto (3 metros) siendo susceptible a vientos fuertes. También presenta susceptibilidad a la roya. Se cultiva en diferentes altitudes, pero los mejores resultados se obtienen en zona media y altas de 1,070 a 1,980 metros sobre el nivel del mar (3,500 a 6,500 pies sobre el nivel mar) (ANACAFE, 2019).

2.4.7. Mundo Novo

Variedad originaria de Brasil, es el resultado de una hibridación (cruce) natural entre la variedad Sumatra (Típica) y la variedad Bourbon; fue introducida al país en los años de 1963 y 1964 (ANACAFE, 2019).

Se adapta bien en rangos de altitud de 1,070 a 1,680 metros sobre el nivel mar (3,500 a 5,500 pies sobre el nivel del mar), con precipitación anual de 1,200 a 2,000 milímetros por lo que cultiva en las regiones del centro y oriente del país. Es susceptible al ataque de roya (ANACAFE, 2019).

2.4.8. Anacafé 14

Esta variedad se originó en la región oriental de Guatemala a través de un cruce natural de las variedades Catimor T-5175 con Pacamara (ANACAFE, 2019).

En 1984 se observa la primera descendencia (F1), una planta con características sobresalientes de la cual se obtuvo semilla para establecer la primera parcela que sirvió de base para iniciar el desarrollo de esta variedad. Después de varios ciclos de selección que han llevado más de 30 años, se obtiene una planta con características de alta vigorosidad, altamente productiva, grano de tamaño grande, con resistencia a roya, tolerancia a sequía y buena calidad de taza (ANACAFE, 2019).

2.4.9. Obata

Esta variedad se desarrolló en Brasil. Se origina al cruzar el cultivar Villa Sarchí y el híbrido de Timor (CIFC 832/2), realizada por el CIFC, Oeiras, Portugal, en 1967 (ANACAFE, 2019).

Las plantas de esta variedad presentan resistencia a roya, son susceptibles al ataque nemátodos. Por su alta vigorosidad y buen desarrollo es exigente en nutrición, requiriendo buen espacio entre plantas (más de 1 metro) para expresar su potencial genético (ANACAFE, 2019).

2.5. Requerimientos climáticos

En efecto, el café es una planta que requiere un clima cálido pero con alto nivel de humedad. La planta de café no debe recibir directamente el sol, razón por la cual se siembran distintos árboles junto a los cafetos para generar sombra. La altitud ideal para su buen desarrollo es entre los mil y mil trescientos metros sobre el nivel del mar, pero también se puede producir en mayores alturas e incluso en las costas (Alfonse *et al.*, 2018).

2.5.1. Temperatura

Améndola *et al.* (2005) afirman que más del 70% de los cafetales mexicanos se encuentran arriba de los 600 metros de altitud y con una diversidad de microclimas. Se puede observar un clima cálido, donde la temperatura oscila entre 22°C y 26°C, mientras que con un clima templado, se presentan temperaturas entre 18°C y 22 °C.

2.5.2. Humedad relativa

Oliveros (2011), a través de un experimento recomienda la plantación de café en regiones con humedad relativa moderada, para reducir la inoculación de enfermedades fungosas.

Un 60-75% de humedad relativa es muy apropiada para tener un buen desarrollo, cuando se alcanza niveles superiores al 85%, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas (ICAFE, 2011).

2.5.3. Altitud

Incide en forma directa sobre los factores de temperatura y precipitación. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1700 msnm. Por encima de este nivel altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta (ICAFE, 2011).

2.5.4. Radiación solar

La eficiencia con que una plantación es capaz de interceptar la radiación solar es uno de los factores determinantes de la productividad de un cultivo (Hikosaka, 1995).

En el caso del cafeto, Cannel (1975) asegura que la distribución de su follaje resulta muy eficiente para la interceptación de la radiación, debido a su carácter planófilo y la arquitectura de su ramificación. Sin embargo, en algunas ocasiones las características del ecosistema pueden influir y hasta limitar esta capacidad de la especie.

2.5.5. Vientos

El viento tiende a desecar a las plantas de café, por lo que se recomienda la utilización de barreras rompevientos para evitar el daño al cultivo, que puede darse en las hojas y en las ramas (Oliveros, 2011).

2.5.6. Horas luz

Se conoce que el cafeto es un cultivo de fotoperiodo corto, es decir, que requiere para florecer, menos de 13 horas sol por día. Los valores más frecuentes en la zona cafetera están entre 1600 y 2000 horas sol por año (4.4 - 5.6 horas por día) (Valencia, S/F).

2.5.7. Heladas

Una temperatura por debajo de -2°C próxima al nivel del suelo causa estrangulamiento del tallo en cafetos jóvenes, pudiendo causar muerte de los tejidos de la corteza. Temperaturas entre -5° y -7°C ocasionan la muerte de los cafetos (CENICAFE, 2018).

2.5.8. Precipitación pluvial

En clima cálido las precipitaciones oscilan entre 1.000-2.000 mm, mientras que en clima templado las precipitaciones que varían de 600 a 1.000 mm, lo que permite obtener un café de calidad (Alfonse *et al.*, 2018).

2.6. Requerimientos del suelo

El mejor café se produce en suelos drenados y ventilados, con buen nivel nutricional y alto contenido orgánico. Arcillas pesadas y arenas y gravas con fácil lixiviación deben de evitarse (Rosas *et al.*, 2008).

2.6.1. Textura

Las texturas son del tipo franco: franco-arenosa en el 51% de los sitios y la arena-francosa en el 24%; en menor frecuencia se encontraron del tipo franco (14%), franco-limosa (10%) y la franco-arcillosa (1%). Estos resultados coinciden con lo mencionado por Carvajal (1984), INMECAFÉ-NESTLÉ (1990) y Wintgens (2004), quienes indicaron que la textura en la que mejor se desarrolla el cafeto es del tamaño medio del tipo franco considerada como media (Rosas *et al.*, 2008).

2.6.2. PH

El pH preferido para el café es de 5.2 a 6.3 pero en la práctica se cultiva a pH menores de 4.0 por encima de 8.0. La práctica del encalado es necesario a niveles bajos de pH para asegurar una buena disponibilidad de nutrientes (Aguilar *et al.*, 1987).

2.6.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (C.E.), como indicador de la salinidad, se incrementa en conformidad a las dosis, con valores más altos para el Mg, seguido por K y Ca, este resultado se relaciona principalmente con el índice de salinidad de los fertilizantes y su solubilidad (Sadeghian y Zapata, 2015).

2.6.4. Contenido de materia orgánica

Con el propósito de determinar el efecto de la fertilidad del suelo sobre la producción de café, Sadeghian (2008) llevó a cabo una investigación en 32 lotes cafeteros. De acuerdo a los resultados de la investigación, el comportamiento de la producción de café en función de los niveles de la MO, como indicador de la disponibilidad de nitrógeno (N). A medida que aumentan los contenidos de la MO también se incrementan los rendimientos hasta alcanzar un nivel máximo (18%), después del cual el rendimiento desciende en respuesta a la disminución de la tasa de mineralización. De acuerdo a este autor, en suelos con niveles de MO

menores al 8% o mayores al 30%, el rendimiento se reduce en más del 50% al eliminar el N de los planes de fertilización (Sadeghian, 2009).

2.7. Manejo del cultivo

2.7.1. Propagación

2.7.1.1 Método sexual

El método sexual ha sido el tradicionalmente usado para propagar el cafeto. Éste tiene sus limitaciones en términos de la baja capacidad de multiplicación, la necesidad de grandes extensiones del cultivo para obtener semillas y el largo período de tiempo que se requiere para la propagación masiva de una nueva variedad. Hoy día se han desarrollado otros métodos como el cultivo de tejidos que permiten producir una gran cantidad de plantas, en cualquier época del año, a partir de fragmentos de hojas. Este método (“in vitro”) permite producir un mayor volumen de cafetos más rápidamente (Monroig, 2018).

2.7.1.2. Método asexual

La injertación del cafeto se realiza en otros países cafetaleros, especialmente aquellos, que confrontan problemas con ataques de nematodos. En Puerto Rico estos métodos de propagación resultan poco prácticos y antieconómicos porque se requiere mucha mano de obra diestra para efectuar

estas tareas. Por el momento el método de propagación por semillas continuará siendo el más usado comercialmente. Este es de fácil realización, más económico y bastante confiable si se toman los cuidados y se tiene el rigor necesario en la selección adecuada de las semillas (Monroig, 2018).

2.7.2. Semillero

2.7.2.1. Selección y tratamiento de la semilla

La práctica de selección tiene como objetivo escoger adecuadamente las mejores semillas para obtener una buena viabilidad y plantas de alta calidad que aseguren al máximo el éxito de las futuras plantaciones. Un arbusto de café sano, vigoroso, resistente a las plagas, altamente productivo y de buenos rendimientos sólo se logra mediante una selección, procesamiento y almacenamiento apropiado de la semilla a usarse (Monroig, 2018).

2.7.2.2. Preparación y manejo del germinador o semillero de café

Se hizo común en el pasado que los productores sembraran la semilla directamente en la bolsa, o directo al suelo para luego ser transplantada al campo definitivo “en terrón” o “en escoba”. Al hacer esto se corre el riesgo de crecimiento anormal de las raíces (raíces bifurcadas, torcidas o en forma de espiral) (Napoleón y Cruz, 2005).

Para evitar ese riesgo se recomienda la construcción de bancos de germinación de la semilla, comúnmente llamados “semilleros”, sitio donde se da la germinación de la semilla y se producen las “plántulas”, a las que conocemos como: fosforito, manquito, popa, chapola o mariposa (Napoleón y Cruz, 2005).

Cafetales sanos, vigorosos, de alta producción y rendimiento se consiguen si se aplican todas las prácticas culturales y cuidados necesarios desde el comienzo. De ahí la importancia de haber seleccionado adecuadamente las semillas de variedades de alta producción, buenos rendimientos y libres de plagas, de manera que aseguremos altas posibilidades de éxito en la empresa a desarrollar (Monroig, 2018).

Los semilleros o almácigos se realizan en pequeñas áreas donde se aplican las técnicas necesarias para obtener plántulas sanas, por eso es importante tomar en cuenta ciertos aspectos como la ubicación, preparación y elaboración del semillero, para garantizar su eficacia (Napoleón y Cruz, 2005).

Los semilleros se deben ubicar en lugares donde no existan fuertes vientos y la exposición a la luz solar sea adecuada, igualmente, deben estar cerca de la fuente de agua y de la vivienda para realizar apropiadamente las labores de mantenimiento como son: riegos, deshierbes, raleos y controles fitosanitarios (Napoleón y Cruz, 2005).

