

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Desarrollo de *Coffea arabica* L. variedad Marsellesa chachimor con diferentes fertilizantes en dos sustratos.

Por

DAVID EMMANUEL HERNÁNDEZ ALVARADO

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Desarrollo de *Coffea arabica* L. variedad Marsellesa chachimor con diferentes fertilizantes en dos sustratos.

Por:

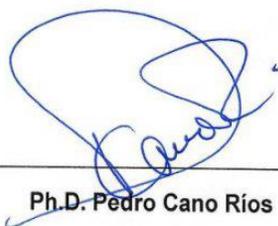
DAVID EMMANUEL HERNÁNDEZ ALVARADO

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADO POR



Ph.D. Pedro Cano Ríos

Presidente



Dr. José Luis Reyes Carrillo

Vocal



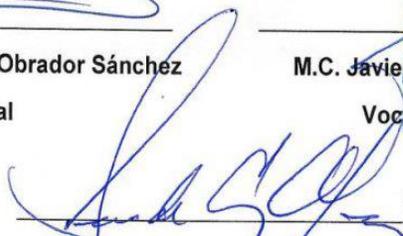
Dr. José Abraham Obrador Sánchez

Vocal



M.C. Javier López Hernández

Vocal suplente



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Octubre, 2021

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Desarrollo de *Coffea arabica* L. variedad Marsellesa chachimor con
diferentes fertilizantes en dos sustratos.

POR

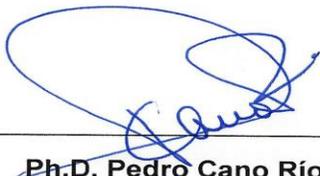
DAVID EMMANUEL HERNÁNDEZ ALVARDO

TESIS

Que se somete a la consideración del Comité de Asesoría como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADO POR



Ph.D. Pedro Cano Ríos

Asesor principal



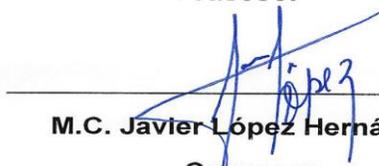
Dr. José Luis Reyes Carrillo

Coasesor



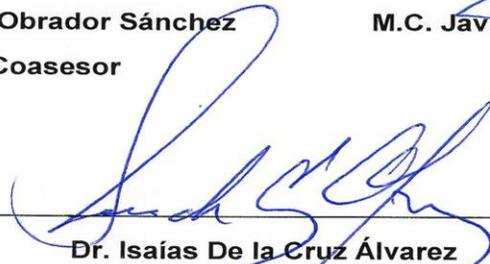
Dr. José Abraham Obrador Sánchez

Coasesor



M.C. Javier López Hernández

Coasesor



Dr. Isaías De la Cruz Álvarez

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Octubre, 2021

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN, UL)**. Por la oportunidad de realizar mis estudios “licenciatura”, en el programa de Parasitología **generación 2016-2020**, por el apoyo incondicional y las facilidades para el desarrollo de mi trabajo.

Al **Departamento de Parasitología** que me ha brindado su apoyo incondicional, orientándome para la culminación de este proyecto. Muchas gracias.

A mi asesor principal el Dr. Pedro Cano Ríos, un gran investigador y gentil persona. Gracias por su tiempo, consejos, enseñanzas brindadas, sugerencias para la terminación de este trabajo, experiencia, una motivación para no rendirme, la paciencia para explicarme que sin duda me han ayudado para ser una mejor persona y profesionista.

A mis asesores el Dr. José Abraham Obrador Sánchez, Dr. José Luis Reyes Carrillo y MC. Javier López Hernández, por ser parte de este equipo de trabajo, por las indicaciones, acompañamiento, consejos y por el apoyo brindado en la revisión de tesis. Muchas gracias.

A mis amigos por colaborar conmigo sus experiencias y tiempo dejando un recuerdo bello en esta etapa de mi vida. Ernesto, Marcos, Felipe, Jordán, Martín, Alexis, Anibar, Leonel, Rene, Didier, Erick, Jesús, Saúl, Pedro, Eliseo, Darío, Miranda, Karen, Lilian.

A la **Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores**, muchas gracias por compartirme sus conocimientos, sus consejos, sus regaños, su confianza y sobre todo su amistad.

A todos mis Profesores del Departamento de Parasitología: gracias por sus enseñanzas, consejos y el interés por impartir sus conocimientos en cada clase:

Dr. José Abraham Obrador Sánchez, M.C. Javier López Hernández, Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores, M.C Fabián García Espinoza, Ph. D Vicente Hernández Hernández, Ing. José Alonso Escobedo, Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos, Ph.

D. Teodoro Herrera Pérez, Dr. Claudio Ibarra Rubio y M.C. Sergio Hernández Rodríguez.

Finalmente, a todas aquellas personas, colegas y amigos que me brindaron su apoyo, tiempo e información y que contribuyeron a la realización de mi trabajo de tesis. Muchas Gracias.

DEDICATORIA.

Primeramente, a **Dios** por permitirme llegar hasta este momento, brindándome salud, alegrías, éxito, amor y poner a personas lindas en mi camino, por brindarme de su bendición y así poder concluir con uno de mis sueños.

A mis padres, mi soporte **Pedro Oswaldo Hernández Cruz y Claudia Lorena Alvarado Domínguez**, por el ejemplo de ser una persona amable, honesta, dedicada, fuerte, a luchar por mis sueños, aprender a levantarme superándome día con día. Gracias por el gran apoyo infinito, siempre les estaré perpetuamente agradecido por la confianza y su cariño que me han brindado. Este logro es parte de ustedes. Muchas gracias.

A mi hermano mayor Jesús Hernández quien ha sido de ejemplo para seguir luchando por lo que más deseo, su confianza me inspira, sus regaños hacen de mí una mejor persona.

En especial, quiero dedicar este trabajo a Arely Hernández, Daniel Hernández, Rut Hernández, Elías Hernández quienes son parte de mi motivación, aun no estando físicamente siempre los llevo en mi mente y corazón, los amo. Muchas gracias.

A mi abuela Elma Domínguez, que siempre estuviste para mí, juntos salimos adelante, por tus consejos, regaños, por tu apoyo moralmente y económicamente, por tener siempre un espacio para escucharme darme una solución a mis problemas, inculcarme a no dejar mis metas y motivarme a siempre dar todo de mí, te llego en mis pensamientos, corazón, eres mi gran motivo mi súper mama. Muchas gracias.

A mi abuelo Adán Alberto Alvarado, por todos los consejos que en su momento necesité, por sus regaños y sobre todo por los buenos momentos que siempre supo darme. Muchas gracias.

A mis abuelos paternos, Pedro y Rita quienes físicamente ya no están conmigo, lo están en mi corazón, especialmente quiero agradecerles por todo el apoyo brindado hacia mi persona, llegar a conocerlos es una de las muchas

bendiciones de Dios, los amo un abrazo y beso asta cielo que de seguro estoy están orgullosos de mí.

A mis tíos Adán Alvarado, Liliana Alvarado, Eva Alvarado, Julio Díaz, Marvin Díaz, Esperanza Gómez, por sus consejos, apoyo que me brindaron en su momento, por creer en mí. Muchas gracias.

A mis primos, Iván, Omar, Elma, Esmeralda, Karla, Nicol, Cristian, por darme un espacio para escucharme, dame consejos, apoyarme en momentos de apuro. Muchas gracias.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue conocer el efecto de diferentes dosis de fertilización en el desarrollo vegetativo de las plantas de cafeto *Coffea arabica* L. var Marsellesa chachimor en dos sustratos diferentes. El experimento se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano del año 2021, en la Finca Santa Fe, Municipio de Motozintla de Mendoza, Chiapas, México. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos y 25 repeticiones por cada uno, donde el factor "A" corresponde a (Basacote, DAP, Yaramila Star), el factor "B" corresponde a sustratos utilizados (Tierra de la región y tierra + pulpa de café). Las variables fueron altura (cm), diámetro del tallo (mm) y pares de hojas verdaderas. Encontrando diferencia altamente significativa y el promedio medio más alto a los 134 días después del trasplante (ddt) fueron para la máxima altura de la planta con 20.63 cm, para el diámetro del tallo 4.6 mm y los pares de hojas 6.28. Éstos resultados permiten establecer una mejor dosis en cuanto a fertilización en vivero lo cual se considera una alternativa más para el desarrollo vegetativo de la planta

Palabras claves: Trasplante, Almacigo, Plántulas, Tratamientos, Calidad.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	xv
I.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Importancia del café.....	3
2.1.2 Importancia mundial.....	3
2.1.3 Importancia nacional.....	4
2.1.4 Importancia regional.....	5
2.2 Origen.....	5
2.3 Producción de café en Chiapas.....	5
2.4 Clasificación botánica.....	6
2.5 Clasificación Taxonómica.....	6
2.6 Estructura y Morfología.....	7
2.6.1 Raíz.....	7
2.6.2 Tallos.....	8
2.6.3 Ramas.....	8
2.6.4 Hojas.....	8
2.6.5 Flores.....	9
2.6.6 Frutos.....	9
2.6.7 Semillas.....	10
2.7 Variedades.....	10
2.8 Variedades en México.....	10

2.8.1	Café Bourbon.....	10
2.8.2	Café Mundo Novo	11
2.8.3	Café Caturra.....	11
2.8.4	Café Venecia.....	11
2.8.5	Café Catuaí.....	12
2.8.6	Costa Rica 95 (CR 95).....	12
2.8.7	Gran Colombia.....	12
2.8.8	Café Garnica.....	12
2.8.9	Café Pache	12
2.9	Requerimiento del cultivo	13
2.9.1	Altitud	13
2.9.2	Precipitación.....	13
2.9.3	Temperatura.....	13
2.9.4	Humedad relativa	13
2.9.5	Viento	13
2.9.6	pH.....	14
2.10	Clima	14
2.11	Suelo	15
2.12	Fertilización	15
2.12.1	Nitrógeno.....	16
2.12.2	Fósforo	16
2.12.3	Potasio	16
2.12.4	Magnesio.....	17
2.12.5	Hierro	17
2.12.6	Calcio	17
2.12.7	Azufre.....	17
2.12.8	Boro.....	17
2.12.9	Zinc	17
2.12.10	Manganeso	18
2.12.11	Molibdeno.....	18
2.12.12	Cloro.....	18
2.13	Labores culturales	18
2.13.1	Control de malezas	18
2.13.2	Poda.....	19

2.13.2 Tipos de podas.....	19
2.14 Plaga	23
2.14.1 Broca del cafeto	23
2.14.2 Importancia económica	24
2.14.3 Biología	24
2.14.4 Colonización.....	24
2.14.5 Métodos de control.....	25
2.14.6 Trampas y atrayente para la broca del café.....	26
2.15 Principal enfermedad del café	27
2.15.1 Roya del café	27
2.15.2 Clasificación taxonómica.....	27
2.15.3 Importancia económica a nivel mundial.	28
2.15.4 Importancia económica en México.....	29
2.15.5 Distribución nacional de la enfermedad.....	29
2.15.6 Hospedante.....	29
2.15.7 Distribución nacional de hospedantes	29
2.15.8 Ciclo de vida.....	29
2.15.9 Control cultural	30
2.15.10 Control químico	30
III. Materiales y Métodos	32
3.1 Localización de Chiapas.....	32
3.2 Localización del sitio de estudio.....	32
3.3 Localización del área experimental	33
3.4 Clima de la región.....	33
3.4.1 Temperatura de la región.....	34
3.4.2 Precipitación pluvial	35
3.4.3 Heladas.....	35
3.5 Preparación del terreno	35
3.6 Mezclas de sustratos.....	36
3.6.1 B1 (tierra de la región)	36
3.6.2 B2 (tierra + pulpa de café)	36
3.9 Instalación del sistema de riego	36
3.10 Material genético	36