2.7.2.3. Sustrato

El sustrato es el material de soporte que sirve para que la semilla germine adecuadamente y la plántula desarrolle un buen sistema radicular, puede ser simple o mezcla de varios materiales como (Napoleón y Cruz, 2005):

- Suelo: las características que debe tener son: franco, suelto, tamizado para eliminar cualquier material extraño que afecte el crecimiento de la raíz, como piedra, raíces y otros.
- Arena: la arena proporciona condiciones para un mejor crecimiento radicular, debe ser de río, lavada, colada y tamizada.
- Fibras o residuos vegetales: son materiales que proporcionan ventajas para la germinación como: soltura, retención de humedad, asepsia, etc.

Generalmente se acostumbra a realizar mezclas que dependerán de la semilla a germinar, del tipo de semillero, del propósito de la producción y de la disponibilidad del material; ejemplo de algunas mezclas son (Napoleón y Cruz, 2005):

- 1 Suelo – Arena.
- 2 Suelo – arena – materia orgánica descompuesta.
- 3 Suelo – arena – materia orgánica – material y/o fibra vegetal.
- 4 Suelo – arena – materia orgánica – material y/o fibra vegetal – material inerte (cascajo blanco).

2.7.2.4. Métodos de siembra en germinador

Para la siembra de la semilla se pueden utilizar diferentes métodos, el empleado depende de las características de la semilla, la cantidad de semilla a utilizar y el tipo de semillero. Se recomienda siempre sembrar adicionalmente un 10 % más de semilla de la que se necesitará, para hacerle frente a cualquier pérdida (Napoleón y Cruz, 2005).

2.7.2.4.1. Al voleo

Este método consiste en esparcir la semilla en la cama del semillero, se utiliza cuando la semilla es pequeña y se siembran grandes cantidades, al momento de la siembra se tiene el cuidado de distribuir bien las semillas, para evitar que éstas queden amontonadas (Napoleón y Cruz, 2005).

2.7.2.4.2. En surcos

La siembra de la semilla en el semillero, se distribuye en surcos o hileras, la distancia entre surco o ancho de calle puede variar dependiendo de varios aspectos (Napoleón y Cruz, 2005).

2.7.2.4.3. En fajas

Este sistema es una especie de combinación de los dos anteriores, ya que las fajas son surcos amplios y estas secciones pueden tener una amplitud de 5 a 15 centímetros, dependiendo de las características de la semilla a sembrar. Dentro de la faja, la semilla se puede colocar en orden siguiendo surcos o se esparce la semilla al voleo. La separación entre fajas puede ser de 5 a 7 centímetros (Napoleón y Cruz, 2005).

2.7.2.4.4. Siembra directa

Puede ser directa a la bolsa, bandeja, contenedor o tubete, en este caso no desarrolla la etapa de semillero como tal (Napoleón y Cruz, 2005).

2.7.2.4.5. Cobertura o mulch

El “mulch” es una cubierta vegetal que tiene como función (Napoleón y Cruz, 2005):

- Proteger la semilla del golpe de las gotas de agua, del riego o de la lluvia.
- Mantener la humedad adecuada del sustrato.
- Evitar que los pájaros se coman la semilla.
- Mantener la temperatura necesaria para la germinación.

Los materiales más usados como cobertura son: aserrín, granza de arroz, sacos de yute, cascarilla (pergamino) de café y zacate, este último es el más recomendado, pero se debe tener el cuidado de que no lleve raíces, ya que éstas conservan tierra que puede acarrear plagas al semillero como: nemátodos, fusariosis, mal de talluelo, entre otras. También se debe evitar que lleve semillas, porque éstas en contacto con la humedad germinarán y se convertirán en malezas que causaran problemas al semillero (Napoleón y Cruz, 2005).

2.7.2.5. Riego

La temperatura y el agua, son dos de los factores más importantes para que una semilla tenga una adecuada germinación, es a través del riego que se proporciona la humedad necesaria al semillero o germinador, esta humedad debe ser razonable, ya que encharcamientos causan pudrición de las semillas, presencia de enfermedades fungosas en la plántula, y otros problemas. La falta de humedad, por el contrario disminuye la capacidad de germinación de la semilla y detiene el crecimiento de las plántulas (Napoleón y Cruz, 2005).

Se recomienda regar el semillero en la época seca de 1 a 2 veces por día, este se debe realizar con regadera, pero se puede usar manguera o micro aspersión (Napoleón y Cruz, 2005).

2.7.3. Vivero

2.7.3.1. Selección del terreno

Un terreno adecuado para el desarrollo de un vivero de plantas frutales debe tener las condiciones siguientes (Barbosa, 2019):

- 1 Buen acceso.
- 2 Terreno con topografía plana, al usar, terrenos semiplano (menos de 10% de pendiente), hacer obras de conservación de suelos.
- 3 Disponer de suficiente agua para el riego.
- 4 Ubicación cercana a los centros de producción demandantes de plantas.
- 5 Terreno soleado, en caso de necesitar sombra es mejor proporcionarla a través de una ramada.

2.7.3.2. Sustrato a utilizar en bolsas

La composición del sustrato es importante para tener plantas sanas y vigorosas, con buen crecimiento de raíces y follaje, además favorece la eficiencia de la fertilización y el riego (Monroig, 2018).

El uso de suelo pesado como sustrato, dificulta el crecimiento de la raíz, ya que tiende a compactarse, con ello, se disminuye la absorción y afecta la nutrición y por consiguiente el crecimiento de la planta, lo que predispone a que la planta se fácilmente atacada por enfermedades (Monroig, 2018).

2.7.3.3. Tratamiento del sustrato

El sustrato debe ser tratado con un fumigante, el cual prácticamente elimina cualquier patógeno (hongo, bacteria, nemátodo, insecto, maleza), que pueda afectar la planta, y que favorezca su diseminación a áreas o terrenos libres de ellos (Muñoz, 2022).

2.7.3.4. Selección de bolsas

Se deben usar bolsas de polietileno o plásticas de color negro, perforadas en los laterales y el fondo, para el escurrimiento del excedente de agua. La bolsa de vivero, también presenta un fuelle en el fondo, para facilitar su colocación en el suelo (Monroig, 2018).

En la selección de la bolsa para la producción de viveros frutales, se consideran dos aspectos: tamaño de la bolsa y grosor del polietileno (Monroig, 2018).

2.7.3.5. Llenado y ordenamiento de las bolsas

2.7.3.5.1. Llenado

El sustrato debe estar húmedo, de tal forma que no haga lodo por demasiada humedad o que cause polvo por estar muy seco (Muñoz, 2022).

2.7.3.5.2. Ordenamiento

Son los arreglos de las bolsas y a la distancia que tendrán entre ellas. Los arreglos pueden ser (Muñoz, 2022):

- I. En bloques
- II. En líneas o cadena
- III. 4 líneas
- IV. 5 líneas
- V. 6 líneas

El arreglo más recomendado es de líneas o cadena doble, ya que facilita la ejecución de las diferentes labores y se aprovecha mejor la luz solar y la ventilación (Figura 4) (Muñoz, 2022).



Figura 4 Tipos de arreglo en vivero

Fuente: Muñoz, 2022

2.7.3.6. Transplante

El transplante o repique en vivero, consiste en la siembra o traslado de las plántulas del semillero al vivero, cuando éstas han alcanzado un crecimiento y desarrollo adecuado. Sí el semillero se ha desarrollado bajo algún tipo de sombreado, las plántulas deberán “endurecerse”, es decir habrá que exponerlas al sol en forma creciente y gradual, hasta que se adapten a las condiciones del vivero, antes de ser transplantada (Monroig, 2018).

El trasplante requiere de mucho cuidado, por ello se debe realizar con personal capacitado y/o calificado. La siembra debe asignarse por día, nunca por tarea y la supervisión debe ser constante (Monroig, 2018).

Se recomienda efectuar la siembra en el vivero o el transplante en horas frescas, de preferencia por las tardes, para reducir el estrés que puede ocasionar la alta transpiración y la plántula tiene la oportunidad de un mejor pegue (Monroig, 2018).

2.7.3.7. Riego del vivero

El riego es importante, principalmente durante la época seca, ya que durante la estación lluviosa, el agua lluvia cubre un alto porcentaje o casi toda la necesidad. El riego se debe proporcionar en forma racional, pero suficiente para

que la humedad persista por un buen tiempo, sin que llegue al encharcamiento o cause daño a las plantas (Barbosa, 2019).

La mejor forma de regar el vivero es bolsa por bolsa, pero esto sólo se puede hacer cuando los viveros son pequeños. Cuando son grandes, es necesario regar por aspersión, micro aspersión y goteo para reducir los costos; pero esto crea un ambiente favorable para el ataque de hongos, por lo que son necesarias aspersiones frecuentes con fungicidas. La forma más tecnificada en viveros certificadores es el riego por goteo (Barbosa, 2019).

2.7.3.8. Fertilización en vivero

La fertilización al sustrato de viveros de café se debe realizar por medio de programas de fertilización que favorezcan la nutrición de las plantas, garantizando con ello un buen crecimiento de los diferentes órganos. Para el crecimiento radicular, incluir fertilizantes fosforados (Barbosa, 2019).

Para ayudar a engrosar el tallo, mejorar la eficiencia del riego y resistir algunas enfermedades, se deben usar fuentes potásicas. Para lograr buena altura de planta, buen desarrollo del follaje, mejorar el pegue de injertación, incluir fuentes nitrogenadas. Para lograr un aprovisionamiento de elementos menores, incluir la aplicación de materia orgánica, esta ayudará también a mejorar la

disponibilidad y absorción de los otros nutrientes, así sucesivamente se puede ir detallando el resto elementos necesarios (Barbosa, 2019).

2.7.3.9. Control fitosanitario

Las plagas como: nemátodos, insectos, ácaros, hongos, bacterias, virus, y malezas, se deben manejar en forma integral, con base en la identificación correcta del problema existente a través de un diagnóstico fitopatológico correcto y de conocer el comportamiento del ciclo de vida de la plaga, así como por medio del uso de métodos eficientes de muestreos (Barbosa, 2019).

El combate de las plagas se debe realizar en forma racional para evitar toxicidad en las plantas e incrementos desmesurados en los costos. Se recomienda realizar el combate de plagas en forma preventiva, mediante un programa fitosanitario que disminuya la aparición del problema patológico y reduzca considerablemente los perjuicios económicos (Barbosa, 2019).

2.7.4. Plantación en campo

2.7.4.1. Densidad de siembra

Cuanto mayor sea el número de plantas por área, mayor será la producción, pero esto no significa que una población densa sea la mejor alternativa para todos los caficultores (Sadeghian, 2008).

Algunos estudios han demostrado que es preferible dejar un distanciamiento menor entre surco y surco y uno mayor entre calle y calle para que entre más luz y haya una mejor aireación. De esta forma se contribuye a controlar el ataque de plagas y enfermedades (Sadeghian, 2008).

Así, variedades de porte bajo, como Caturra y Catuaí, se pueden establecer a distancias de 2 m x 1 m, variedades de porte intermedio, como Cuscatleco, Lempira y Costa Rica 95, a distancias de 2.5 m x 1 m y variedades de porte alto, como Pacamara, a distancias de 2.5 m x 2 m (Gómez y Pérez 1995).

2.7.4.2. Establecimiento del cultivo

La pendiente es un factor determinante a la hora de hacer el trazado. Cuando es mayor al 5%, deben establecerse curvas a nivel, trazando una línea guía desde la parte más alta del terreno para, luego, con la ayuda de un nivel tipo A, colocar estacas en cada pata a 1 m de distancia. Las estacas funcionan como guía (IICA, 2013).

2.7.4.3. Ahoyado

Es recomendable hacer un hoyo de 30 cm de ancho por 30 cm de largo y 30 cm de profundidad, llenarlo de materia orgánica y aplicarle cal antes de la siembra, de acuerdo a las recomendaciones derivadas del análisis de suelos (IICA, 2013).

Al momento de sembrar, la planta deberá ser despojada de la bolsa en que viene quitándose desde la parte inferior, con cuidado de no dañar las raíces. Luego se debe colocar la tierra, presionando para eliminar las bolsas de aire (IICA, 2013).

2.7.4.4. Sombra

Si el área sembrada no tiene suficiente sombra durante los primeros años, se puede sembrar gandul (*Cajanus cajan*) o higuierilla (*Ricinus communis*), que son de crecimiento rápido. El gandul puede proporcionar nitrógeno mientras se establece la sombra permanente. La sombra ayuda a conservar la materia orgánica y la materia orgánica ayuda a mantener la estructura del suelo y a retener los nutrientes (Gómez y Pérez 1995).

2.7.4.5. Fertilización

2.7.4.5.1. Nitrógeno

El nitrógeno es un constituyente de las sustancias más importantes de la célula. Está ligado a todas las proteínas, a las sustancias orgánicas básicas, a las enzimas, a la clorofila y a otras sustancias como alcaloides. El N no puede ser reemplazado por otros elementos, ni aun en pequeñas cantidades (Steward, 1963).

Como el N es un constituyente esencial de las proteínas, en caso de deficiencia, la formación de proteínas se detendrá y no habrá otro camino para el desarrollo que la planta del café, utilice sus propias sustancias nitrogenadas de sus órganos viejos, especialmente de sus hojas (Herrera, 1997).

En Honduras se observó en cafetales con sombra del género *Inga sp.* cultivados con la variedad Catuaí, en Campamento Olancho durante cinco cosechas consecutivas y aplicando 80 Kg N/ha, se obtuvieron las mejores cosechas superando en 17.2% al testigo con 0.0 Kg de N en el promedio general acumulado. La aplicación de N se fraccionó en 3 veces al año, la respuesta positiva a esta cantidad de nitrógeno entre otros aspectos posiblemente se deba a una fijación del N por los árboles de *Inga* en el sistema y a que la capacidad fotosintética, la floración y la capacidad productiva, son controladas por el sombreado disminuyendo en estas condiciones las necesidades de fertilizantes y particularmente las de nitrógeno (Herrera, 1997).

2.7.4.5.2. Fósforo

El fósforo constituye uno de los macro elementos esenciales en la nutrición de las plantas (Selvacumar, 1994). Son varios los factores que influyen en la respuesta a la aplicación de los fertilizantes fosfatados, entre ellos: el contenido de P en el suelo, contacto de las raíces con el suelo y la concentración de P en la solución del suelo fertilizado (Ochoa *et al.*, 2000).

En suelos ácidos ($\text{pH} < 7$) las plantas absorben el fósforo de la solución del suelo principalmente en forma de ion monovalente fosfato (H_2PO_4), el cual puede provenir de la mineralización de la materia orgánica, o meteorización y solubilización de fosfatos de la fracción mineral. Dependiendo de la naturaleza del suelo, la fracción orgánica puede representar entre un 25 a un 75% del fósforo total del suelo (Cháves, 1999).

El café parece tener facilidad en la extracción del fósforo del suelo, de tal forma que ha sido difícil encontrar respuesta positiva a la aplicación de este elemento. Pocos ensayos que van respondido a la fertilización fosfórica indican que niveles de 50 a 75 kg P 20S/ha al año, en base a T.S.P. (Triple superfosfato) son suficientes para suplir las necesidades del cultivo (Cháves, 1999).

2.7.4.5.3. Potasio

La mayor demanda de Potasio se presenta en el proceso de crecimiento y maduración de frutos; además influye en los rendimientos; calidad del grano y resistencia a plagas y sequías. El nivel de Potasio en el suelo debe ser de un 5% en relación con el 65% de Calcio y 18% de Magnesio, dentro de la capacidad de intercambio catiónico total (capacidad productiva del suelo) (Lemus, 2006).

La deficiencia de este elemento se manifiesta en hojas adultas produciendo áreas necróticas hacia el interior de las hojas en forma de “V”. Cuando la deficiencia es aguda, los puntos de desarrollo son severamente afectados y mueren y en general el colapso de la planta puede ocurrir (Lemus, 2006).

2.7.4.5.4. Calcio

El Ca es un macro elemento particularmente importante en agroecosistemas de café bajo manejo intensivo de fertilizantes. En plantaciones de café, la existencia de Ca en la hoja va a depender de la disponibilidad de este nutriente en la solución intercambiable del suelo. Se ha identificado que en una parcela de café, aquellas plantas con mayor contenido de Ca y mayores valores en la relación Ca/K en las hojas, presentaron mayores cargas de frutos. Estas observaciones permitieron vincular al Ca como nutriente limitante de la cosecha con baja fertilidad de este elemento (Castro, 2017).

2.7.4.5.5. Magnesio

De igual manera que el calcio y el potasio, el magnesio también tiene funciones en la célula de la planta. El Mg es un activador de enzimas, especialmente en la fotofosforilización y en la síntesis de proteína. Alrededor de un 15% del Mg total, es componente de la clorofila, formando sales conjuntamente con la fitina y pectina (Herrera, 1997).

Durante la deficiencia de Mg, la fracción soluble de las hojas viejas se transporta hacia los centros de crecimiento, ápices y frutos. Esta deficiencia se aprecia en las hojas adyacentes a las cerezas, presentando una clorosis o amarillamiento entre la nervadura principal y secundaria. Cuando es muy aguda se produce una caída intensa de las hojas que al final ocasiona una fuerte reducción de grano en la cosecha (Herrera, 1997).

2.7.4.5.6. Azufre

El azufre (S) es considerado el cuarto elemento más importante en la agricultura, después del nitrógeno, fósforo y el potasio. Su papel en la nutrición vegetal está relacionado con la estructuración de las proteínas, los aminoácidos y las vitaminas, además de la resistencia al frío y al ataque de las plagas y enfermedades (González y Sadeghian, 2006).

En la región cafetalera de influencia del lago de Yojoa, caracterizado por suelos de origen volcánico, muy meteorizados, existen respuestas a la aplicación de niveles crecientes de azufre, donde, con la aplicación de 30 Kg de S/ha, se ha obtenido un incremento del 27% en la producción del café (Herrera, 1997).

2.7.4.5.7. Hierro

La deficiencia de hierro en los cultivos se manifiesta como un amarillamiento intervenal de las hojas jóvenes conocido como "clorosis férrica". Una de las principales causas de esta deficiencia es la alcalinidad de los suelos, pues existe un antagonismo entre los carbonatos y el Fe en los suelos. El pH de un suelo determina la disponibilidad de Fe y de otros micronutrientes al afectar su solubilidad (Ferreyra *et al*, 2008).

El Hierro es el micronutriente más afectado por esta razón ya que por cada unidad de aumento del pH (entre 4 y 9) su disponibilidad se reduce 1,000 veces, mientras que la disponibilidad de Mn, Zn y Cu disminuye 100 veces por cada unidad de incremento en el pH (Ferreyra *et al*, 2008).

2.7.4.5.8. Manganeso

El Mn tiene una función estructural en el sistema de membranas del cloroplasto y que una de sus aportaciones más importantes es, igual que en el caso del cloro, ayudar a la disociación fotosintética de la molécula de agua (Naranjo, 2018).

Las deficiencias de manganeso no son habituales pero algunas enfermedades aparecen cuando existen cantidades inadecuadas de este

elemento, los síntomas iniciales suelen consistir en una clorosis intervenal en las hojas más jóvenes o antiguas, lo que depende de la especie y está asociado o seguido por lesiones necróticas (Naranjo, 2018).

2.7.4.5.9. Cobre

En las plantas, el cobre activa ciertas enzimas implicadas en la síntesis de lignina y es esencial para diversos sistemas enzimáticos. También es necesario en el proceso de la fotosíntesis, esencial para la respiración de las plantas y coadyuvante de éstas en el metabolismo de carbohidratos y proteínas. Además, el cobre ayuda a intensificar el sabor, el color en las hortalizas y en las flores (Chen, 2021).

2.7.4.5.10. Zinc

Es importante en el crecimiento, su falta afecta la elongación. Su función aun no es muy bien conocida. Parece necesario para la síntesis de auxinas y de triptófano (Castro, 2017).

2.7.4.5.11. Boro

Lo mismo que el Ca interesa la formación de nuevas paredes celulares (yemas, flores y formación del tubo polínico). Es poco móvil y en exceso puede provocar toxicidad (Castro, 2017).

2.7.4.5.12. Cloro

Actúa conjuntamente con algunas enzimas del fotosistema II de la fotosíntesis (Castro, 2017).

2.7.4.5.13. Molibdeno

Funciona más como componentes de metaloenzimas que como activador de enzimas. Tiene su papel en la inducción de la nitrato-reductasa (Castro, 2017).

2.7.4.6. Podas del cultivo

La poda permite cortar o cambiar el crecimiento normal de la planta. Una planta de café debe comenzar a podarse cuando alcanza su máxima productividad e inicia el período de agotamiento, generalmente en la quinta o sexta cosecha (IICA, 2018).

Esto depende del estado del cafetal, de la sombra, la variedad, la cantidad de plantas y el clima. La mejor época para podar es inmediatamente después de la cosecha; es decir, de enero a mayo, y depende de la altitud (IICA, 2018).

2.7.4.7. Principal plaga del café

2.7.4.7.1. Broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*)

La broca es un insecto de tamaño pequeño que perfora los granos de café. Las pérdidas económicas que ocasiona son cuantiosas pues los granos de café pierden peso, se incrementan los costos de producción y se deteriora la calidad de la bebida (Waller *et al*, 2007).

2.7.4.7.2. Importancia económica

Por el volumen de las exportaciones mundiales de café y su elevada cotización en el mercado, resulta ser el producto agrícola de mayor importancia económica en el mundo; consecuentemente, la "broca del café" que es su principal plaga, constituye la plaga más importante del mundo, desde el punto de vista económico de la obtención de divisas. De acuerdo con la bibliografía existente, la "broca del café" se encuentra en 38 países y territorios, de un total de 70 donde se cultiva el cafeto (De Ingunza, 1966).