3.11 Aplicación de funguicida.....	36
3.12 Trasplante a macetas.....	36
3.13 Labores culturales.....	37
3.13.1 Control de malezas.....	37
3.14. Toma de datos.....	37
3.14.1 Revisión de insectos plagas.....	37
3.15 Observación de manejo de cultivo.....	37
3.15.1 Plagas y enfermedades.....	37
3.16 Diseño experimental.....	37
3.17 Croquis de campo.....	37
3.18 Factores.....	38
3.19 Descripción de tratamientos de estudio.....	38
3. 20 Variable evaluada.....	39
3.20.1 Etapa vegetativa.....	39
3.21 Fertilizantes utilizado.....	40
3.21.1 Basacote.....	42
3.21.2 DAP.....	42
3.21.3 Yaramila Star.....	42
- IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1 Desarrollo vegetativo.....	43
4.1.1 Altura final de la planta a los (134 ddt).....	43
4.2 Diámetro del tallo.....	47
4.2.1 Grosor final del tallo a los 134 (ddt).....	47
4.3 Pares de hojas verdaderas.....	51
4.3.1 Pares de hojas de las plantas a los 134 (ddt).....	51
4.4 Comparación de sustratos Tierra vs Tierra/pulpa.....	54
V CONCLUSIONES.....	56
VI. REFERENCIAS.....	58
VII APÉNDICE.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Clasificación del cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.). Adaptado de “Cultivo y beneficiado del café.	7
Cuadro 3.1. Descripción de los factores de estudio. UAAAN UL. 2021.	38
Cuadro 3.2. Descripción de los tratamientos de estudio del presente trabajo de investigación. UAAAN UL. 2021.....	39
Cuadro 3.3. Porcentaje de nutrientes del fertilizante Basacote plus. UAAAN UL. 2021.....	40
Cuadro 3.4. Porcentaje de nutrientes del fertilizante Fosfato Diamónico. UAAAN UL. 2021.....	41
Cuadro 3.5. Porcentaje de nutrientes del fertilizante Yaramila Star. UAAAN UL. 2021.....	42
Cuadro 4.1. Valores medios obtenidos y significancia estadística para la variable altura de la planta a los 134 ddt, en los tratamientos de estudio. UAAA UL. 2021.	43
Cuadro 4.2. Altura de las plantas de los genotipos de cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.) var. Marsellesa chachimor, con los tratamientos, T1= Basacote + Tierra, T2= DAP + Tierra, T3= Yaramila Star + Tierra, T4= Testigo (Tierra), predicciones expresadas en cm, para los 50, 85, 120 días, después del trasplante, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.	45
Cuadro 4.3. Altura de las plantas del genotipo de cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.) var “Marsellesa chachimor” tratamientos, T5= Basacote + tierra/pulpa, T6= DAP+ tierra/pulpa, T7= Yaramila Star + tierra/pulpa, T8= Testigo (tierra/pulpa) Predicciones expresadas en cm, para los 50, 85, 120 ddt, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.	46

Cuadro 4.4. Valores medios obtenidos y significancia estadística para la variable altura de la planta a los 134 ddt, en los tratamientos de estudio. UAAA UL. 2021.	47
Cuadro 4.5. Diámetro del tallo de las plantas del genotipo de café (<i>Coffea arabica</i> L.), var. “Marsellesa chachimor, en los T1= Basacote + tierra, T2= DAP + tierra, T3= Yaramila Star + tierra, T4= Testigo (Tierra), predicciones expresadas en mm, para los 50, 85, 120 ddt, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL. 2021.	48
Cuadro 4. 6 Diámetro del tallo de las plantas de los genotipos de cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.) var. Marsellesa chachimor, (ddt), en los tratamientos, T5= Basacote + Tierra/pulpa, T6= DAP + Tierra/pulpa, T7= Yaramila Star + Tierra/pulpa, T8= Testigo (Tierra/pulpa), predicciones expresadas en mm, para los 50, 85,120, DDT, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.....	50
Cuadro 4.7. Valores medios obtenidos y significancia estadística para la variable altura de la planta a los 134 ddt, en los tratamientos de estudio. UAAA UL. 2021.	51
Cuadro 4.8 Pares de hojas de las plantas del genotipo de cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.) var. Marsellesa chachimor, (DDT), en los tratamientos, T1= Basacote + Tierra, T2= DAP + Tierra, T3= Yaramila Star + Tierra, T4= Testigo (Tierra), predicciones expresadas en mm, para los 50, 85,120, DDT, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.....	52
Cuadro 4.9. Numero de hojas del genotipo de cafeto (<i>Coffea arabica</i> L.) var. Marsellesa chachimor, (DDT), en los tratamientos, T1= Basacote + Tierra, T2= DAP + Tierra, T3= Yaramila Star + Tierra, T4= Testigo (Tierra), predicciones expresadas en mm, para los 50, 85,120, DDT, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.	54
Cuadro 4.10. Suma de Cuadrados de Tierra vs Tierra/pulpa. UAAAN UL. 2021.	55
Cuadro 4.11. Suma de Cuadrados de Tierra vs Tierra/pulpa. UAAAN UL. 2021.	55

Cuadro 4.12. Suma de Cuadrados de Tierra vs Tierra/pulpa. UAAAN UL. 2021. 55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Localización de la región del Estado de Chiapas, México. UAAAN UL. 2021.....	32
Figura 3.2 Localización de la Finca Santa Fe, municipio de Motozintla de Mendoza, Chiapas, México. UAAA UL. 2021.....	33
Figura 3.3 Localización del sitio experimental en la Finca Santa Fe, Motozintla Mendoza, Chiapas, México. UAAAN UL. 2021.....	33
Figura 3.4 Clima de la región del Municipio de Motozintla, Chiapas, México. UAAAN UL. 2021.	34
Figura 3.5 Distribución de los tratamientos de estudio en la Finca Santa Fe, Motozintla Mendoza. UAAAN UL. 2021.....	38
Figura 4.1 Dinámica de crecimiento en altura desde los 22 hasta los 134 (ddt) en sustrato B1 (Tierra de la región), de los tratamientos de estudio en las plantas de caféto (<i>Coffea arabica</i> L.), var. Marsellesa Chachimor. UAAAN UL. 2021.	44
Figura 4.2 Dinámica de crecimiento en altura desde los 22 hasta los 134 (ddt) en sustrato B2 (Tierra/pulpa de café), de los tratamientos de estudio en las plantas de caféto (<i>Coffea arabica</i> L.), var. Marsellesa Chachimor. UAAAN UL, 2021.	45
Figura 4. 3 Respuesta del diámetro del tallo desde los 22 hasta los 134 (ddt), en sustrato B1 (Tierra), de los tratamientos de estudio en las plantas de caféto (<i>Coffea arabica</i> L.), var. Marsellesa Chachimor. UAAAN UL, 2021.....	48
Figura 4.4 Respuesta del diámetro del tallo desde los 22 hasta los 134 (ddt) en el sustrato B1 de los tratamientos de estudio en las plantas de caféto (<i>Coffea arabica</i> L.), var. Marsellesa Chachimor. UAAAN UL, 2021.	49
Figura 4.5 Respuesta del número de hojas desde los 22 hasta los 134 (ddt), en los tratamientos, T1= Basacote + Tierra, T2= DAP + Tierra, T3= Yaramila Star + Tierra, T4= Testigo (Tierra), en las plantas de caféto (<i>Coffea arabica</i> L.), var. Marsellesa Chachimor, UAAAN UL, 2021.	52

Figura 4.5. Respuesta del número de hojas desde los 22 hasta los 134 (DDT), en los tratamientos, T5= Basacote + Tierra/pulpa, T7= DAP + Tierra/pulpa, T7= Yaramila Star + Tierra/pulpa, T8= Testigo (Tierra/pulpa), en las plantas de cafeto (*Coffea arabica* L.), var. Marsellesa Chachimor, UAAA UL, 2021 53

ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro 1. A. Análisis de varianza para la variable de altura de las plantas a los 134 ddt. UAAA UL. 2021.....	67
Cuadro 3. A. Análisis de varianza para la variable Grosor del tallo a los 134 ddt. UAAAN UL. 2021.	67
Cuadro 5. A. Análisis de varianza para la variable Pares de hojas a los 134 ddt. UAAAN UL. 2021.	67

I.INTRODUCCIÓN

El cafeto es un cultivo de gran importancia económica y social en México, debido a la magnitud de la superficie sembrada, altos volúmenes de producción, fuente de empleo e ingreso para los productores, así como por la generación de divisas para el país.

El mayor productor de cafeto en el mundo es Brasil, con 56.1 millones de sacos de 60 kilos con 35 %, seguido por Vietnam con 17 %. Por su parte, México ocupa el onceavo a nivel mundial con una producción de 900, 215 t de sacos de 60 kilos.

La superficie cultivada de café en México es de 737, 376.45 ha, con una producción de 1.5 millones de t. En el país la producción de cafetaleras se compone en 97.0% de café de la especie *Coffea arabica* L. cuyas principales variedades son Typica, Bourbon, Maragogipe, Caturra, Mundo Novo, Garnica, Catauai y Catimor y el 3.0% restante corresponde a la especie *Coffea canephora*.

El Estado de Chiapas, cuenta con 180, 856 productores cafetaleros y 402 099.78 t, siendo el primer estado con mayor producción en México.

Es un cultivo de clima cálido, con alto nivel de humedad, su altitud debe ser de 1,000 a 1,300 metros sobre el nivel del mar. Necesita a la vez un suelo rico en nutrientes y húmedo que absorba el agua y drene con rapidez el exceso de precipitación pluvial, cultivándose en regiones frías con temperaturas de entre 13° y 26° C.

La modernización de la agricultura demanda una gran variedad de insumos con mayor complejidad en su composición química, así como dispositivos y nuevas técnicas para mejorar la producción, lo cuales junto con la intensificación de la mecanización han impactado de forma desfavorable sobre el ambiente y la calidad de la bebida generada.

Las variables que más influyen en la producción del cafeto son densidad de siembra, edad del plantío, variedad, condiciones agroclimáticas, manejo agronómico y la última es la adecuada fertilización.

Los abonos de origen sintético tienden a influir de manera favorable sobre la fertilidad física del suelo, sobre su estructura, aireación, porosidad, mayor desarrollo a la planta e incremento de la producción. Por ello las recomendaciones de manejo agronómico en este cultivo son fertilizaciones con alto contenido de estos nutrientes, N, P, K, y la demanda de magnesio (Mg) y calcio (Ca) no es tan alta.

1.1 Objetivo.

Evaluar la respuesta de diferentes dosis de fertilizantes en el desarrollo vegetativo de *Coffea arabica* L. var. "Marsellesa chachimor", en almacigo.

1.2 Hipótesis

1. Ha= Los fertilizantes sintéticos presentan respuesta en el rendimiento de desarrollo y la calidad de las plantas de cafeto.
2. Ho= los fertilizantes sintéticos no presentan respuesta en el rendimiento de desarrollo y la calidad de las plantas de cafeto.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del café

Su cultivo es de gran importancia agronómica y comercial, por lo que ha sido blanco de mejoramiento mediante ingeniería genética. Este mejoramiento por medio de técnicas moleculares ha sido combinado con el mejoramiento tradicional (basado en cruzamientos) para facilitar la obtención de variedades mejoradas, debido a que esta planta es semi perenne y tomaría más de 30 años mediante el mejoramiento clásico obtener cultivares tolerantes a estrés biótico y abiótico que le afectan (Etienne y Bertrand, 2002).

Según un estudio realizado por el Banco Mundial Lewin y Varangis (2004) en nueve países en vías de desarrollo, el café representaba más del 20.0% de los ingresos por divisas, mientras que, en otros cuatro aportaba más de la mitad de los ingresos por exportaciones. Igualmente, se estimaba que aproximadamente 100 millones de personas estaban directamente involucradas en la producción y el comercio de este producto, en este año (MIDAS, 2009).