Los frutos de todas las especies, cultivares y variedades de *Coffea* son atacados por el insecto por el lado del disco, observándose menor incidencia en el grado de ataque en los de *Coffea liberica* Bull, debido a su mesocarpo grueso y duro; en cambio los frutos de *Coffea canephora* Pierre, sufren mayor ataque por su mesocarpo muy delgado y suave. Existen además otras condiciones dentro del

género, que hacen variar su susceptibilidad al ataque del insecto (De Ingunza, 1966).

2.7.4.7.3. Distribución

La broca es originaria del África Ecuatorial y fue introducida al continente americano a principios del siglo pasado. Actualmente se encuentra prácticamente en todos los países productores de café (Le Pelley 1968). En Colombia se registró por primera vez en el sur hacia 1988 y su dispersión ha sido rápida ya que encontró condiciones muy favorables para su desarrollo debido especialmente al clima, a la continuidad de la zona cafetera y su grado de tecnificación, que le aseguran suministro permanente de alimento (Bustillo, 2006).

2.7.4.7.4. Biología

La información sobre la biología de esta especie es variable. Según Barrera (1994), la hembra pone entre 31 y 119 huevos dentro de la semilla de café de madurez apropiada y la duración promedio de los huevos es de 4 días, el de las larvas 15 días y el de las pupas 7 días, a 27 °C. El ciclo de vida completo puede durar de 28 a 34 días. Los machos pueden vivir de 20 a 87 días y las hembras un promedio de 157 días. También asegura que en aquellos cultivos con producción de frutos durante todo el año, *H. hampei* puede superar 8 generaciones al año (Cárdenas *et al*, 2010).

2.7.4.7.5. Ciclo de vida

La hembra fecundada coloca sus huevos haciendo galerías en el fruto o en el pergamino, cuando la larva eclosiona penetra al grano de café donde se alimenta y se reproduce; en el cual, tiene varias transformaciones para convertirse en abejones adultos. Este ciclo de vida se cumple en unos 30 a 90 días, según la temperatura y demás condiciones de clima (ICAFE, 2004).

2.7.4.7.6. Uso de trampas de control

El manejo de trampas con atrayentes es una forma de controlar los insectos plagas, conocida desde hace mucho tiempo. Sus aplicaciones en agricultura han sido bastante amplias antes de la aparición de los primeros insecticidas sintéticos en los años 40 del siglo pasado (Quispe *et al*, 2015).

La broca del café es atraída a trampas cebadas con una mezcla de alcoholes y los datos de las capturas muestran que estas trampas localizadas en los cafetales sirven como una herramienta de alerta para los caficultores para conocer cuando la broca está volando en busca de nuevos frutos. En estudios previos se ha documentado la atracción que ejercen mezclas de alcoholes sobre adultos de broca, que generan los cafetales de sus procesos metabólicos de la maduración de los frutos de café (Quispe *et al*, 2015).

Actualmente el atrayente que se está usando en el campo es etanol y metanol con las proporciones que suelen variar de 50:50 a 30:70; la mayor efectividad de captura de una trampa cuya composición es la siguiente: metanol etanol 1:1, 2:1, 3:1 y 0:1 (Quispe *et al*, 2015).

2.7.4.8. Principal enfermedad del café

2.7.4.8.1. Roya (*Hemileia vastatrix*)

La roya es una enfermedad causada por el hongo *H. vastatrix* y es la enfermedad que más afecta los cafetales. Cuando comienza se suele observar en la parte superior de la hoja en forma de manchas de color amarillo, las cuales se manifiestan luego en el envés, como un polvo de color naranja. Esta enfermedad conduce a la planta a la defoliación y muchas veces a la muerte (McCook y Vandermeer, 2015).

2.7.4.8.2. Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

Phylum: Basidiomycota

Subphylum: Pucciniomycotina

Clase: Pucciniomycetes

Orden: Pucciniales

Género: *Hemileia*

Especie: *Hemileia vastatrix*

Fuente: SENASICA, 2016.

2.7.4.8.3. Importancia económica

La Roya del cafeto es una de las enfermedades más importantes en el cultivo del café, causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, el cual infecta las hojas con diferente intensidad, provocando la caída prematura del follaje. Los síntomas que se observan en hojas son áreas claras en la superficie de éstas y en la parte posterior se observa un polvillo color anaranjado (SENASICA, 2019).

Durante el último trimestre del 2012, la roya del cafeto se manifestó como una epidemia en Centroamérica, causando daños severos entre el 30 y 100% en el 54% de la zona cafetalera, situación que puso en amenaza las exportaciones del aromático, afectando directamente la generación de empleos e ingresos por concepto de exportaciones o ventas directas, repercusión al medio ambiente y la estabilidad económica del sector. En México, durante el ciclo agrícola 2016, se sembraron 730,011 ha de café, con un valor de la producción mayor a los 4,524 millones de pesos (SENASICA, 2019).

2.7.4.8.4. Ciclo de vida

El proceso infectivo de la roya del cafeto comienza cuando los síntomas de la enfermedad aparecen en el envés de las hojas, se observan manchas pálidas

que con el tiempo aumentan de tamaño y se unen formando las características manchas amarillas o naranjas, con presencia de polvo fino amarillo, donde se producen las esporas del hongo (Mora, 2019).

La germinación de esporas requiere de la presencia de agua libre por lo menos 6 horas, temperaturas entre los 21-25 °C y condiciones de oscuridad. Bajo estas circunstancias, la formación del apresorio requiere de un período de 5.3-8.5 hr. La germinación se inhibe por la presencia de luz y por la evaporación del agua en las hojas, debido a que estos factores afectan el crecimiento de los tubos germinativos. Una vez que el hongo ha germinado, penetra las hojas a través de las aberturas naturales (estomas) situadas en el envés de las hojas maduras (Mora, 2019).

Posteriormente, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta y con éstos extraen los nutrientes para el crecimiento. Treinta días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son los encargados de producir nuevas urediniósporas (Mora, 2019).

El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina período de latencia. Para la zona cafetalera de Colombia, el período de

latencia fluctúa entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra (Mora, 2019).

2.7.4.8.5. Distribución nacional

En México la roya del café se ha reportado en estados productores de café como: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Hidalgo, Nayarit, San Luis Potosí, Jalisco, Colima, Tabasco, Estado de México, Querétaro, Morelos y Michoacán (SIAP, 2019).

2.7.4.8.6. Hospedantes

H. vastatrix ataca a diferentes especies del género *Coffea spp.*, como *Coffea arabica*, *Coffea canephora* y *Coffea liberica* (SIAP. 2019).

2.7.4.8.7. Control cultural

Se recomienda mantener un buen programa nutrimental y reducir la sombra excesiva con el fin de evitar rangos de temperaturas favorables para el desarrollo de la plaga, lo cual también reducirá la humedad relativa y adicionalmente estimulará el incremento de área foliar y la vida media de las hojas. Así mismo, evitar densidades de plantación altas (superior a 10 000 plantas por sitio) para

impedir la proliferación de múltiples chupones que induzcan autosombreo (Rivillas *et al*, 2011).

2.7.4.8.8. Control químico

Las actividades serán ejecutadas mediante la aplicación de fungicidas de contacto (Oxicloruro de Cobre) en áreas focalizadas antes del periodo de lluvias, de acuerdo a los resultados del muestreo. Considerando las altitudes donde se encuentran las plantaciones, estrato bajo menor a 600 m, estrato medio de 600 a 900 m y estrato alto mayor a 900m, considerándose hasta cuatro aplicaciones de fungicida, las cuales estarán en función de los muestreos y de la presencia de la enfermedad en las plantaciones (SENASICA, 2013).

Para la aplicación de productos preventivos, como es el caso de oxicloruro de cobre, se deben realizar cuando exista el 40% de hojas desarrolladas y se encuentren aclaramientos o decoloraciones que indiquen que aunque no exista esporulación, la infección está presente (SENASICA, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del sitio de estudio

El presente estudio se realizó en una fracción agrícola de la Finca Santa Fe (La Esperanza), Motozintla, Chiapas, teniendo ejidos vecinos como La Piedra Partida y el ejido Nueva Maravillas, sus coordenadas geográficas son 15° 22" N y 92° 15" W, su altitud es de 1,260 msnm. El estudio se llevó a cabo durante el ciclo agrícola primavera-verano del año 2021 (Figura 5).

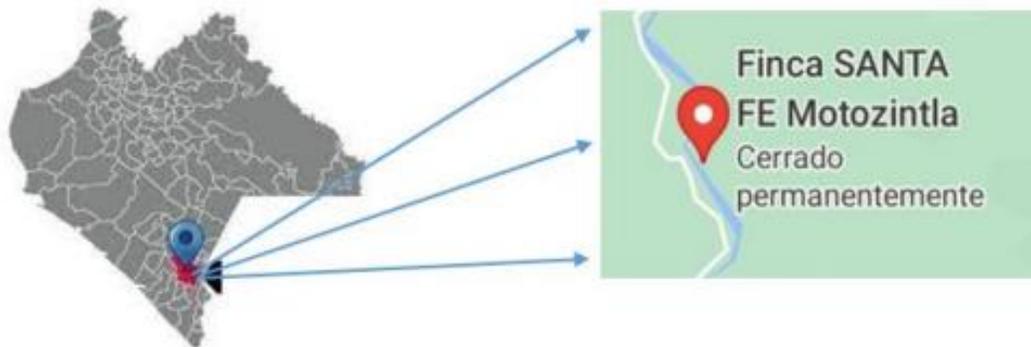


Figura 5 Localización de la Finca Santa Fe municipio de Motozintla, Chiapas.

Fuente: Atlas, 2011.

3.2. Clima de la región

Más de la mitad de su territorio, el 54%, presenta clima cálido húmedo, el 40% clima cálido subhúmedo, el 3% templado húmedo y el 3% restante tiene clima templado subhúmedo (Atlas, 2011).

El clima de Chiapas favorece el cultivo de café, por lo que es el primer productor nacional, también se cultiva: el maíz, sandía, café, mango, plátano, aguacate, cacao, algodón, caña de azúcar y frijol, entre otros. Elaborado (INEGI).

3.3. Preparación del terreno

La preparación del terreno se dio inicio el día 01 del mes de marzo del año 2021, empezando con la limpieza, eliminando toda la maleza presente en el sitio de estudio, con ayuda de un azadón se realizó la nivelación del terreno, posteriormente se utilizó una cinta métrica para medir y poder hacer los trazos donde se colocaron las macetas con su respectivo tratamiento y repetición.

3.4. Sustratos

3.4.1. B1 (tierra de la región)

Para el primer sustrato (B1), se colectó tierra el día 01 del mes de marzo del año 2021 en la región donde se realizó el experimento, antes de darle el uso correspondiente se cribó para extraerle partículas como piedras, ramas, hojas, plásticos; posteriormente el día 02 de marzo se pesó en una báscula mecánica un kg del sustrato y se colocó en bolsas de polietileno color negro hasta obtener 96 macetas llenas de sustrato.