2.1.2 Importancia mundial

El cafeto *Coffea arabica* L. es considerado el motor económico de muchos países localizados en las zonas tropicales del mundo, y representa el segundo producto más comercializado a nivel mundial, sólo después del petróleo (Figueroa-Hernández *et al.*, 2015). Los principales países productores de café en el mundo son Brasil con una producción de 3, 019, 051 t anuales, Vietnam con 1, 460, 800 t, Colombia con 745, 084 t, Indonesia con 639, 305 t, Etiopía con 469, 091 t, Honduras 362, 367 t, India con 348, 000 t, Perú con 277, 760 t, Guatemala con 236, 145 t, Uganda con 203, 535 t y México con una producción de 151, 714 t año⁻¹ (FAO, 2016).

El aumento en el consumo mundial del café es impulsado principalmente por la creciente demanda en los países productores y en los mercados emergentes como Rusia, China y Corea del Sur, entre otros, siendo México el onceavo productor a nivel mundial de café (SAGARPA, 2018).

2.1.3 Importancia nacional

En México, la superficie de cultivo es de 700, 000 ha, siendo Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, los principales Estados productores, que en conjunto aportan cerca de 90% de la producción (SIAP, 2016). En nuestro país *Coffea arabica* L. ocupa poco más de 97% de la superficie cafetalera, en tanto que la especie *C. canephora* Pierre, se ubica en el resto de la superficie (AMECAFE, 2012). Las especies de café con mayor importancia económica son arábicas “*Coffea arabica* L.” y robusta “*Coffea canephora*” (FAS/USDA, 2013).

El café es uno de los principales productos agrícolas que se consumen a nivel mundial; en México, gracias a la geografía nacional, es posible cultivar y producir variedades clasificadas entre las mejores del mundo en 15 Estados de la República Mexicana, en una superficie de 737, 376.45 ha (SIAP, 2016). En México, el cafeto se cultiva en las regiones que poseen el clima adecuado para su crecimiento, y casi toda la producción es llevada a cabo por productores con pequeñas parcelas y escaso capital para invertir en su cultivo y manejo (Calo y Wise, 2005).

Hoy en día, el cultivo y producción de café se ha extendido a 12 Estados de la República Mexicana, agrupados en cuatro grandes regiones que van desde la frontera sur que colinda con Guatemala, hasta el Estado de Nayarit en el Pacífico Norte. Cada una de estas regiones muestra características propias, pero en su mayoría con condiciones adecuadas para la generación de café de calidad. Sin embargo, el cultivo de café en México, se concentra en cuatro entidades federativas (Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla), las que producen cerca del 85.0% del total nacional de café verde, mientras que el porcentaje restante se distribuye en ocho entidades (INFOASERCA, 2002).

En México la producción cafetalera se compone en 97.0% de café de la especie arábica cuyas principales variedades son Typica, Bourbon, Maragogipe, Caturra, Mundo Novo, Garnica, Catauai y Catimor (Benítez, 2014). En cuanto a la especie robusta (*Coffea canephora*), su participación en la producción nacional es poco significativa, ya que le corresponde tan sólo 3.0% de la superficie. Su cultivo se ubica principalmente en ciertas zonas bajas de los Estados de Chiapas, y

Veracruz, y su importancia estriba en el uso que hace de ella la industria productora de café soluble (INFOASERCA, 2002).

2.1.4 Importancia regional

En Chiapas el cultivo del cafeto es fundamental para la economía de la población indígena y campesina (Anta, 2006; Mariscal, 2011). Éste Estado ha sido pionero en cafecultura orgánica (Barrera y Parra, 2000). Chiapas es el principal productor de café en México, y uno de los primeros a nivel mundial en la producción orgánica, con aproximadamente 243 667 ha y un promedio de 175 000 productores (COMACAFE, 2007).

La actividad cafetalera en Chiapas inició en la región del Soconusco y data su presencia entre 1846, en Tapachula (Altamirano *et al.*, 2011), y en Tuxtla Chico en 1847. El inicio de la actividad cafetalera en la región se dio gracias a los hacendarios alemanes e italianos.

2.2 Origen

El cafeto es originario de África tropical. Países como Etiopía, Sudán, Kenia, Guinea o Mozambique, se señalan habitualmente como posibles centros de origen, aunque el más aceptado es Etiopía (Arvy *et al.*, 2007). Se cree que en torno al siglo XV fue introducido en otras regiones como Arabia, Yemen y Egipto donde empezó a adquirir fama y valor. En 1690 comenzó a cultivarse en la isla de Java (Indonesia) y a partir de ese momento su cultivo empezó a expandirse rápidamente por América, llegando posteriormente hasta la India y Sri Lanka (SMALL, 2009; Arvy *et al.*, 2007).

Según Martínez (2010), afirma que su nombre se deriva de la ciudad de Kaffa, en Etiopía. Crece como arbusto bajo el entramado de las selvas tropicales. De las 6,000 especies del género *Coffea*, los dos tipos más importantes en el mundo son: *Coffea arábica* L., que constituye 70 % de la producción cafetalera mundial, y el *Coffea canephora*, especie conocida comúnmente como “robusta”.

2.3 Producción de café en Chiapas.

Actualmente Chiapas es el Estado con mayor producción de café en el país, con el 43% del total nacional (SIAP, 2016). A Chiapas, por su parte, es el principal

productor de este aromático, con una superficie sembrada equivalente a 260, 129.43 ha, con aproximadamente 180 856 productores cafetaleros y 402 099.78 t de producción en el ciclo 2014 (SIAP, 2014). En el Censo Cafetalero del INMECAFÉ en 1992, el 18.1% de los productores y el 32% de la superficie cultivada se encontraba sólo en la región del Soconusco en Chiapas.

Sin embargo, los sectores de agricultura y de manufactura, a los cuales pertenece la caficultura, se encuentran en fase de (CONACyT, 2016), aún con los programas enfocados a apoyar la región y al sector (ASERCA, 2002).

2.4 Clasificación botánica

La planta del café se denomina cafeto. Fue descrito por Carlos Linneo, científico y botánico sueco, como perteneciente al género *Coffea* y a la familia de las Rubiaceae (Café Siboney, s/f). El cafeto es el nombre que identifica a las plantas del género *Coffea* que está constituido por más de 80 especies, todas diploides y alógamas con excepción de *Coffea arabica* L., que es tetraploide y autógama. El origen de todas estas especies es el continente africano y la región de Madagascar. Todas las especies del género *Coffea* pueden ser cruzadas entre ellas, con diferente grado de infertilidad.

2.5 Clasificación Taxonómica

En *Coffea arabica* L., ubica una estructura jerárquica que va desde reino hasta especie, en donde las últimas categorías se construyen las que se denominan el nombre científico (**Cuadro 2.1**).

Cuadro 2.1. Clasificación del cafeto (*Coffea arabica* L.). Adaptado de “Cultivo y beneficiado del café.

<i>Coffea arabica</i> L.	
Reino	Plantae
Tipo	Espermatofitas
Subtipo	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Gamopétalas
Orden	Rubiales
Familia	Rubiáceas
Género	<i>Coffea</i>
Especie	<i>arabica</i>

2.6 Estructura y Morfología

Los cafetos son plantas cuyo tamaño va desde pequeños arbustos hasta árboles de tamaño considerable, cuya madera es dura y densa, con inflorescencia pareadas, flores hermafroditas de corolas blancas o ligeramente rosadas. El fruto es una drupa indehisciente formada por dos semillas y con pulpa azucarada (Cenicafé, 2013).

2.6.1 Raíz

El cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente en suelos sin limitaciones físicas, hasta profundidades de 50 cm, de la cual salen otras raíces gruesas que se extienden horizontalmente y sirven de soporte a las raíces delgadas o absorbentes, llamadas también raicillas (FNC, 2014).

El sistema radical tiene por función anclar a la planta y almacenar reservas, la raíz principal es pivotante y puede alcanzar hasta un metro de profundidad; de la raíz principal emergen dos tipos de raíces: las que crecen en sentido lateral y anclan al arbusto y de éstas las secundarias y terciarias, las últimas conocidas como raicillas o pelos absorbentes. Las raicillas o raíces absorbentes, en su mayoría (94%) se encuentran en los primeros 30 centímetros de la profundidad del suelo y abarcan un radio de 2 a 2.5 m a partir de la base del tronco (Café de Colombia, 2010; Marín, 2012). Generalmente la longitud de las raíces coincide con el largo de las ramas (Monroig-inglés, s/f).

2.6.2 Tallos

Generalmente el árbol de café se compone de un solo tallo o eje central, nudos y entrenudos (Cenicafé, 2013). Poseen dos tipos de brotes, pueden ser tanto ortotrópicos, que crecen verticalmente y comprenden el tallo principal y los chupones; como plagiotrópicos, que crecen horizontalmente y comprenden las ramas primarias, secundarias y terciarias.

El arbusto de café está compuesto de un solo tallo o eje central, leñoso, erecto y de diferente longitud dependiendo de la variedad (Marín, 2012). El tallo presenta dos tipos de crecimiento; uno hace crecer el arbusto verticalmente (ortotrópico) y otro en forma lateral (plagiotrópico). El crecimiento vertical lo origina la yema apical y da origen al eje central, los nudos y entrenudos. Las ramas de crecimiento lateral se originan de yemas formadas en la axila superior de las hojas (Café de Colombia, 2010; Monroig-Inglés, s/f).

2.6.3 Ramas

Es importante señalar que, las ramas primarias no se pueden renovar, por lo que, al perderse una rama primaria, el cafeto pierde una zona muy importante para la producción de frutos. La cosecha del cafeto se produce casi en su totalidad en las ramas nuevas, de manera que, a mayor número de ramas nuevas, mayor será la cosecha futura (FNC, 2014). Las ramas laterales primarias se alargan continuamente y son producidas a medida que el eje central se alarga y madura. El crecimiento del tallo principal y de las ramas laterales le confiere a la planta de café una forma cónica. Las ramas primarias plagiotrópicas dan origen a ramas secundarias y terciarias en donde se insertan hojas, flores y frutos (Monroig-Inglés, s/f).

2.6.4 Hojas

Aparecen sobre las ramas plagiotrópicas, sobre un mismo plano y en posición opuesta. Tienen peciolo corto, la lámina es de textura fina, fuerte y con bordes ondulados, miden de 12 a 24 cm de largo por 5 a 12 de ancho, variando su forma de elíptica a lanceolada (Marín-Ciriaco, 2012). El haz es de color verde brillante y verde claro por el envés. (Monroig-Inglés, s/f).

Son opuestas y alternas en el tallo ortotrópico y en ramas plagiotrópicas son opuestas. El color varía entre variedades, por lo general son de color verde oscuro y brillante en la parte superior y verde claro en el interior. Las hojas nuevas presentan una coloración bronceada o verde claro y después toman su coloración definitiva.

2.6.5 Flores

Se localizan en los nudos de las ramas, hacia la base de las hojas, en grupos de 4 o más. La cantidad de flores presentes en un momento determinado, depende de la cantidad de nudos formados previamente en cada rama (FNC, 2014). La floración del café es estacional, coincide al principio de la estación de lluvias, las yemas florales se insertan en las axilas de las hojas, se presentan cerca de 40 flores por nudo (Marín, 2012).

El proceso de iniciación, diferenciación y apertura floral ocupa periodos de 4 a 5 meses y está relacionado con un periodo de latencia ocasionado por sequía. Conocer el proceso de floración, le permite al cafeticultor calcular el monto, distribución y calidad de la cosecha (Café de Colombia, 2010). Las yemas florales, como regla general, se forman en la madera producida en el año. Las flores del café se insertan en una inflorescencia tipo cima, son pequeñas, de color blanco y olor fragante, el cáliz está formado por 4 o 5 sépalos, la corola consta de 4 a 9 pétalos dependiendo de la especie y variedad, los pétalos se unen en su base formando un tubo (Monroig-Inglés, s/f).

2.6.6 Frutos

Es una drupa globular u ovoide de peciolo corto y se le denomina cereza (Cenicafé, 2013). Cuando maduran los frutos son rojos o amarillos, con dos semillas, en ocasiones solo uno de los óvulos se fecunda y se desarrolla originando una semilla de forma redonda que se le conoce como café caracol (Rodríguez *et al.*, 2009).

2.6.7 Semillas

Son oblongas, plano convexas, representan del 35 al 38 % del fruto del café, están constituidas por el endocarpio o pergamino, una película plateada o perisperma, endospermo cotiledón o embrión (Martín, 2012).

2.7 Variedades

El género *Coffea* pertenece a la Familia Rubiaceae y es el miembro más importante desde el punto de vista económico ya que dos de sus especies son ampliamente comercializadas: *Coffea arabica* L., y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner; conocidas como Arábica y Robusta. De la especie *Coffea arabica* L., son reconocidas como las originales a *C. arabica* var. *Typica* y *C. arabica* var. *Bourbon*. De *C. arabica* y sus variedades modernas, se cultiva cerca o más del 80% de los cafetales del mundo (Martín, 2012).

La especie *C. canephora* representa el 20% de la producción mundial y sus distintos ecotipos son conocidos en el mercado como Café Robusta, la característica de esta especie es que se cultiva en altitudes bajas, tolera altas temperatura y lluvias intensas, pero exige suelos con alto contenido de materia orgánica. Otra diferencia con *C. arabica* L. es que su grano es redondo y de color marrón, mientras que el de *C. arabica* L. es verde o verde pálido y de forma oval (Temis-Pérez *et al.*, 2011; Marín, 2012).

2.8 Variedades en México

2.8.1 Café Bourbon

La variedad de fruto rojo es originaria de la Isla Bourbon, actualmente Isla Reunión, en África y llegó a México procedente de Guatemala. Las cerezas son pequeñas y pesadas, maduran rápidamente y corren el riesgo de desprenderse con vientos o lluvias fuertes (Temis-Pérez *et al.*, 2011).

La variedad de adapta y produce granos de buena calidad entre 1000-1200 metros, la calidad de infusión es similar a *Typica* (Aranda *et al.*, s/f). La variedad de café Bourbon amarillo es originario de Brasil, según (Marín, 2012) es mutación del Bourbon rojo, el color de la guía es verde, frutos amarillos de buen tamaño y calidad

en la infusión, su siembra se recomienda para zonas altas y en distanciamiento amplio. Las plantas son susceptibles a la roya y cescospora.

2.8.2 Café Mundo Novo

Originaria de Brasil (1940) por la cruce entre Typica y Bourbon. Por sus características morfológicas y de altura (3 metros) es poco resistente al viento, pero de alto rendimiento y buena calidad de grano. Sus ramas forman un ángulo de 45° con el tronco principal y las hojas jóvenes de las yemas terminales son de color bronce (Aranda *et al.*, s/f).

Según Marín (2012) se originó del cruzamiento entre Sumatra y Bourbon amarillo, el color de los tallos y brotes es verde y bronceado, frutos amarillos de tamaño medio, la planta es poco tolerante a la roya y en época de secas presenta deficiencia de zinc y magnesio. Variedad con tendencia a producir frutos con una sola semilla. Su siembra está indicada para distanciamientos amplios con adecuado control de la roya.

2.8.3 Café Caturra

Mutación de la variedad Bourbon, probablemente de un gen dominante, originada en Brasil (Minas-Gerais) la planta es de porte bajo, entre nudos cortos, tronco grueso y poco ramificado, ramas laterales abundantes, en general aspecto vigoroso y compacto con altos rendimientos y tolerante a la insolación; hojas grandes, anchas y de color verde oscuro. Adaptable de diversas altitudes. Su importancia reside en que ha sido el progenitor de las variedades Garnica, Catuai, Oro Azteca, Costa Rica 95 y Gran Colombia. Produce una infusión de mediana o baja calidad (Aranda *et al.*, s/f). Hojas de color verde, frutos rojos de tamaño mediano, muy susceptible a roya y adecuada para suelos de buena fertilidad (Barva 2011; Marín, 2012).

2.8.4 Café Venecia

Planta de porte bajo y arquitectura cilíndrica, entrenudos cortos, hojas grandes de color verde, los brotes jóvenes son de color verde, fruto rojo con semillas de gran tamaño, la maduración es tardía con producciones similares a Caturra y con una excelente calidad de bebida (Barva, 2011).

2.8.5 Café Catuaí

Cruzamiento entre Mundo Novo y Caturra (liberada en Brasil en 1968), planta de porte pequeño, poca más ancha y alta que Caturra, tiene la propiedad de producir mucho crecimiento secundario, la vegetación es verde. La variedad de frutos rojos es de amplia distribución, aunque también existe la Catuaí de frutos amarillos que comparte las mismas características y cualidades, la variedad es apta para zonas secas y de buena exposición a la luz, además es tolerante a la roya, pero deficiente a boro. Susceptible a nemátodos y a la antracnosis de la cereza (Barva, 2011; Marín, 2012).

2.8.6 Costa Rica 95 (CR 95)

Cruza entre Híbrido Timor 832/1 y Caturra, la planta es resistente a roya, el color de la vegetación es roja, frutos rojos de tamaño grande y adecuada a diferentes tipos de suelo, pero susceptible a la humedad excesiva y a la enfermedad “Ojo de Gallo” (Marín, 2012).

2.8.7 Gran Colombia

Cruza entre Híbrido Timor y Caturra, la vegetación es color bronce, frutos rojos de tamaño mediano con buena calidad en taza, resistente a roya, la variedad es altamente productiva, igual o superior a Caturra y se adecua a diferentes tipos de suelo (Marín, 2012).

2.8.8 Café Garnica

Varietal originada y desarrollada en México por el INMECAFE durante el año 1960, obtuvo por el cruce entre las variedades Mundo Novo y Caturra, la planta es de porte medio y gran rendimiento (Aranda *et al.*, s/f).

2.8.9 Café Pache

Originaria de Guatemala, mutación de Typica, plantas de porte bajo, entrenudos cortos con gran cantidad de ramas secundarias, el color de la cereza es rojo vino y el fruto es de tamaño grande y resistente a la caída, en general la vegetación aparece como bronceada, la planta es tolerante a roya y recomendada en plantaciones con 1200 metros de altitud y en suelos con buena fertilidad (Aranda *et al.*, s/f).

La variedad Pache Común es una mutación de Typica, planta de porte bajo, abundante follaje y copa plana o “Pache”, como característica negativa, presenta producción bianual. La variedad Pache Colis pudo originarse de hibridación natural entre las Variedades Pache Común y Caturra, presenta frutos grandes de color rojo y su característica principal es su poca altura, de 0.80 a 1.25 metros (Marín, 2012).

2.9 Requerimiento del cultivo

Las condiciones edafoclimáticas establecen una serie de actividades considerando el sistema del suelo, planta y clima que le permitirán obtener producciones de buena calidad y cantidad (Solórzano, 2005). Es importante señalar que cada variedad puede necesitar leves variaciones de las condiciones de cultivo y manejo agronómico que representarán la importancia y selección de propagación de cada una en base a su adaptación ante diferentes factores edafoclimáticos. Entre las condiciones necesarias se describen de manera general a continuación:

2.9.1 Altitud

Incide en forma directa sobre los factores de temperatura y precipitación. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 1 700 m.s.n.m. (CICAFE, 2011).

2.9.2 Precipitación

Se considera apropiada para el cultivo una cantidad de lluvia comprendida entre los 1 800 y los 2 800 mm anuales, con una buena distribución en los diferentes meses del año. Se requieren por lo menos 120 mm al mes (FNC, 2014).

2.9.3 Temperatura

El promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17°C a 23°C (CICAFE, 2011).

2.9.4 Humedad relativa

Debe ser inferior al 85% (CICAFE, 2011).

2.9.5 Viento

Fuertes vientos inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, asimismo favorecen la incidencia de enfermedades, por lo cual, se deben escoger

terrenos protegidos del viento o establecer rompevientos para evitar la acción de este (CICAFE, 2011).

2.9.6 pH

El valor del pH expresa la concentración de los iones libres de hidrogeno en la solución de suelo. Este factor es determinante para el desarrollo del cafetal debido a su influencia en la solubilidad y absorción de los nutrientes en la solución de suelo. Para el café, el pH óptimo del suelo varía de 5.5 a 6.5. Cuando es menor de 5.5, se debe evaluar los contenidos de manganeso (Mn) y de aluminio (Al), entre otros nutrientes. Si el nivel de estos elementos es alto provoca toxicidad en la planta. Además, afecta la población y las actividades de los microorganismos en la mineralización de la materia orgánica (CICAFE, 2011).

2.10 Clima

El clima como las condiciones promedio del tiempo atmosférico en un periodo que es generalmente de 30 años y, a su vez, presentan el cambio climático como la modificación en el comportamiento promedio del clima durante un periodo largo. De acuerdo con Agrawala (2005) hablar de la variabilidad climática es hacer referencia a las variaciones relacionadas con el clima en las escalas temporal y espacial como las sequías e inundaciones, el fenómeno El Niño (ENSO) y la incidencia de frentes fríos, entre otros (CICAFE, 2011).

Dentro de los sectores económicos afectados por el cambio climático y sus variaciones, se encuentra el agrícola. En México, como en la mayoría de los países en desarrollo, la población de escasos recursos que vive directamente de la agricultura, es la más afectada por este fenómeno natural, ya que los cambios que se generan en la temperatura y en las precipitaciones tienden a afectar las condiciones agroclimáticas, las épocas de siembra, etc. (GTZ, 2010).

Para el cultivo del café, Houghton *et al.* (2001) mencionan que existe una mayor variación en las condiciones climáticas cada año, y que la presencia de climas más extremos con un incremento en la frecuencia de aparición o de duración del fenómeno de El Niño, puede provocar mayores fluctuaciones año con año, tanto en la cantidad, como en la calidad de la cosecha. consideran que los problemas

ecológicos más importantes que enfrenta el mundo, son el cambio climático y las especies invasoras. Por lo tanto, se espera que el cambio climático pueda afectar la productividad de diferentes cultivos agrícolas, incluyendo el café.

Por su parte Gay *et al.* (2006) exploran la relación entre la producción de café en función de las variables climáticas y económicas del estado de Veracruz, con un modelo económico; ellos encuentran que, en la mitad del siglo XXI, se espera una reducción de la productividad del café entre 22% y 27% a causa de un posible incremento de la temperatura y de una posible disminución de la precipitación. De igual manera, Gay y coautores, en su estudio sobre la relación entre la producción de café y las variables climáticas y económicas en Veracruz, México, para 2020, afirman que se espera una reducción de la precipitación de 33,48 milímetros (mm) y un pequeño aumento de la temperatura media (0.01%), con una disminución de 24.54% en la producción.

2.11 Suelo

Los suelos de las principales zonas cafetaleras del país, se clasifican en fuertemente ácidos, medianamente ácidos y ligeramente ácidos con un pH promedio de 4.68, 5.56 y 6.8, respectivamente. Los suelos calificados como fuerte y medianamente ácidos predominan en la Cordillera Central, mientras que los ligeramente ácidos se localizan en la Cordillera Septentrional y en las Sierras de Neyba y Bahoruco (IDIAF, 2010).

2.12 Fertilización

La fertilización permite la reposición de nutrientes extraídos por la planta durante el periodo de crecimiento, desarrollo y producción. Una buena fertilización da como resultado plantas sanas, vigorosas, tolerantes a plagas y enfermedades, incrementa los rendimientos y mejora la calidad. Los elementos mayormente extraídos del suelo son nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; otros como el boro, cloro, hierro, manganeso, molibdeno, zinc y cobre son requeridos por la planta, pero a bajas concentraciones. Para determinar las dosis adecuadas que requiere la fertilización, es necesario realizar previamente un análisis de suelo con

el propósito de reducir costos y aplicar las cantidades de nutrientes que el cultivo y el suelo requieren (Marín, 2012).