3.4.2. B2 (tierra + pulpa de la región)

Para la preparación del segundo sustrato (B2) se tomó parte de la tierra cribada que se utilizó para el primer sustrato, este se mezcló con pulpa de café de la misma región. Los sustratos se pesaron con una báscula mecánica, 0.5 kilogramos de tierra de la región + 0.5 kilogramos de pulpa de café, la mezcla se introdujo en las bolsas de polietileno de color negro hasta tener una cantidad de 96 macetas.

3.5. Material genético

Los materiales genéticos utilizados fueron plántulas de cafeto de la variedad de Marsellesa Sarchimor (*C. arabica*) y Romex (*C. canephora*).

3.5.1. Variedad Marsellesa Sarchimor

Marsellesa Sarchimor es una variedad de *Coffea arabica* que se originó en Honduras a través del Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ), esta variedad fue seleccionada debido a su morfología que presenta un porte bajo con brote verde, posee entrenudos cortos, bandolas fuertes y largas, lo que permite que su producción sea más eficiente en comparación con otras variedades.

Debido a las características anteriormente mencionadas, esta variedad es muy demandante en cuanto a nutrición, es por ello el interés de someterla a una evaluación para obtener la dosis de fertilización que esta requiere.

3.5.2. Variedad Romex (Robusta)

La variedad Romex es una variedad de *Coffea canephora* que procede de África Occidental, se caracteriza por tener un muy buen sistema radical y en cuanto a las plántulas, el sistema radicular es muy efectivo ya que permite tener un buen anclaje y resistencia a enfermedades que este pudiera tener.

3.6. Instalación de sistema de riego

La instalación de método de riego se realizó después de tener alineadas las macetas, 03 de marzo del 2021. Se optó por implementar el método de micro aspersión, utilizando una manguera de color negro de un cuarto de grosor, la cual se conectó a una llave de paso, y tres micro aspersores, los cuales estaban distribuidos a un metro entre cada uno.

3.7. Injerto

Los injertos se realizaron el día 04 de marzo del año 2021, las plántulas fueron sacadas del semillero o germinador cuando la variedad Marsellesa presentó apariencia de “soldadito” y la variedad Romex forma de “mariposa”.

Los injertos se constituyen de la unión de dos plantas diferentes, en este experimento para la yema se utilizó la variedad Marsellesa Sarchimor y para el patrón se utilizó la variedad Romex. Después de sacarlas del semillero se procedió a lavar las raíces y hojas, esto para retirar toda la arena que pudieran

tener y se introdujeron en un recipiente con fungicida antes preparado (variedades en recipientes separados).

Para realizar los cortes se utilizaron gilets, a la variedad Marsellesa que se utilizó como yema se le efectuó un corte longitudinal aproximadamente a la mitad del tallo de la plántula, después se le realizaron dos pequeños cortes al costado del tallo haciendo semejanza a una cuña de aproximadamente 2 cm, seguidamente se tomó una plántula de la variedad Romex que se utilizó como patrón (por su buen sistema radicular), se le hizo un corte transversal a la mitad de la plántula, después de realizar un pequeño corte longitudinal aproximadamente de 2.3 cm donde luego se introdujo la yema ya cortada y se selló con parafilm (plástico transparente), el mismo procedimiento se siguió hasta obtener las 192 plantas que se utilizaron en el experimento.

3.8. Aplicación de fungicida

La aplicación del fungicida se llevó a cabo antes y después del transplante con el objetivo de prevenir enfermedades debido a que durante este proceso las plántulas de cafeto presentan mayor susceptibilidad a enfermedades como el mal de talluelo también conocida como mal de tallito, podredumbre del cuello radical o damping-off, que es causada por *Pythium spp*, *Rhizoctonia spp*, *Phytophthora sp*.

El fungicida que se utilizó fue Metil-2-benzimidazol carbamato, las aplicaciones fueron antes de la siembra con una dosis de 1.5 ml/litro de agua, con

un equipo aspersor de capacidad de 15 litros tipo manual, la segunda aplicación se realizó 40 ddt, la tercera aplicación a los 80 ddt y finalmente la cuarta aplicación a los 120 ddt siguiendo la dosis inicial.

3.9. Transplante a macetas

El transplante se realizó el mismo día en que se hicieron los injertos (04 de marzo del 2021), se trató de transplantar cuando la radiación solar estuviera baja para que no afectara a las plántulas.

Esta actividad se efectuó de forma manual utilizando una estaca con punta para poder hacer un orificio en el centro de las bolsas, seguidamente se introdujo la plántula asegurando que la raíz estuviera recta y no doblada, y con los dedos se tapó la superficie cuidadosamente, se colocó una plántula por maceta y en seguida se le aplicó un riego por micro aspersion de una hora y media.

3.10. Diseño experimental

Se planteó la utilización del diseño experimental complemente al azar compuesto de 32 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, teniendo un total de 192 macetas. La unidad experimental consistió de un bolsa conteniendo una plántula producto del injerto de la variedad Marsellesa (*C.arabica*) sobre el patrón de Romex (*C. canephora*) con una edad de 45 días y un estado del injerto con dos hojas verdaderas iniciando en este momento la aplicación de los tratamientos.

3.11. Croquis

Los tratamientos y repeticiones se distribuyeron físicamente en un completamente al azar (Figura 6), dadas las condiciones físico-ambientales prevaecientes en el lugar de la experiencia.

Figura 6 Distribución de los tratamientos de estudio en la Finca Santa Fe, Motozintla de Mendoza.

T1 DAP	T2 Basacote	T3 Yaramila	T4 Testigo	T5 Testigo	T6 Yaramila	T7 Basacote	T8 DAP
Tierra				Tierra/pulpa			
T16 Testigo	T15 DAP	T14 Basacote	T13 Yaramila	T12 Testigo	T11 Basacote	T10 DAP	T9 Yaramila
Tierra/pulpa				Tierra			
T17 Yaramila	T18 Testigo	T19 DAP	T20 Basacote	T21 Basacote	T22 DAP	T23 Yaramila	T24 Testigo
Tierra/pulpa				Tierra			
T32 Basacote	T31 Testigo	T30 Yaramila	T29 DAP	T28 DAP	T27 Yaramila	T26 Testigo	T25 Basacote
Tierra				Tierra/pulpa			

Nota: Cada tratamiento tuvo seis repeticiones, siendo 32 tratamientos teniendo 192 macetas en el diseño experimental.

3.12. Descripción de tratamientos

Los tratamientos que se incluyen en este estudio fueron 32 con seis repeticiones para cada uno, en el Cuadro 1 se describe cada uno de ellos.

Cuadro 1 Descripción de tratamientos

Tratamientos de estudio

T1 (DAP + tierra) 7 días
T2 (Basacote + tierra) 7 días
T3 (Yaramila Star + tierra) 7 días
T4 (Testigo + tierra)
T5 (Testigo + tierra/pulpa)
T6 (Yaramila Star + tierra/pulpa) 7 días
T7 (Basacote + tierra/pulpa) 7 días
T8 (DAP + tierra/pulpa) 7 días
T9 (Yaramila Star + tierra) 14 días
T10 (DAP + tierra) 14 días
T11 (Basacote + tierra) 14 días
T12 (Testigo + tierra)
T13 (Yaramila Star + tierra/pulpa) 14 días
T14 (Basacote + tierra/pulpa) 14 días
T15 (DAP + tierra/pulpa) 14 días
T16 (Testigo + tierra/pulpa)
T17 (Yaramila Star + tierra/pulpa) 21 días
T18 (Testigo + tierra/pulpa)
T19 (DAP + tierra/pulpa) 21 días
T20 (Basacote + tierra/pulpa) 21 días
T21 (Basacote + tierra) 21 días
T22 (DAP + tierra) 21 días
T23 (Yaramila Star + tierra) 21 días
T24 (Testigo + tierra)
T25 (Basacote + tierra/pulpa) 28 días
T26 (Testigo + tierra/pulpa)
T27 (Yaramila Star + tierra/pulpa) 28 días
T28 (DAP + tierra/pulpa) 28 días
T29 (DAP + tierra) 28 días
T30 (Yaramila Star + tierra) 28 días
T31 (Testigo + tierra)
T32 (Basacote + tierra) 28 días

3.13. Control de malezas

No hubo un calendario sobre el control de malezas, sino que se realizó cuando algunas especies se empezaron a presentar, como el zacate Bermuda (*Cynodon nlemfuensis*) y la Verdolaga comestible (*Portulaca oleracea*) en el sitio del experimento y dentro de las macetas. El control se efectuó de forma manual y con la utilización de un azadón.

3.14. Control de plagas y enfermedades

Se observaron daños causados por hormigas (*Atta mexicana*), y para su control se requirió utilizar el insecticida Imidacloprid que es un cebo hormiguicida formulado en pellets, la aplicación se realizó de forma manual colocando un cebo donde se vio ataque de plagas. Durante este periodo no se presentaron enfermedades en las plántulas.

3.15. Toma de datos

La toma de datos se llevó a cabo de forma semanal durante todo el desarrollo de las plántulas en vivero (cuatro meses y medio).

3.16. Variables agronómicas evaluadas

3.16.1. Altura de la planta

El día 16 del mes marzo del año 2021, se realizó la primera toma de datos por un periodo de cuatro meses y medio. Esta actividad se llevó a cabo cada siete días, se utilizó una regla metálica de 30 cm y las medidas se consideraron desde el ras del sustrato hasta el ápice de la planta.

3.16.2. Diámetro del tallo

El día 16 del mes de marzo del año 2021 se tomó la primera toma de datos durante cuatro meses y medio cada siete días. Para esta variable se utilizó un vernier mecánico, considerando el diámetro del tallo a un cm del ras del sustrato de la planta.

3.16.3. Pares de hojas

El día 16 del mes marzo del año 2021, se efectuó la primera toma de datos de la variable de hojas verdaderas. Se realizó por cuatro meses y medio cada siete días, para esto se contabilizaron los pares de hojas de manera visual.

3.17. Fertilizantes utilizados

Basacote Plus 6M (16-08-12), es un fertilizante de liberación controlada, su uso es recomendable para la fertilización de arbustos, plantas ornamentales, viveros y jardines, su acción es muy factible en la utilización de sustratos.

Basacote Plus es muy característico por poseer una liberación de nutrientes controlada que proviene de gránulos totalmente recubiertos con difusión con la

humedad y la temperatura, además proporciona un pH ácido con un 90% de solubilidad en agua, optimiza la dureza del gránulo, aportando diversos nutrientes para un mayor rendimiento y calidad en la cosecha (Cuadro 2).

Cuadro 2 Porcentaje de nutrientes del fertilizante Basacote Plus 6M.