Es bien sabido que el cultivo de café sin sombra brinda altas producciones, pero también exige el fiel cumplimiento de planes definidos de fertilización y la ejecución de numerosos cuidados culturales. Antes de hacer recomendaciones de fertilización, conviene recordar el papel específico de algunos de los minerales en las plantas del café (Marín, 2012).

2.12.1 Nitrógeno

Forma parte de las proteínas, clorofilas, alcaloides, etc. Es importante también en la relación C/N por su acción en la duración del período vegetativo. Es muy móvil dentro de la planta y se absorbe como nitrato o como amonio. Constituye del 1 al 5% de la materia seca en general (Marín, 2012).

2.12.2 Fósforo

Forma parte de proteínas (nucleoproteína) y de lipoides (lecitina). Desempeña un papel metabólico en la respiración y fotosíntesis (fosforilación). Es absorbido como ion H_2PO_4 principalmente y permanece en forma oxidada. Se acumula en partes en crecimiento y en semillas. Su falta favorece la acumulación de azúcar en órganos vegetativos, lo cual a su vez favorece la síntesis de antocianinas. Constituye del 0.1 al 0.5 % de la materia seca en general (Marín, 2012).

2.12.3 Potasio

Su papel es poco conocido, es esencialmente antagónico al Mg al Ca y al Na. No se conoce el K como parte de estructura molecular alguna. Es muy móvil y parece que su falta reduce la resistencia de la planta a ataques fungosos. Es activador del sistema enzimático. Es el catión maestro de la planta pues activa más de 60 reacciones enzimáticas. Constituye del 0.2 al 1.0 % de la materia seca (Marín, 2012).

2.12.4 Magnesio

Ocupa el centro de la molécula de clorofila. En forma de ion es activador de enzimas que catalizan la respiración. Es muy móvil y antagónico con el K, el Na y el Ca (IDIAF, 2010).

2.12.5 Hierro

Es indispensable para la formación de las clorofilas, aunque no forma parte de ellas. Fisiológicamente activo es solo el ion ferroso. Es poco móvil. Es difícil la corrección de su deficiencia en suelos calcáreos. Es un cofactor en reacciones 15 enzimáticas. Constituye parte de los citocromos (porfirinas). Puede recibir o dar electrones (IDIAF, 2010).

2.12.6 Calcio

Es acumulado principalmente en las hojas. Antagónico con el Na, con el K y con el Mg y forma parte de la lámina media de la pared celular como pectato de Ca. En su ausencia no ocurre la división mitótica, necesaria para el desarrollo de los meristemos apicales. Es cofactor de algunas enzimas (IDIAF, 2010).

2.12.7 Azufre

Es constituyente de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina y por tanto de las proteínas que los contienen, así como de la tiamina, la biotina y la coenzima A (IDIAF, 2010).

2.12.8 Boro

Lo mismo que el Ca interesa en la formación de nuevas paredes celulares (yemas, flores y formación del tubo polínico). Es poco móvil y en exceso puede provocar toxicidad (IDIAF, 2010).

2.12.9 Zinc

Es importante en el crecimiento, su falta afecta la elongación. Su función aún no es muy bien conocida. Parece necesario para la síntesis de auxinas y de triptófano (IDIAF, 2010).

2.12.10 Manganese

Aunque no forma parte de la molécula de clorofila, en su ausencia no se forma ésta. Es antagónico con el Fe y parece activador de ciertas enzimas respiratorias (IDIAF, 2010).

2.12.11 Molibdeno

Funciona más como componente de metaloenzimas que como activador de enzimas. Tiene su papel en la inducción de la nitrato-reductasa.

2.12.12 Cloro

Actúa conjuntamente con algunas enzimas del fotosistema II de la fotosíntesis (IDIAF, 2010).

2.13 Labores culturales

En las labores culturales se encuentran las siguientes:

2.13.1 Control de malezas

Control indiscriminado de malezas puede causar deterioro en el suelo y exponerlo a erosión y pérdida de nutrientes por lixiviación. Una forma conveniente para mantener controlado el crecimiento de las malezas en el cafetal, conservar el suelo y reducir los costos, es alternar entre el deshierbe total, las limpiezas continuas a lo largo del surco y deshierbes únicamente alrededor de cada planta (FHIA, 2004).

Para un buen desarrollo de las plantas de café, es necesario realizar como mínimo tres controles de malezas por año, utilizando para ello el machete o la moto guadaña, se recomienda no usar la pala de minero y herbicidas, se aplican dos trabajos durante la etapa crítica del cultivo, desde la floración hasta el llenado de fruto, posteriormente una limpieza es suficiente. Las malezas, independientemente que compiten con el cultivo, son refugio de plagas y enfermedades (Marín, 2012).

El cafeto es un cultivo perenne que requiere de poco laboreo del suelo y en su estado inicial de desarrollo posee poco dosel, característica que provee de espacio y disponibilidad de luz solar al agroecosistema, creando una condición que es aprovechada por otras especies vegetales para su desarrollo y reproducción

estableciendo una competencia con el cultivo por diversos factores, entre los que destacan los nutrimentos (García *et al.*, 2000).

La mayoría de los caficultores, realizaban el control de malezas en forma manual, en tanto que solo un 7.80% de los productores lo realizaban en forma química. El producto más utilizado es paraquat en concentraciones de 1 L de herbicidas por 200 L de agua y con una sola aplicación por año (García *et al.*, 2020)

2.13.2 Poda

Esta práctica debe estar condicionada a la estructura que tenga la planta o la nueva forma que se le pretenda dar. Estas técnicas consisten en eliminar tejido agotado e improductivo para mejorar el potencial productivo de la planta o cambiar su forma normal de crecimiento, para obtener tejido nuevo que permitan mejorar la producción y tener una mayor rentabilidad de la finca. Se sabe que el cafeto produce una sola vez en una zona determinada 7 de su área vegetativa, que la parte que produce un año se desarrolla el año anterior y son necesario los 18 meses para los crecimientos vegetativos lleguen a ser productivos (Henríquez, 1983).

Tiene por objeto manejar la estructura del árbol, eliminando tallos improductivos y fomentando el desarrollo de nuevos tejidos, además se mejora la ventilación e iluminación y se favorece el control de plagas o enfermedades, entre las ventajas de esta práctica se menciona que: la planta asimila mejor los nutrientes, se mejora la calidad del fruto, se facilita la cosecha y se prolonga la vida productiva de la planta (Marín, 2012).

La poda en café es una práctica que bien realizada contribuye a prolongar la vida del cafetal, manteniendo los niveles de producción y disminuyendo el problema de la alternancia, para efectos de poda es necesario saber que la planta de café solamente produce cerezas en los tejidos nuevos, en los nudos de la parte de la rama que se formó el año anterior (Marín, 2012).

2.13.2 Tipos de podas

El agobio es una técnica para incrementar el área foliar induciendo varios ejes verticales, esta técnica se adapta bien cuando se tienen bajas poblaciones de

plantas por manzana o variedades típicas de porte alto donde se quiere aumentar la producción (Grupo Latino, 2011).

Es una práctica que consiste en inclinar ramas, brotes o la planta misma con el objetivo de provocar el crecimiento de nuevos hijos. El manejo se realiza agobiando ejes de la planta, para una formación de canasta, siempre y cuando las plantaciones sean jóvenes y variedades típicas (Menéndez, 1977). Otra definición de agobio: es inclinar la planta a 45 grados aproximadamente, con el propósito de inducir a que se desarrollen nuevos ejes o brotes verticales del tallo original, estimulando las yemas laterales por el efecto de inclinación. Esta práctica se recomienda aplicar en plantas jóvenes que tienen flexibilidad para evitar quebraduras en el tallo (Henríquez, 1983).

2.13.2.1 Poda copa a nivel inverso

A partir de la misma planta o unidad productiva se puede inducir o crear estructuras foliares altamente eficientes ya sea por podas o siembras simultáneas de una planta por bolsa, que permita incrementar la productividad y rentabilidad de las plantaciones. Por lo general se hace en los viveros que tienen una planta por bolsa (Henríquez, 1993).

Esta práctica se hace cuando la planta tiene cinco o seis pares de hojas verdaderas; antes de que brote la primera rama de cruz. Como se hace esta práctica eliminando el punto terminal de crecimiento exactamente en el quinto par de hojas. Con la eliminación del punto terminal se estimula el brote de dos ejes verticales. Se recomienda sembrar al campo definitivo al emitir brotes nuevos (IHCAFE, 2010).

2.13.2.2 Poda colombiana

Consiste en dejar los cafetos a libre crecimiento durante tres años, luego se realiza un descope para estimular el desarrollo de ramas plagiotrópicas las cuales son renovadas periódicamente por medio de la poda. Bajo este manejo las plantas tienen un solo eje, conteniendo una gran cantidad de ramas, mostrando capas sucesivas de tejidos renovados de ramas laterales (Ramírez, 1996).

2.13.2.3 Poda calavera

Es un caso especial de renovación denominado poda calavera, que consiste en eliminar total o parcialmente las ramas primarias del tallo principal y dejar que se desarrollen y dejar que se desarrollen los brotes ortotrópicos que se generen (Arcila *et al.*, 2007).

Esta práctica tiene la desventaja, la baja producción de las plantas durante los primeros 18 meses después de su ejecución, pero en este caso se recompensa con una alta producción en los dos años siguientes. Consiste en dejar una pequeña porción de las ramas primarias, con la ventaja de que en estos muñecos se produzca ramas secundarias en las cuales se obtenga alguna producción en los dos primeros dos años (Arcila *et al.*, 2007).

2.13.2.4 Poda de recuperación

Consiste en eliminar la parte aérea de la planta mediante un corte que se realiza a una altura de 0.30, a 0.40m del suelo. Por sus características de su altura de su corte, se puede considerar poda drástica. Esta poda se recomienda usar cuando la planta presenta el agotamiento completo en todos sus tejidos productivos (Ramírez, 1996).

Es la forma apropiada para establecer ciclos de renovación ordenados, lo que se conoce como ciclos de podas y su duración está en el porcentaje de plantas que desee recepar, en cada intervalo del ciclo. Si se emplea un ciclo de cuatro años, significa que cada año será recepado el 25% del total, donde la plantación debe estar dividida en bloques o hileras, comenzando el año uno y terminando el año cuatro de renovar la finca (Henríquez, 1983).

2.13.2.5 Recepa intercalada

Consiste en recepar intercaladamente un cafeto si y el otro no, de acuerdo a un ciclo previamente establecido, este sistema es aplicable a cafetales con altas y bajas densidades, permitiendo la distribución uniforme de luz (Menéndez, 1977).

2.13.2.6 Poda Recepa por parcela

Esta práctica no tiene ningún grado de tecnificación y se aplica en cafetales completamente agotados, consiste en dividir lotes o parcelas iguales 3, 4, 5 y hasta

6 lotes (IHCAFE, 2010), llevando a cabo un control de población y record en la producción, recepando la parcela que el año anterior a producido el máximo y el año siguiente está agotada, o de acuerdo a un orden establecido con anticipación (Menéndez, 1977).

2.13.2.7 Poda selectiva es una estrategia a nivel de parcela

Es cuando las plantas presentan ejes improductivos como otros con preparación para la cosecha siguiente, sometiendo a poda los ejes únicamente agotados. Otra modalidad asociada al criterio de poda selectiva diseñada en Costa Rica, es el sistema de podas por parches, mediante el cual se sigue un procedimiento combinado con el Rock and Roll en grupo de plantas que se encuentran en la misma área (Ramírez, 1996). Este sistema es el que más se utiliza en la mayoría de los países cafetaleros. Si el agotamiento es completo, se emplea la poda de recepa; en otros casos se aplica la poda de altura media o poda de las ramas secundarias, principalmente como tratamiento posterior al descope (Palma, 2001).

2.13.2.8 Poda Alta, Rock and Roll, Descope leñosos

Consiste en realizar el corte del eje ortotrópico a una altura de 0.80 a 2m, dependiendo del grado de agotamiento que presenta la planta. Para lograr una respuesta productiva económica a la ejecución de este tipo de poda, se debe tomar en cuenta algunos factores que 10 condicionan al cultivo como; luminosidad en la plantación, exceso de sombrío, altas densidades de siembra, pueden disminuir la capacidad productiva de la planta. Inconveniente de la poda alta, es cuando las plantas presentan un pobre desarrollo del sistema radicular. En esta condición los hijos presentan un desarrollo limitado en grosor y altura, tornándose poco productivas (Ramírez, 1996).

2.13.2.9 Descope o poda Alta

Consiste en la eliminación de la yema terminal de una planta para detener su desarrollo vertical u ortotrópico y estimular el crecimiento lateral o plagiotrópico, para el desarrollo de ramas secundarias, terciarias y cuaternarias. La altura del descope depende del desarrollo de las plantas, de la pendiente del terreno y del alcance

máximo de las manos de los recolectores en la cosecha; debe hacerse lo más alto posible para aprovechar una mayor cantidad de ramas productivas. Inicialmente se deja crecer libremente la planta y al llegar a 1.70 metros, se descopa (Palma, 2001).

2.13.2.10 Época de poda del cafeto

La época más apropiada para podar el café es inmediatamente después de la cosecha, ya que la planta se encuentra en un estado de reposo vegetativo. Una vez realizada la poda del cafetal, lo ideal es manejar los árboles de sombra. El cultivo de café más arboles de sombra, es una combinación ideal para la protección del medio ambiente y especialmente el suelo (IHCAFE, 2010).

2.14 Plaga

Respecto a las plagas, numerosos insectos pertenecientes a las familias Coleoptera, Lepidoptera, Isoptera e Himenoptera, perforan la madera del cafeto, dañando ramas y tallos. Algunos de las especies más significativas son: *Leucoptera meyriki*, *L. coffeellum*, *Ascotis selenaria*, *Ancistrosoma rufipes*, *Platycoelia valida* y *Idiarthron subquadratum*. También destacan los géneros *Dactylispa*, *Atta*, *Acromyrmex*, *Megachile*. Los insectos que comúnmente atacan raíces suelen ser grillos, termitas, hemípteros y larvas de coleópteros, lepidópteros y dípteros. Dentro de este grupo destacan especies como *Diaprepes famelicus*, *Neochavesia caldasiae* y *Pheidole megacephala*, y géneros como *Dismicoccus*, *Quesada*, *Carineta*, *Fidicinoides*, *Solenopsis*, *Acropyga* y *Gonocephalum* (Waller et al., 2007).

Pero sin duda, las plagas más graves son las que afectan a los frutos. La broca del café, causada por *Hypothenemus hampei*, es la más dañina (Waller et al., 2007).

2.14.1 Broca del cafeto

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (ferrari) es un coleóptero o insecto pequeño de menos de 2mm de longitud, que se ha convertido en la principal plaga de Centroamérica y en otras partes del mundo, en México se detectó en 1978 y distribuye en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Guerrero. Esta plaga puede ocasionar pérdidas hasta un 50 por ciento de la cosecha cafetalera. La broca del café una vez que aparece en un cafetal ya es imposible erradicarla, es una

enfermedad endémica (frecuente) y los productores tienen 141 que aprender a convivir con ella (Waller *et al.*, 2007).

2.14.2 Importancia económica

La broca es originaria de África (Le Pelley, 1968). Descubierta como plaga del café en Gabón en 1901, su distribución actual es cosmopolita. La broca pasa casi todo su ciclo de vida dentro de la semilla o grano, lo cual trae consigo pérdidas directas a la producción y calidad del café. Los países productores de café más importantes del orbe la tienen presente en sus cafetales (Waller *et al.*, 2007).

2.14.3 Biología

La broca es un pequeño insecto escolítido monófago, con reproducción tipo espanandria, de unos 2.0 mm de longitud. En 30 días, una broca fundadora puede dar origen a 35 individuos en una proporción de 10 hembras por un macho, y si los insectos continúan reproduciéndose, se pueden encontrar más de 100 descendientes en una sola cereza, todos ellos emparentados, pues el apareamiento se realiza entre hermanos y hermanas. Por lo común, todos los individuos de broca encontrados en un fruto provienen de una sola hembra. Las hembras maduran sexualmente a los 3-4 días después de transformarse en adultos, y antes de abandonar el grano o nido donde se desarrollaron como huevos, larvas y pupas, se aparean (Waller *et al.*, 2007).

Ya fecundadas, las hembras abandonan los granos que habitaban y emprenden el vuelo para buscar nuevos frutos para reproducirse. En la época lluviosa, cuando la reproducción es continua, se ha estimado un tiempo generacional aproximado de 45 días a 25°C, con una capacidad innata de incremento (r) de 0.065 por día (Baker *et al.*, 1992). Los machos son más pequeños y delicados y tienen las alas atrofiadas, razón por la cual no vuelan ni participan en la colonización del hospedero (Waller *et al.*, 2007).

2.14.4 Colonización

Las hembras de *H. hampei* se encuentran fuera de los frutos de café solamente durante un breve lapso de tiempo, periodo que emplea en la búsqueda de su hospedero. La búsqueda y localización del hospedero la realizan volando.

Para introducirse al grano, la hembra se posa sobre un fruto y lo perfora por su parte apical, exactamente por el centro o por la orilla del ostiolo o cicatriz que deja la flor cuando de caer. Los frutos adecuados para la reproducción del insecto deben tener al menos 20% de peso seco del grano, estado de desarrollo conocido como “semi-consistencia” (Barrera, 1994).

Los frutos verdes atacados que no han alcanzado la semi-consistencia pueden caerse, o la semilla podrirse, si el insecto perfora el pergamino. Durante el periodo de maduración del fruto, lo cual ocurre en la época lluviosa y antes de que ocurra la cosecha, se pueden presentar 2 ó 3 generaciones en un mismo fruto o nido, y las hembras de la progenie emergen del fruto conforme van siendo fecundadas. Sin embargo, después de la cosecha y conforme entra el periodo seco del año, los frutos no cosechados ennegrecen y se secan en las plantas (o en el suelo), mientras las brocas dejan de emerger y entran en diapausa reproductiva (Mansingh, 1991).

2.14.5 Métodos de control

Cada vez se torna más evidente que el Manejo Integrado de la Broca (MIB) es la estrategia más promisoría para reducir las pérdidas ocasionadas por esta plaga (Bustillo *et al.*, 1998; Baker, 1999; Jarquín *et al.*, 2002), mientras se cuestiona la posibilidad de su control con un solo método, ya sea químico o no químico. También la evidencia se acumula para apoyar la tesis que la broca puede ser manejada sin incluir al control con insecticidas químicos (Jarquín *et al.*, 1999). Otro elemento fundamental para el éxito del manejo de la broca es la participación de los productores, no solo en la implementación del MIB, sino también en su concepción a través de investigación participativa.

El control biológico con hongos entomopatógenos y parasitoides ha tenido un uso muy amplio en los últimos años para el control de la broca en cafetales de América. Los parasitoides o avispidas de la familia Bethyridae originarios de África, *Cephalonomia stephanoderis* y *Porops nasuta*, se han estado usando desde 1989 (Barrera *et al.*, 1990).

Estos parasitoides son específicos de *H. hampei* y tanto pueden parasitar larvas bien desarrolladas, prepupas y pupas, como depredar sobre todos sus

estados de desarrollo; éstos se encuentran entre los escasos enemigos naturales que pueden atacar a la broca en el interior del grano o nido, lo cual los convierte en el arma más letal que puede usar el productor para destruir a la broca en su “búnker”. Los parasitoides se pueden criar de manera rústica en comunidades rurales atendidas por productores (Barrera *et al.*, 2000).

En Guatemala se ha logrado bajar la infestación de broca y eliminar el uso de insecticidas químicos a nivel de finca mediante la liberación de 5,000 avispidas/hectárea/año (Campos, 2005). El parasitoide de más reciente introducción al continente americano es *P. coffea*; esta avispidita de la familia Eulophidae, parasita a las hembras de *H. hampei* cuando se encuentran perforando la pulpa del fruto. Las brocas parasitadas dejan de perforar el fruto de café y al cabo de una semana mueren sin afectar el grano (Castillo, 2005).

En cuanto a los entomopatógenos, *B. bassiana*, generalmente producido en arroz y aplicado a los frutos y follaje con aspersora de mochila, es el hongo más usado contra esta plaga a nivel mundial, aunque *Metarhizium anisopliae* ha gozado de cierto uso (de la Rosa *et al.*, 2000). Estos hongos requieren entrar en contacto físico con la broca para infectarla, por lo cual, se deben asperjar cuando ésta se encuentra en el túnel de perforación a nivel de la pulpa del fruto. Por su amplia disponibilidad, la facilidad de reproducción en laboratorio y por usar métodos estándar de aspersión del hongo en campo, *B. bassiana* es el agente de control biológico de mayor uso contra esta plaga.

2.14.6 Trampas y atrayente para la broca del café

Atrayentes. En la actualidad, la mezcla de metanol (= alcohol metílico) + etanol (= alcohol etílico) es el atrayente más efectivo para la captura de *H. hampei* bajo condiciones de campo. Desde el Siglo XIX se conocía que muchos miembros de Scolytinae, particularmente los escarabajos ambrosiales, eran atraídos por materiales fermentados y olores emanados de árboles muertos o moribundos. Pero no fue hasta finales de la década de 1960 y principios de la década de 1970 que se determinó que tal atracción era provocada por varios compuestos, entre ellos el etanol como atrayente primario.

Moeck (1970) reportó ataques de *Xyleborus performans* a barriles de cerveza en 1893, mientras que Frost y Dietrich (1929) capturaron varias especies de escolítidos ambrosiales en trampas cebadas con una solución de melaza fermentada. Una de las primeras aproximaciones que demostraron la importancia del etanol en el comportamiento de estos insectos la hizo Buchanan (1941) quien indujo la atracción de *Xylosandrus germanus* a árboles inyectados con este alcohol. Asimismo, el etanol agregado a dietas artificiales estimuló la construcción de túneles (alimentación) por hembras de *Xyleborus ferrugineus* (Norris y Baker, 1969).

Trampas. Una diversidad de diseños de trampas para *H. hampei* ha sido desarrollada desde que Mendoza (1991) evaluó las trampas “ESALQ-84” de (Berti Filho y Flechtmann, 1986) y el modelo de embudos múltiples de (Lindgren, 1983). La ESALQ-84 fue desarrollada a partir de modificar el modelo de trampa de luz Luiz de Queiroz en la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad de Sao Paulo, Brasil (Berti Filho y Flechtmann, 1986).

De acuerdo con el estudio de Mendoza (1991) la trampa de embudos múltiples fue mejor en la captura de broca. A la misma conclusión llegó Cárdenas (2000) en Colombia con una trampa de cinco embudos y el atrayente acoplado en el embudo central. Aparte de estas experiencias, y con excepción de la trampa fiesta en Costa Rica, la trampa de embudos múltiples no ha sido tan usada.

2.15 Principal enfermedad del café

2.15.1 Roya del café

El hongo *Hemileia vastatrix* comparte el endemismo con su hospedero, la planta de café; es decir, los dos organismos son originarios de las colinas de Etiopía y han convivido por siglos. En lo que (McCook y Vandermeer, 2015).

2.15.2 Clasificación taxonómica

Dominio: Eukaryota

Reino: Fungi

Phylum: Basidiomycota

Subphylum: Pucciniomycotina

Clase: Pucciniomycetes

Orden: Pucciniales

Género: *Hemileia*

Especie: *vastatrix*

Estatus fitosanitario: De acuerdo a la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) glosario de términos fitosanitarios, cumple con la definición de plaga cuarentenaria, ya que esta plaga se encuentra presente en el país y puede potencialmente causar pérdidas económicas en cultivos hospedantes por lo que se encuentra bajo control oficial.