Composición garantizada	%
Nitrógeno total (N)	16.0
Nitrógeno nítrico (NO₃)	7.4
Nitrógeno amoniacal (NH₄)	8.6
Fósforo (P₂O₅)	8.0
Potasio (K₂O) soluble en agua	12.0
Magnesio (MgO)	2.0
Azufre (S)	12.0
Boro (B)	0.02
Cobre (Cu)	0.05
Hierro (Fe)	0.40
Manganeso (Mn)	0.06
Molibdeno (Mo)	0.015
Zinc (Zn)	0.020

Yaramila Star es balance de NPK que dentro de todas sus características encontramos que promueve el crecimiento en las fases iniciales del cultivo, aportando fósforo para complementar la demanda energética.

Es un fertilizante denso perlado que para esparcirse puede ser de manera manual o con fertilizadoras, generando un mayor rendimiento como resultado de una nutrición balanceada; su naturaleza higroscópica le permite disolverse en contacto con el suelo húmedo, generalmente después del rocío nocturno.

Yaramila Star aporta nitrógeno en forma de nitratos, que permite tener una rápida disponibilidad para el cultivo, contiene zinc, que es muy esencial para etapas de enraizamiento, el magnesio y azufre que complementan una nutrición balanceada, y el fósforo de alta disponibilidad en forma de polifosfatos; todos estos nutrientes se integran en cada gránulo (Cuadro 3).

Cuadro 3 Porcentaje de nutrientes del fertilizante Yaramila Star.

Composición garantizada	%
Nitrógeno total	21
Nitrógeno nítrico (NO₃)	7.5
Nitrógeno amoniacal (NH₄)	13.5
Fósforo (P₂O₅)	17
Magnesio (MgO)	0.4
Zinc (Zn)	0.18
Potasio (K₂O)	3.0
Azufre (S)	4.0

El Fosfato Diamónico (DAP) es un fertilizante de presentación granular apto para la aplicación directa al suelo, contiene una concentración elevada de nitrógeno y fósforo y por su alto contenido de nutrientes primarios, el DAP

es un fertilizante complejo que puede ser aplicado como monoproducto o en mezclas (Cuadro 4).

El DAP, al ser fuerte en nitrógeno genera un efecto arrancador en los cultivos que requieren este nutriente en la etapa inicial, vigorizando cada vez más, producto con alta solubilidad en agua lo que asegura una respuesta elevada en absorción y fertilización.

Cuadro 4 Porcentaje de nutrientes del fertilizante Fosfato Diamonico.

Composición garantizada	%
Nitrógeno total	18
Fósforo total	46
Azufre total	1.1
Magnesio total	0.9

3.17.1. Yaramila Star

Esta actividad dio inicio el día 16 del mes de marzo al 26 de julio del año 2021, se diluyeron 100 gramos de Yaramila Star en tres litros de agua, se aplicaron 100 ml de la mezcla a los tratamientos 3, 6, 9, 13, 17, 23, 27 y 30 en diferentes tiempos. Para los tratamientos 3, 6, la aplicación se realizó cada siete días, para los tratamientos 9, 13, se realizó cada 14 días, para los tratamientos 17, 23 se realizó cada 21 y para los tratamientos 27, 30 se llevó a cabo cada 28 días (Cuadro 5).

Cuadro 5 Distribución de dosis para tratamientos evaluados con fertilizante Yaramila Star

Tratamientos	MI de mezcla	Días de fertilización
3, 6	100	Cada 7 días
9, 13	100	Cada 14 días
17, 23	100	Cada 21 días
27, 30	100	Cada 28 días

3.17.2. Basacote

El día 16 del mes de marzo del año 2021 a los tratamientos 2, 7, 11, 14, 20, 21, 25 y 32, se le hicieron dos agujeros de aproximadamente tres cm de profundidad utilizando una estaca en los que se le aplicó el fertilizante, para los tratamientos 2, 7 se aplicaron 2.0 gramos en cada agujero a los siete días ddt, a los tratamientos 11, 14 se aplicaron 2.5 gramos a los 14, a los tratamientos 20, 21 se aplicaron 3.0 gramos a los 21 días y a los tratamientos 25, 32 se aplicaron 3.5 gramos en cada agujero a los 28 días (Cuadro 6), posteriormente los agujeros se taparon quedando el fertilizante enterrado. El Basacote solo se aplicó una vez en todo el periodo de experimentación.

Cuadro 6 Distribución de dosis para tratamientos evaluados con fertilizante Basacote.

Tratamientos	Gramos por agujero	Gramos por maceta	Días de fertilización
2, 7	2.0	4.0	7 días
11, 14	2.5	5.0	14 días
20, 21	3.0	6.0	21 días
25, 32	3.5	7.0	28 días

3.17.3. DAP

Esta actividad dio inicio el día 16 del mes de marzo al 26 de julio del año 2021, se diluyeron 100 gramos de DAP (18-46-00) en tres litros de agua, se aplicaron 100 ml de mezcla a los tratamientos 1, 8, 10, 15, 19, 22, 28 y 29, en diferentes tiempos. Para los tratamientos 1, 8 se aplicó cada siete días, para los tratamientos 10, 15 se aplicó cada 14 días, para los tratamientos 19, 22 se aplicó cada 21 días y para los tratamientos 28, 29 la fertilización fue cada 28 días (Cuadro 7).

Cuadro 7 Distribución de dosis para tratamientos evaluados con fertilizante DAP.

Tratamientos	MI de mezcla	Días de fertilización
1, 8	100	Cada 7 días
10, 15	100	Cada 14 días
19, 22	100	Cada 21 días
28, 29	100	Cada 28 días

3.18. Análisis de varianza

Se llevó a cabo el análisis de varianza; mediante el SAS (Statistical Analysis System) y cuando se detectaron diferencias significativas en los tratamientos se utilizó la prueba de medias mediante Tukey a los niveles de significancia correspondientes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados estadísticos obtenidos en la presente investigación determinan el desarrollo y crecimiento morfológico en injertos con variedades de Marsellesa Sarchimor (*C.arabica*) sobre patrón de Romex (*C. canephora*) en etapa de vivero.

Los datos obtenidos en campo se tabularon en Excel trasladándolos al software SAS, con el fin de realizar los análisis de varianza, el cual se efectuó a partir de todos los tratamientos y sus respectivas variables.

4.1. Altura de la planta

Como se observa en el Cuadro 8, el análisis de varianza realizado para altura de la planta a los 61 ddt, tomando en cuenta el factor del fertilizante el tratamiento 22 (DAP + Tierra – 21 días) representa diferencia significativa comparándolo con el resto de los tratamientos, que a excepción del tratamiento 6 (Yaramila + T/P – 7 días) fue el más bajo teniendo una altura de 7.17. Por lo que el resto de los tratamientos tuvieron un desarrollo similar y estadísticamente son iguales. En una evaluación sobre el efecto de diferentes fertilizantes en plántulas de cafeto, Uribe y Rodríguez (2019) mencionan que el DAP es el fertilizante que otorga una mejor respuesta en el desarrollo de plántulas de cafeto en estado de vivero independientemente del tipo de variable que se esté evaluando.

Además, Arizaleta y Pire (2008) mencionan en un experimento realizado en Venezuela que de dos a tres meses las plántulas de cafeto necesitan dosis bajas de fertilización con N y P para alcanzar buen término previo a su establecimiento en campo, mientras que en dosis mayores solo habrá absorción adicional de los nutrientes sin que se reflejara en aumento de crecimiento.

Por otro lado, tenemos el factor del tipo de sustrato, donde el tratamiento 22 (DAP + Tierra – 21 días) fue el mejor, y con los demás tratamientos no hubieron diferencias significativas, así que podríamos definir que los tipos de sustratos no influyen en crecimiento de las plántulas de cafeto.

En cuanto a los tiempos de aplicación de los fertilizantes el mejor fue a cada 21 días para el DAP, mientras que para Yaramila fue a los 14 días, y para Basacote se presentó mejor desarrollo con aplicaciones a los 7 días; estas diferencias podrían deberse a la formulación de los fertilizantes, ya que Basacote es un fertilizante de liberación lenta y las plántulas solo absorben lo necesario en el tiempo necesario.

La obtención de estos resultados podría ser que en los primeros días las plántulas de *Coffea arabica* sufren un cambio morfológico y pasan de ser soldados

a pesetas o mariposas. Otra de las condiciones es que el material genético utilizado fue sometido a injertación, es por ende que la adaptación a las condiciones ambientales es más lenta comparándola con plántulas de pie franco o siembra directa. Mexal y Landis citado por Sáenz *et al.* (2010), menciona en unos de sus estudios que las pesetas después de ser sembradas llevan un proceso de aclimatación y el desarrollo morfológico se torna más lento, también cita que la altura no es suficiente para predecir la supervivencia de las plantas, sino que es un indicador de la altura futura que podría alcanzar la misma planta.

Cuadro 8 Medias de altura de plántulas de cafeto a los 61 ddt.

	Tratamientos	Altura (cm)	Significancia
22	DAP + Tierra - 21 días	9.08	a
9	Yaramila + Tierra - 14 días	8.83	ab
7	Basacote + T/P - 7 días	8.83	ab
18	Testigo + T/P	8.33	ab
13	Yaramila + T/P - 14 días	8.59	ab
20	Basacote + T/P - 21 días	8.50	ab
27	Yaramila + T/P - 28 días	8.41	ab
8	DAP + T/P - 7 días	8.41	ab
10	DAP + Tierra - 14 días	8.41	ab
25	Basacote + T/P -28 días	8.33	ab
11	Basacote + Tierra - 14 días	8.33	ab
24	Testigo + Tierra	8.33	ab
26	Testigo + T/P	8.25	ab
21	Basacote + Tierra - 21 días	8.08	ab
15	DAP+ T/P - 14 días	8.08	ab
28	DAP + T/P - 28 días	8.08	ab
31	Testigo + Tierra	8.08	ab
14	Basacote + T/P - 14 días	8.00	ab
17	Yaramila + T/P - 21 días	7.92	ab
12	Testigo + Tierra	7.92	ab
29	DAP + Tierra - 28 días	7.92	ab
19	DAP + T/P - 21 días	7.92	ab
23	Yaramila + Tierra - 21 días	7.92	ab

30	Yaramila + Tierra - 28 días	7.75	ab
4	Testigo + Tierra	7.75	ab
16	Testigo + T/P	7.67	ab
32	Basacote + Tierra - 28 días	7.67	ab
3	Yaramila + Tierra - 7 días	7.58	ab
1	DAP + Tierra - 7 días	7.50	ab
2	Basacote + Tierra - 7 días	7.50	ab
5	Testigo+ T/P	7.50	ab
6	Yaramila + T/P - 7 días	7.17	b

*Valores con letras iguales no son estadísticamente significativas (Tukey).₀₅

*ddt: días después del transplante

*T/P: tierra y pulpa

*Coeficiente de variación = 10.6%

4.2. Diámetro del tallo

Los valores mayores en diámetro del tallo considerándose los tres factores (fertilizantes, sustratos y tiempos de fertilización) a los 89 ddt, el tratamiento 7 (Basacote + T/P – 7 días) (Cuadro 9), fue el que presentó diferencias estadísticamente altas alcanzando un diámetro de 4.0000 mm, estando arriba por 0.17 mm de los tratamientos 22 (DAP + Tierra – 21 días) y el tratamiento 13 (Yaramila + T/P – 14 días, los cuales fueron los segundos con diferencias significativas, mientras que el tratamiento 20 (Basacote + T/P – 21 días) fue el más bajo con un diámetro de 2.67.