2.15.3 Importancia económica a nivel mundial.

La roya es la enfermedad más destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a que provoca la caída prematura de hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética, así como el debilitamiento de árboles enfermos y en infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de árboles. A su vez, el cultivo de café es considerado como el producto agrícola más importante en el comercio internacional, y una mínima reducción en el rendimiento o un ligero aumento en los costos de producción de este cultivo por efecto de *H. vastatrix*, puede tener un gran impacto en los cafecultores y en los países cuyas economías son totalmente dependientes de las exportaciones del café (SIAP, 2019 con datos del 2017).

Uno de los casos más severos del ataque de esta enfermedad, se reportó en Ceilán actualmente (Sri Lanka), entre los años 1871 y 1878, donde el área establecida para este cultivo se redujo de 68,787 hectáreas a 14,170 hectáreas, finalmente para 1890 se abandonaron las plantaciones no rentables. La importancia de *H. vastatrix* en México radica en que existe una superficie sembrada con cultivo de café de 730,011 hectáreas con una producción de 824,082.11 toneladas de café cereza con valor de producción de casi 4,524 millones de pesos (SIAP, 2019 con datos del 2017).

2.15.4 Importancia económica en México.

La presencia de *H. vastatrix* en países fronterizos como Guatemala y Belice (CABI, 2013). Representa una fuente potencial de inóculo, principalmente en las zonas cafetaleras de Chiapas, y Guerrero por su cercanía con estos países. Se ha observado que la variación de las condiciones climáticas y un manejo no adecuado de la roya pueden tener como resultado un comportamiento inusual de la enfermedad, es decir, el aumento en incidencia y severidad como el caso de Colombia (Cristancho *et al.*, 2012).

2.15.5 Distribución nacional de la enfermedad

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 con datos del 2017).

2.15.6 Hospedante

H. vastatrix ataca a diferentes especies del género *Coffea* spp., como *Coffea arabica* L, *Coffea canephora* y *Coffea liberica* (CABI, 2016).

2.15.7 Distribución nacional de hospedantes

Actualmente, el café se cultiva en 15 Estados del país; sin embargo, 4 representan el 80 % de la superficie cultivada, los cuales son: Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla. (SIAP, 2019, con datos del 2017).

2.15.8 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 (Rivillas *et al.*, 2011). 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 (Rayner, 1961). 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.

2.15.9 Control cultural

Se recomienda mantener un buen programa nutrimental y reducir la sombra excesiva con el fin de evitar rangos de temperatura 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 (Rivillas *et al.*, 2011). 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).

2.15.10 Control químico

La base racional para el manejo químico de la roya del café es el aspecto fenológico de la planta, para entender el período de mayor susceptibilidad e impacto en el manejo. Para el caso de Guatemala, el mayor incremento de la enfermedad se observa en los meses correspondientes al desarrollo y maduración del fruto, así como la época de cosecha. Para el siguiente año durante el período de marzo-abril se presentó un descenso de la enfermedad por condiciones de clima adverso al hongo, caída de hojas durante la cosecha, vientos de la estación seca y defoliación por la enfermedad. El momento oportuno para empezar con la aplicación de fungicidas es previo al inicio de la estación de lluvias (Rivillas *et al.*, 2011).

Por lo anterior, en Guatemala se realizan aplicaciones con productos sistémicos para reducir o eliminar las primeras infecciones latentes, en la fase de floración y formación de fruto, luego aplican productos de contacto en formación de

frutos. Durante el crecimiento y llenado del fruto, repiten la misma estrategia; esto baja la incidencia (Rivillas *et al.*, 2011).

Para condiciones de mediana incidencia, aplican un producto de contacto en la formación del fruto en crecimiento y llenado de fruto. La aplicación es de un producto sistémico y otro de contacto. En Colombia, la frecuencia y tipo de fungicidas utilizados para el control de la roya del cafeto están determinadas por la fase fenológica del cultivo, con base en análisis de riesgos regionales y monitoreo constante del patógeno. Las aplicaciones en estados avanzados de la enfermedad no se justifican, ya que deben realizarse bajo un enfoque preventivo, protegiendo los brotes foliares próximos, durante la floración y llenado de frutos. (Rivillas *et al.*, 2011).

En México, se requiere determinar las condiciones específicas para realizar las aplicaciones de fungicidas; sin embargo, es importante considerar la fenología de la planta, por lo que se recomienda al inicio del nuevo ciclo de cultivo realizar aplicaciones de fungicidas con productos de contacto y posteriormente aplicar un fungicida sistémico para reducir la carga de inóculo. A partir del mes de abril de 2013, se mantiene vigilancia fitosanitaria sobre los cafetales con una periodicidad quincenal para detectar los primeros síntomas provocados por la roya del cafeto, a fin de iniciar las acciones de manejo; que, en fase preventiva, se aplica oxiclóruo de cobre o acciones curativas con cyproconazole, azoxistrobin y triadimefon en función de la disponibilidad económica del productor (Rivillas *et al.*, 2011).

III. Materiales y Métodos

3.1 Localización de Chiapas

El Estado de Chiapas se localiza al Sureste de México, colinda al Norte con el estado de Tabasco, al Oeste con Veracruz y Oaxaca, al Sur con el Océano Pacífico y al Este con la República de Guatemala, sus coordenadas al Norte 17°59', al Sur 14°32' de Latitud Norte, al Este 90°22', al Oeste 94°14' de Longitud Oeste. (**Figura 3.1**).



Figura 3.1 Localización de la región del Estado de Chiapas, México. UAAAN UL. 2021.

3.2 Localización del sitio de estudio

En el Estado de Chiapas en la parte Noreste se ubica el ejido Belisario Domínguez, Municipio de Motozintla Mendoza. Se localiza entre las coordenadas Longitud -92.381111, Latitud 15.304167, la localidad se encuentra a una mediana altura de 731 msnm, donde se ubica la Finca Santa Fe. (**Figura 3.2**).

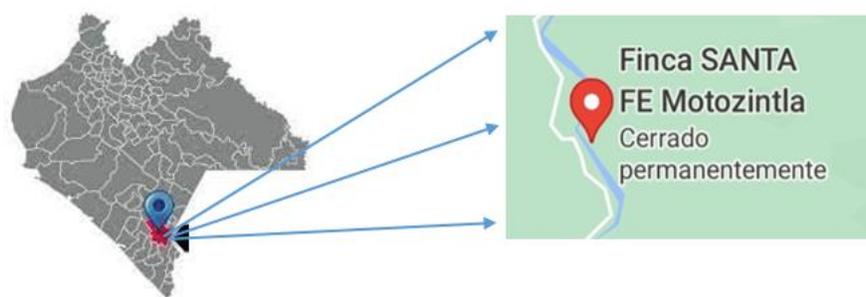


Figura 3.2. Localización de la Finca Santa Fe, municipio de Motozintla de Mendoza, Chiapas, México. UAAA UL. 2021.

3.3 Localización del área experimental

La presente investigación se llevó a cabo en un terreno agrícola campo de la Finca Santa Fe, Motozintla, cercano a la Finca Victoria, al Ejido la Piedra Partida y el ejido Nuevo Maravillas, durante el ciclo agrícola primavera verano del año 2021. (Figura 3.3).



Figura 3.3. Localización del sitio experimental en la Finca Santa Fe, Motozintla Mendoza, Chiapas, México. UAAAN UL. 2021.

3.4 Clima de la región

Más de la mitad del territorio del Estado de Chiapas el 54 %, presenta clima húmedo, el 40 % clima Cálido subhúmedo, el 3 % Templado húmedo y el 3 %

restante tiene clima Templado subhúmedo. La región Norte del Estado presenta lluvias todo el año, en el resto de la entidad, abundantes lluvias en verano. La precipitación total varía, dependiendo la región, de 1200 mm a 4 000 mm (Soconusco). El clima de Chiapas favorece el cultivo de café, por lo que es el primer productor a nivel estatal. FUENTE: Elaborado con base en (INEGI). **(Figura 3.4).**

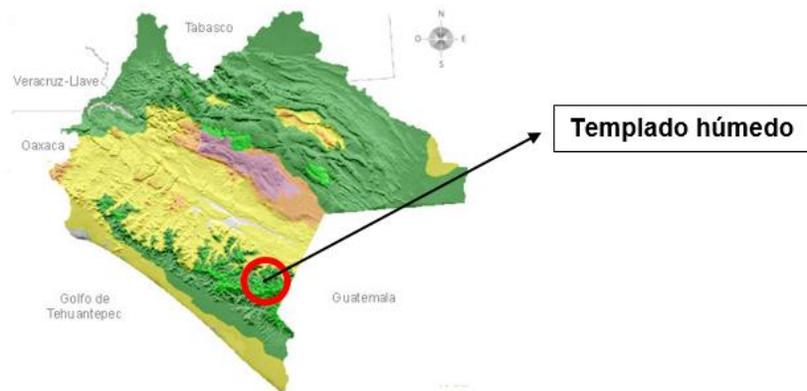


Figura 3.4. Clima de la región del Municipio de Motozintla, Chiapas, México. UAAAN UL. 2021.

3.4.1 Temperatura de la región

La parte Sierra del soconusco Motozintla Mendoza, clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano en las partes altas y Semicálido húmedo, cálido y subhúmedo, todos con abundantes lluvias en verano. Temperatura promedio anual 14-24 °C.

De acuerdo a un análisis de boxplot para temperatura máxima se observa que, en dos estaciones de Motozintla, la temperatura máxima promedio esta alrededor de 29 °C, con un rango intercuartil entre 27 °C y 31 °C, pero con valores extremos máximos de orden de 34 °C o más en la parte superior de la distribución y de 24 °C en los valores más bajos de temperatura máxima registrada. (INEGI, 2018).

3.4.2 Precipitación pluvial

Rango de precipitación 1,000 – 4,500 mm. Climas semicálidos húmedos con abundantes lluvias en verano (40,63%), donde la precipitación total anual varía entre 1,000 y 3,000 mm. Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (20.5%). Cálido húmedo, temperatura media anual en una franja más o menos paralela a la línea de costa, se distribuye el clima cálido con abundantes lluvias en verano, en estos terrenos la precipitación total anual varía entre 2,000 y 3,000 mm principalmente y el mes más seco suma menos de 60 mm (Atlas, 2011).

Templado húmedo con abundantes lluvias en verano (37.54%). Se localiza al norte de Huixtla en el Municipio de Motozintla, la precipitación va de 3,000 a 4,500 mm; cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (1.32%) Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, abarca toda la zona de la ciudad de Motozintla y sus alrededores, su rango de precipitación total anual va de 1 000 a 2 000 mm. Templado subhúmedo localizado en la parte noreste del Municipio, ahí la lluvia total anual se encuentra en el rango de 1 000 a 2 000 mm. En áreas de poca extensión, se presenta el clima templado húmedo con lluvias todo el año, éste se distribuye en las partes más altas (Atlas, 2011).

3.4.3 Heladas

En Belisario Domínguez, no reporta eventos de granizo por más de 30 años (Atlas, 2011).

3.5 Preparación del terreno

Esta actividad se realizó en el mes de marzo del año 2021, iniciando con eliminar de toda la maleza dentro y fuera del área de estudio, siguiendo con la nivelación del terreno, usando un azadón, así mismos se trazaron “hileras donde se colocaron las masetas” (terrazas).

3.6 Mezclas de sustratos.

3.6.1 B1 (tierra de la región)

Se buscó una cierta cantidad de tierra la cual fue cribada excluyendo, piedras, ramas, hojas. Se pesó un kilogramo de tierra en una báscula mecánica, el sustrato se introdujo en bolsa de polietileno color negro, una cantidad de 100 macetas.