Según Jumbo (2018) menciona que la dinámica en las primeras semanas el engrosamiento del tallo es lento y uniforme debido a que las plántulas en sus primeros estadios no requieren gran cantidad de nutrientes, por el hecho de que no tiene desarrollados completamente todos sus órganos y el desarrollo fisiológico es más lento. Además en una investigación realizada por Encalada *et al.* (2018),

menciona que la variable diámetro del tallo de plántulas de cafeto, está en relación directa con la altura de las mismas plantas, mientras mayor altura tenga mayor será su diámetro.

Cuadro 9 Medias del diámetro del tallo de plántulas de cafeto a los 89 ddt.

	Tratamientos	Diámetro (mm)	Significancia
7	Basacote + T/P - 7 días	4.00	a
22	DAP + Tierra - 21 días	3.83	ab
13	Yaramila + T/P - 14 días	3.75	ab
8	DAP + T/P - 7 días	3.50	abc
12	Testigo + Tierra	3.50	abc
25	Basacote + T/P -28 días	3.42	abc
29	DAP + Tierra - 28 días	3.42	abc
4	Testigo + Tierra	3.42	abc
16	Testigo + T/P	3.42	abc
28	DAP + T/P - 28 días	3.42	abc
3	Yaramila + Tierra - 7 días	3.33	abc
31	Testigo + Tierra	3.33	abc
9	Yaramila + Tierra - 14 días	3.33	abc
10	DAP + Tierra - 14 días	3.33	abc
32	Basacote + Tierra - 28 días	3.33	abc
19	DAP + T/P - 21 días	3.25	abc
1	DAP + Tierra - 7 días	3.25	abc
18	Testigo + T/P	3.25	abc
5	Testigo+ T/P	3.25	abc
26	Testigo + T/P	3.17	abc
27	Yaramila + T/P - 28 días	3.17	abc
17	Yaramila + T/P - 21 días	3.17	abc
14	Basacote + T/P - 14 días	3.08	abc
2	Basacote + Tierra - 7 días	3.08	abc
15	DAP+ T/P - 14 días	3.08	abc
11	Basacote + Tierra - 14 días	3.08	abc
30	Yaramila + Tierra - 28 días	3.00	abc
24	Testigo + Tierra	3.00	abc
21	Basacote + Tierra - 21 días	3.00	abc
6	Yaramila + T/P - 7 días	2.92	bc
23	Yaramila + Tierra - 21 días	2.83	bc
20	Basacote + T/P - 21 días	2.67	c

*Valores con letras iguales no son estadísticamente significativas (Tukey) .05

*ddt: días después del trasplante

*T/P: tierra y pulpa

*Coeficiente de variación = 14.8%

4.3. Pares de hojas

Con relación al indicador de pares de hojas el tratamiento 8 (DAP + T/P – 7 días) alcanzo 7.33 pares de hojas a los 124 ddt siendo estadísticamente diferente (Cuadro 10), estando arriba por 1.67 de los tratamientos más bajos, los cuales fueron el tratamiento 20 (Basacote + T/P – 21 días), el tratamiento 17 (Yaramila + T/P – 21 días) y el tratamiento 24 (Testigo + Tierra) alcanzando 5.67 pares de hojas.

Justificando el comportamiento de las plántulas de cada tratamiento, es que la aparición de hojas en el cafeto en etapa vegetativa es lenta tal como menciona Arcilla *et al.* (2007), un par de hojas o nudo se origina en promedio entre los 25 a 30 días y en un año se forman aproximadamente de 12 a 14 pares de ramas principales, todo este desarrollo está en relación con la disponibilidad de nutrientes, el buen suministro de agua y radiación solar para el buen desarrollo de las plántulas.

Cuadro 10 Medias de pares de hojas de plántulas de cafeto a los 124 ddt.

Tratamientos	Pares de hojas	Significancia
8 DAP + T/P - 7 días	7.33	a
29 DAP + Tierra - 28 días	7.00	ab
4 Testigo + Tierra (T2)	7.00	ab
7 Basacote + T/P - 7 días	6.83	ab
13 Yaramila + T/P - 14 días	6.83	ab
28 DAP + T/P - 28 días	6.67	ab

5	Testigo+ T/P (T1)	6.67	ab
32	Basacote + Tierra - 28 días	6.67	ab
3	Yaramila + Tierra - 7 días	6.50	ab
6	Yaramila + T/P - 7 días	6.50	ab
31	Testigo + Tierra	6.50	ab
14	Basacote + T/P - 14 días	6.50	ab
9	Yaramila + Tierra - 14 días	6.33	ab
2	Basacote + Tierra - 7 días	6.33	ab
15	DAP+ T/P - 14 días	6.33	ab
10	DAP + Tierra - 14 días	6.33	ab
25	Basacote + T/P -28 días	6.33	ab
26	Testigo + T/P	6.33	ab
12	Testigo + Tierra	6.33	ab
19	DAP + T/P - 21 días	6.17	ab
21	Basacote + Tierra - 21 días	6.17	ab
22	DAP + Tierra - 21 días	6.17	ab
16	Testigo + T/P	6.17	ab
30	Yaramila + Tierra - 28 días	6.17	ab
23	Yaramila + Tierra - 21 días	6.00	ab
1	DAP + Tierra - 7 días	6.00	ab
11	Basacote + Tierra - 14 días	5.83	ab
18	Testigo + T/P	5.83	ab
27	Yaramila + T/P - 28 días	5.83	ab
20	Basacote + T/P - 21 días	5.67	b
17	Yaramila + T/P - 21 días	5.67	b
24	Testigo + Tierra	5.67	b

*Valores con letras iguales no son estadísticamente significativas (Tukey) .05

*ddt: días después del transplante

*T/P: tierra y pulpa

*Coeficiente de variación = 11.5%

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se pudo concluir con lo siguiente:

En el desarrollo vegetativo de las plantas de cafeto se mostró una diferencia entre las variables evaluadas. En cuanto a la altura de la planta de los 26 a los 40 ddt el tratamiento 7 Basacote + Tierra y Pulpa con 4 gr presento mayor altura con 7.5 cm, pero a los 61 ddt el tratamiento 22 DAP + Tierra con fertilización cada 21 días supero la altura alcanzando 9.0 cm mostrando diferencia significativa, y a los 75 ddt incremento su altura a 11.0 cm, mientras que el tratamiento 3 Yaramila + Tierra alcanzo una altura de 8 cm posicionándose como el más bajo.

Para el diámetro del tallo, a los 89 ddt el tratamiento 7 Basacote + Tierra y Pulpa con 4 gr mostro el mayor grosor con 4 mm, estando arriba por 1.4 mm al tratamiento que presento la media más baja el cual corresponde al tratamiento 20 Basacote + Tierra y Pulpa con 6 gr con un diámetro de 2.6 mm. En la dinámica de diámetro de tallo los tratamientos se adjuntaron y en la B1 (Tierra de la región) los tratamientos se mantuvieron en un estándar igual y no representaron diferencias estadísticas. Mientras que dentro de la B2 (Tierra y Pulpa) encontramos dos tratamientos, T7 Basacote con 4 gr y T22 DAP con aplicaciones cada 21 días, ambos muestran diferencias altamente significativas a partir de los 47 hasta los 89 ddt.

En la variable de pares de hojas a los 124 ddt el tratamiento 8 DAP + Tierra y Pulpa con aplicaciones cada 7 días presento un mayor número de pares de hojas con 7.3 presentando diferencia altamente significativa, estando por arriba con 1.7 pares de hojas a los tratamientos que presentaron medias más bajas que corresponden a T17 Yaramila + Tierra y Pulpa, T20 Basacote 6 gr y T24 Testigo con valor de 5.6 pares de hojas. En cuanto a la utilización de B1 (Tierra de la región) y B2 (Tierra y Pulpa), los valores con diferencia significativas fueron 7.3 y 7.0 que corresponden a los tratamientos 8 y 29 mismos con aplicación de fertilizante DAP.

Diferenciando la B1 y B2, para las tres variables evaluadas, altura de la planta, diámetro del tallo y numero de pares de hojas no hubieron diferencias estadísticas en cuanto a la utilización de los sustratos, concluyendo que estos no actúan en el desarrollo de las plantas, sin embargo, los fertilizantes si tienen roles diferentes en el crecimiento de las plantas de cafeto.

VI. SUGERENCIAS

En base a los resultados preliminares obtenidos de este trabajo se sugiere seguir evaluando estas variables y sus efectos sobre los parámetros anatómicos consignados aquí.

Igualmente para obtener conclusiones más objetivas es recomendable evaluar solo al fertilizante Basacote en sus diferentes niveles para posteriormente incluir el mejor de ellos en un experimento factorial y llevar a cabo la estimación de los factores principales (Fertilizantes, Tipos de Sustrato y Tiempos de Aplicación y sus respectivas interacciones).

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar S. A., J. D. Etchevers B., y J. Z. Castellanos R. 1987. Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo. Publicación especial 1. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Estado de México.
- Alfonse A. A., J.C. Trejo G., y M.A. Martínez G. 2018. Opción Climática para la Producción de Café en México. Ensayos Revista de Economía, 37(2) ,135-154 DOI: <http://dx.doi.org/10.29105/ensayos37.2-1> (Fecha de consulta: 09 de marzo 2022).
- Améndola R., E. Castillo y P. A. Martínez. 2005. Country Pasture/Forage Resource Profiles. [CDROM]. México: FAO Roma.
- Arcilla J. 2004. Crecimiento y Desarrollo de la Planta de Café. Morfología de la flor del cafeto. Capítulo 2. Colombia. pp. 39.
- Arcilla P., V. Farfán, B. Moreno, G. Salazar y G. Hincapié. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Cap. 4. Establecimiento del cafetal. Chinchiná. CENICAFE. pp. 309.
- Arizaleta M., y R. Pire. 2008. Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fosforo en vivero. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Vol. 42(1). Barquisimeto, Venezuela. pp. 54.
- Asociación Nacional del Café (ANACAFE). 1995. Hombres de Café. Bogotá. Colombia. pp. 8-11.

- Asociación Nacional del Café (ANACFÉ). 2019. Guía de variedades de café. 2 ed. Guatemala. pp. 5-40.
- Barbosa T., I. 2019. Manual del Viverista (Café, Cacao, Plantas Forestales y Leguminosas). 41 pp. Disponible en: http://repositorio.uca.edu.ni/3023/1/Manual_del_viverista.pdf (Fecha de consulta: 05 de abril 2022).
- Barrera J. F., y M. Parra. 1999. El café en Chiapas y la Investigación ECOSUR. San Cristóbal de las Casas. Chiapas. México. 4 pp.
- Bustillo P., A. E. 2006. Una Revisión sobre la Broca del Café, *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: Curculionidea: Scolytinae). Revista Mexicana de ciencias agrícolas. Colombia. 32(2). pp. 102.
- Channel M., R.G. 1975. Cultivos. Aspectos Fisiológicos de Rendimiento de Café en Grano. J. *Coffea*. Serie Botánica. Research 5: pp 7-20.
- Cárdenas M., R. Marcano, H. Giraldo y A. Aquino. 2010. Biología de la Broca del Café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleóptera: Curculionidae) Bajo Condiciones de Campo, en el Estado Táchira. Biagro. Venezuela. Entomotropica. 22.
- Castro S. 2017. El Calcio es un nutriente limitante en cafetales bajo manejo intensivo de fertilizantes en ultisoles. Conclusión. Agronomía Costarricense. New England. EEUU. pp. 117.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. (CEDRSSA). 2019. Comercio Internacional del Café, el

caso de México. Palacio Legislativo de San Lázaro. Ciudad de México. pp. 1.

Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE). 2018. Las heladas. Efecto sobre el crecimiento vegetativo. Clima andino y café en Colombia. pp. 2.

Cháves V. 1999. Manejo de la fertilización en café. Instituto del café de Costa Rica. Disponible en: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_163.pdf (Fecha de consulta: 19 de marzo 2022).

Chen L. 2021. La función del cobre en el cultivo de las plantas. Cobre. Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-cobre-en-el-cultivo-de-plantas/> (Fecha de consulta: 19 de marzo 2022).

De Ingunza S., A. 1966. La "broca del café" (*Hypothenemus hampei* ferr.): importancia, distribución geográfica, forma de ataque y especies de cafeto que ataca e influencia de la altitud sobre el nivel del mar en el grado de ataque. Revista Peruana de Entomología. Vol. 9(1). pp. 82

Encalada M., P. Fernández, N. Jumbo, A. Alejo y L. Reyes. 2018. Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c. v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Vol. 8(1). Loja, Ecuador. pp. 81.

- Ferreyra E. R., V. G. Selles, S. R. Ruiz, M. P. Gil y M. C. Barrera. 2008. Manejo de la Clorosis Férrica en Palto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. La Cruz, Chile. pp. 42
- Gómez O. A., y D. Pérez. 1995. Evaluación de diferentes alternativas de fertilizar cafetos manejados en recepa por surcos de acuerdo a la edad de la recepa. In: Memoria XVII. Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. IICA - PROMECAFE, San Salvador. 108 pp.
- González O., H., y S. Sadeghian K. 2006. Efecto de corto plazo de distintas fuentes de azufre sobre la acidez y la disponibilidad de este elemento en la zona radical del café (*Coffea arabica* L.). Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). Chinchiná, Caldas, Colombia. 57(2). pp. 133.
- Herrera J.S. 1997. Suelo, Nutrición y Fertilización. Cap. 7. Disponible en: <https://www.ihcafe.hn/?mdocs-file=4264> (Fecha de consulta: 27 de abril 2022).
- Hikosaka K., T. I. 1995. Un modelo de aclimatación de Fotosíntesis en hojas de C3 plantas a sol y sombra con respecto al uso de nitrógeno. Planta, Célula y Medio Ambiente. Boletín informativo. 18: pp. 605-618.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). 2004. Comportamiento de la Broca del fruto del cafeto. Boletín informativo, oficina regional los Santos. San Marcos de Tarrazú, Costa Rica. pp. 2.

Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). 2011. Guía Técnica para el Cultivo del Café. Boletín informativo. 1a ed. Heredia Costa Rica. ICAFFE-CICAFFE. 72 pp.

Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). 2012. Fertilización en café: resultados de investigación. Santo Domingo, Do. pp. 11-13.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2018. Podas en cafetales. Programa centroamericano de Gestión Integral de la Roca del Café. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7133/BVE18040234e.pdf;jsessionid=3CBC16FB91FE5CFB5DBBE642E5F32EF7?sequence=1> (Fecha de consulta: 03 de mayo 2022).

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2013. Guía práctica de caficultura. El Salvador. 78 pp.

Jumbo N. 2018. Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. c.v. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. Revista Indexada Bosques Latitud Cero. pp. 70-84.

Lemus E. J. 2006. Evaluación de niveles de nitrógeno, fosforo y potasio sobre el rendimiento del cultivo de café, durante dos años, en dos localidades de la parte alta del municipio de Quezaltepeque, Departamento de Chiquimula. Tesis. Licenciatura. Universidad de San Carlos de

- Guatemala Centro Universitario de Oriente Agronomía. Chiquimula, Guatemala. 74 pp.
- Marín C., G. 2012. Producción de cafés especiales. Manual técnico. Equipo técnico fondoempleo, programa selva central. Lima, Perú. 46 pp.
- Martínez R. 2010. Diagnóstico de sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en San Juan Metaltepec Mixe, Oaxaca. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 60 pp.
- McCook S., y Vandermeer J. 2015. The Big Rust and The Red Queen: Long-Term Perspectives on Coffee Rust Research. *Phytopathology*, 105(9).
- Monroig I., M. F. 2018. Manual para la propagación del cafeto en Puerto Rico. Servicio de extensión agrícola. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez Colegio de Ciencias Agrícolas. Puerto Rico. 18 pp.
- Monroig M.F. S/F. Morfología del cafeto. Disponible en: https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj1858/Morfologia_cafeto_2.pdf (Fecha de consulta: 28 de enero 2022).
- Mora A., G. 2019. Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome). Colegio de Postgraduados, Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D. F. 19 pp.
- Morales R., V. 2018. Características físicas del fruto de café (*coffea arabica* L.) en híbridos de timor. *Agro Productividad*. 11(3). Disponible en:

<https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/226>

(Fecha de consulta: 15 abril 2022).

- Muñoz C., L. D. 2022. Evaluación morfológica de café robusta (*Coffea canephora*) en etapa de vivero a la aplicación de MicroEssentials SZ. Tesis. Licenciatura. Universidad Estatal del Sur Manabí. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Jipijapa, Manabí, Ecuador. 58 pp.
- Napoleón I., J., y L. A. Cruz V. 2005. Guía técnica de semilleros y viveros frutales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional de Frutas de El Salvador. El Salvador. 40 pp. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0507e/B0507e.pdf> (Fecha de consulta: 03 de mayo 2022).
- Naranjo P., D. F. 2018. Efectos de los elementos menores sobre la productividad del café (*Coffea arabica* L.) en la zona cafetera Colombiana. Monografía. Licenciatura. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Ibagué, Colombia. 86 pp.
- Ochoa M., R. Rivera, C. Bustamante y M. I. Rodríguez. 2000. La fertilización fosfórica del *Coffea arabica* L. en suelo ferrítico rojo oscuro. Parte I. fertilización mineral. Cultivos tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. Vol. 21 (1). pp. 73.

- Oliveros M. 2011. Requerimientos del café. Requerimientos del clima. Disponible en: <http://cultivocafe.blogspot.com/2011/08/requerimientos-del-cafe.html> (Fecha de consulta: 25 de abril 2022).
- Quintero R., M.L. y M. Rosales. 2014. El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. Introducción. Visión gerencial. Universidad de los Andes. Venezuela. (2). pp. 292.
- Quispe R., M. M. Loza, M. Marza F., R. Gutiérrez, F. Aliaga y C. Fernández. 2015. Trampas artesanales con atrayentes alcohólicos en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) en la Colonia Bolinda, Caranavi. Journal Selva Andina Biosph. La Paz, Bolivia. 591(2). pp. 11.
- Ramos P.J., J.R. Sanz U., y C. E. Oliveros T. 2010. Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real a través de la medición de color. CCENICAFÉ, 61(4): pp. 315-326.
- Rivillas O. C., G. C. Serna, A. M. Cristancho y B. A. Gaitán. 2011. La roya del cafeto en Colombia (impactos, manejos y costos del control, resultados de investigación). Centro Nacional de Investigación del Café (CENICAFÉ). Chinchiná, Caldas, Colombia. 53 pp.
- Roblero E., A. A. 2004. Estudio de la Cafeticultura en el Estado de Chiapas. Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 pp.

- Rosas J., E. Escamilla P., y O. Ruiz R. 2008. Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra Latinoamérica*. Vol. 26: 4. Chapingo, México. pp. 3.
- Sadeghian K., y R. D. Zapata H. 2015. Crecimiento de café (*Coffea arabica* L.) durante la etapa de almácigo en respuesta a la salinidad generada por fertilizantes. *Revista de ciencias agrícolas*. Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín. Vol. 31(2). Medellín, Colombia. pp. 1.
- Sadeghian S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Programa de Investigación Científica Centro Nacional del Café. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia. pp. 5-6.
- Sadeghian S. 2009. La materia orgánica en agroecosistemas cafeteros de Colombia. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos y Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero* (pp. 72–99). CENICAFÉ. https://doi.org/10.38141/10791/0003_4
- Sadeghian S., y H. Osorio. 2012. Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de levante. Programa de investigación científica fondo nacional del café. CENICAFÉ. Caldas, Colombia.
- Sáenz J., Villaseñor, F., A. R. Muñoz y J. Prieto. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto técnico. Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC- Campo Experimental Urupan. Urupan, Michoacán, MX.48 pp.

- Sánchez Ñ., J. M., M. E. Serrano F., D. Sangermán J., A. Navarro B., G. R. Vera A., J. A. Cuevas S., y J. L. Macías V. 2011. Eventos Hidrometeorológicos Extremos y Desastres en Comunidades Rurales y Urbanas en Motozintla, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1(2): 167-181 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola en México (2017). Secretaría de Agricultura, y Desarrollo Rural. En línea: <http://www.siap.gob.mx>.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2016. Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix Berkeley & Broome*). Dirección General de Sanidad Vegetal. Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 40. 23 pp.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2019. Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix Berkeley & Broome*). Aviso público del riesgo y situación actual. México, D. F. Ficha técnica. 6 pp.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2013. Manual técnico para el manejo preventivo de la roya del cafeto. Ficha técnica. México D. F. 26 pp.
- Uribe A. R., y E. D. Rodríguez. 2019. Evaluación del efecto de tres tratamientos de fertilización (más un testigo DAP) en el desarrollo aéreo y radicular de colinos de café variedad castillo. Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Programa Ingeniería Agrícola. Ed. 10. San Gil, Colombia. pp. 36.

Valencia A., G. S/F. Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto. Clima para el cafeto. Instituto Internacional de Nutrición Vegetal. Agroinsumos del café S. A. - CENICAFÉ. 10 pp.

Waller J. M., M. Bigger y R. Hillocks. 2007. Coffee pests, diseases and their management. CABI. 437 pp.