3.6.2 B2 (tierra + pulpa de café)

Se obtuvo una mezcla, utilizando 0.5 kilogramos de (tierra de la región) + un kilo de pulpa de café pesadas en una báscula mecánica, el sustrato se introdujo en bolsas de polietileno color negro, una cantidad de 100 macetas.

3.9 Instalación del sistema de riego

La colocación de micro aspersores para el riego se realizó el 10 de marzo del 2021, utilizando una manguera color negra de un cuarto y dos micro aspersores, a una distancia de 1.5 metros entre cada uno, el riego fue de una hora diaria.

3.10 Material genético

El material de genotipo utilizado fue plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.) var. “Marsellesa chachimor”.

3.11 Aplicación de funguicida

Se realizó antes y después del trasplante, con la finalidad de prevenir enfermedades (Damping off), el mal de talluelo una enfermedad ocasionado por un complejo de hongos del suelo donde se encuentra *Phytophthora* spp, *Pythium* spp, *Rhizoctonia* spp, haciendo una aplicación antes del trasplante (Metil-2-benzimidazol carbamato), con una dosis de 1 ml/litro de agua, con un equipo de aspersor capacidad de 20 litros tipo manual, la segunda aplicación fue a los 60 ddt siguiendo con la misma dosis, finalmente a los 120 ddt se efectuó la tercera aplicación de este mismo funguicida.

3.12 Trasplante a macetas

El trasplante se efectuó de forma manual el día 14 de marzo del 2021, colocando una plántula por maceta, en seguida se le aplico un riego de una hora.

3.13 Labores culturales

3.13.1 Control de malezas

Se plasmó un control de malezas, durante el periodo de días en vivero, principalmente se encontró la maleza Zacate estrella (*Cynodorn nlemfuensis*), con la ayuda de un azadón se limpió toda el área del experimento.

3.14. Toma de datos

La toma de datos del cultivo en vivero se llevó a cabo semanal durante todo el desarrollo en vivero, (4 meses).

3.14.1 Revisión de insectos plagas

Se realizó esta actividad de detectar algún insecto plaga en el vivero lo cual se encontró hormigas (*Atta mexicana*), y daños en las plantas por animales.

3.15 Observación de manejo de cultivo

3.15.1 Plagas y enfermedades

Durante el periodo en vivero se presentó hormigas (chicatanas), para el control de la misma se utilizó el producto conocido como patrón ultra (Imidacloprid), es un insecticida, para su aplicación fue de forma manual y se le colocaron pastillas en los nidos detectados. Durante el desarrollo del cultivo no presentó ninguna enfermedad.

3.16 Diseño experimental

Los tratamientos de estudio y repeticiones se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos, veinticinco repeticiones, un total de 200 unidades.

3.17 Croquis de campo

Los tratamientos se establecieron de acuerdo al croquis de distribución de un sistema completamente a azar. (**Figura 3.5**).

T1 (25 repeticiones)	T5 (25 repeticiones)
T6 (25 repeticiones)	T7 (25 repeticiones)
T3 (25 repeticiones)	T8 (25 repeticiones)
T2 (25 repeticiones)	T4 (25 repeticiones)

Figura 3.5 Distribución de los tratamientos de estudio en la Finca Santa Fe, Motozintla Mendoza. UAAAN UL. 2021.

3.18 Factores

Donde el factor “A” corresponde a los diferentes fertilizantes evaluados (Basacote, DAP, Yaramila Star) y el factor “B” los dos sustratos (Tierra de la región y pulpa de café). (**Cuadro 3.1**).

Cuadro 3.1 Descripción de los factores de estudio. UAAAN UL. 2021.

Factores			
A		B	
A1	Basacote	B1	Tierra
A2	DAP	B2	Tierra/pulpa
A3	Yaramila Star		
A4	Testigo		

3.19 Descripción de tratamientos de estudio

Los tratamientos de estudio considerados en el presente trabajo se especifican a continuación, con un total de ocho tratamientos y 25 repeticiones por cada uno de ellos (**Cuadro 3.2**).

Cuadro 3.2 Descripción de los tratamientos de estudio del presente trabajo de investigación. UAAAN UL. 2021.

Tratamientos de estudio
T1 (Basacote + tierra)
T2 (DAP + tierra)
T3 (Yaramila star + tierra)
T4 (Testigo "tierra")
T5 (Basacote + tierra/pulpa)
T6 (DAP + tierra/pulpa)
T7 (Yaramila star + tierra/pulpa)
T8 (Testigo + tierra/pula)

3. 20 Variable evaluada

3.20.1 Etapa vegetativa

3.20.1.1 Pares de hojas

El día 5 de abril del año 2021, se empezó con la primera toma de datos para la variable pares de hojas verdaderas, durante 4 meses a cada siete días, se contabilizo el número de hojas de una manera visual.

3.20.1.2 Diámetro de tallo

A los 5 días del mes de abril del año 2021, se realizó la primera toma de datos durante cuatro meses a cada siete días, esta se efectuó con un vernier mecánico, posicionándolo aproximadamente a un centímetro al ras del sustrato en el tallo de las plantas.

3.20.1.3 Altura de planta

El día 5 de abril del año 2021 se realizó la primera toma de datos durante 4 meses a cada siete días. Esta variable se midió con una regla de 30 cm (tipo metálica), desde el ras de sustrato hasta la punta apical de la planta.

3.21 Fertilizantes utilizado

Basacote plus 6M 16-8-12(+2+TE), fertilizante NPK complejo con liberación lenta de nutrientes, totalmente recubierto. Para plantas ornamentales, viveros, parques y jardines.

Formula completa, equilibrada y balanceada químicamente. Libre de cloro. Fosforo con mayor disponibilidad a menor concentración. Fabricación con ácidos fosfóricos, proporcionado una reacción de pH ácida y con un 90% de solubilidad en agua, granulometría más homogénea, optima dureza del gránulo, mayor rendimiento y calidad en la cosecha. Además, contiene elementos secundarios y micronutrientes (**Cuadro 3.3**).

Cuadro 3.3 Porcentaje de nutrientes del fertilizante Basacote plus. UAAAN UL. 2021.

Contenido	Nutrientes	
16.0 %	N	Nitrógeno total 7,4 % de Nitrógeno nítrico 8,6 % de Nitrógeno amoniacal
8.0 %	P ₂ O ₅	Fósforo
12.0 %	K ₂ O	Potasio
2.0 %	MgO	Magnesio
5.0 %	S	Azufre
0.02 %	B	Boro
0.05 %	Cu	Cobre
0.4 %	Fe	Hierro
0.06 %	Mn	Manganeso
0.015 %	Mo	Molibdeno
0.02 %	Zn	Zinc

El máximo beneficio de los FLC recubiertos de polímeros se logra cuando la duración de la liberación de nutrientes se sincroniza con los períodos de absorción de los mismos. A ello hay que adicionar que la liberación de nutrientes de los FLC empieza entre la primera, segunda o tercera semana después de su aplicación, dependiendo de la temperatura del suelo o sustrato.

Fosfato Diamónico (DAP) es un fertilizante sólido aplicado directamente al suelo con la más alta concentración de nutrientes primarios 18-46-00, se considera un complejo químico por contar con 2 nutrientes en su formulación.

Es una fórmula muy apreciada por los agricultores aportando el 64% en nutrientes, su forma química: Fosfonitrato, Nitrofosfato, Nitrato de Amonio Estabilizado o Sal Nítrica (**Cuadro 3.4**).

Cuadro 3.4. Porcentaje de nutrientes del fertilizante Fosfato Diamónico. UAAAN UL. 2021.

Especificaciones técnicas	DAP
Nitrógeno (N)	18%
Fosforo (P205)	46%
Granulometría	1.18 a 4.00 mm
Peso Molecular	132.06
Solubilidad en agua (20 °C)	58.0g/100ml de agua
Densidad aparente	955
pH en solución	7 a 8
Índice de salinidad	29.2
Humedad relativa	83% a 30 °C

Yaramila Star contiene un balance NPK que promueve el crecimiento en las fases iniciales del cultivo, aportando una gran cantidad de fósforo para complementar su demanda energética.

Genera mayor rendimiento como resultado de una nutrición balanceada, aportando nitrógeno en forma de nitratos, que permite tener una rápida disponibilidad, fosforo de alta disponibilidad en forma de polifosfatos, magnesio y azufre que complementa una nutrición balanceada, contiene zinc, esencial para etapa de enraizamiento, integrando todos los nutrientes en cada gránulo, a su vez posea alta calidad física, con una solubilidad inmediata al suelo (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5 Porcentaje de nutrientes del fertilizante Yaramila Star. UAAAN UL. 2021.

Nutrientes	Yaramila Star
N	21%
N nítrico	7.5%
N amoniacal	13.5%
P ₂ O ₅	17%
MgO	0.4%
Zn	0.18%
K ₂ O	3%
S	4%

3.21.1 Basacote

A los 5 días del mes de abril, los tratamientos T1 y T5, se le hizo dos agujeros aplicándole 4 gramos de fertilizante basacote, y a su vez se tapó, este abono solo se aplicó una sola vez.

3.21.2 DAP

La aplicación se realizó el día 5 de abril al 26 de julio a cada siete días. Se diluyo 100 gramos de 18-46-00 en 5 litros de agua, los tratamientos T2 y T6 se le aplico 100 ml de la mezcla, un total de 17 aplicaciones utilizando 1.700 kilos de DAP durante 4 meses.

3.21.3 Yaramila Star

Esta actividad se efectuó el día 5 de abril al 26 de julio a cada 7 días. Se diluyo 50 gramos de Yaramila Star en 5 litros de agua, los tratamientos T3 y T7 se le aplico 100 ml de mezcla, un total de 17 aplicaciones utilizando 850 gramos de Yaramila durante 4 meses.

- IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se describe los resultados obtenidos del experimento, indicando las características para cada una de las variables.

4.1 Desarrollo vegetativo

4.1.1 Altura final de la planta a los (134 ddt)

El análisis de varianza para la variable altura final de planta, detecto diferencias altamente significativas ($P < .0001$) (Cuadro 2. A). En el cuadro 4.1 se presentan las medias de los tratamientos evaluados y se puede observar que el tratamiento (DAP + Tierra) presento la máxima altura con 20.63 cm e igual estadísticamente a los tratamientos: T1, T6 y T8 con 20.12, 20.04 y 19.79, respectivamente. Mientras que el tratamiento 3 (Yaramila Star + Tierra), mostro el valor medio más bajo con 17.04 cm. Para esta variable se presentó un coeficiente de variación de 16.09%, mismo que es aceptable.

Cuadro 4.1. Valores medios obtenidos y significancia estadística para la variable altura de la planta a los 134 ddt, en los tratamientos de estudio. UAAA UL. 2021.

Tratamientos de estudio	Valor de la media	Significancia
T2 (DAP + Tierra)	20.63	a
T1 (Basacote + Tierra)	20.12	ab
T6 (DAP + Tierra/pulpa)	20.04	ab
T8 (Testigo "Tierra/pulpa")	19.79	ab
T5 (Basacote + Tierra/pulpa)	18.62	bc
T4 (Testigo "Tierra")	17.56	c
T7 (Yaramila Star + Tierra/pulpa)	17.25	c
T3 (Yaramila Star + Tierra)	17.04	c

4.1.1.1 Dinámica de altura con sustrato B1

La dinámica de crecimiento en la altura de las plantas del cafeto (*Coffea arabica* L.) de la var. "Marsellesa chachimor", se encontró que en el sustrato B1 (Tierra de la región), los tratamientos evaluados, se ajustaron a técnicas de regresión polinómica encontrando que la variable dependiente (y) que se refiere al crecimiento vegetativo expresado en (cm) y la variable independiente (x) que refiere a días transcurridos después del trasplante (ddt), se encontró que solamente dos de

los cuatro tratamientos de estudio T1 (Basacote + tierra, T3 Yaramila Star + tierra) presentaron las R^2 con el valor medio más alto iguales a 91 y 94 %, respectivamente, **Figura 4.1**.

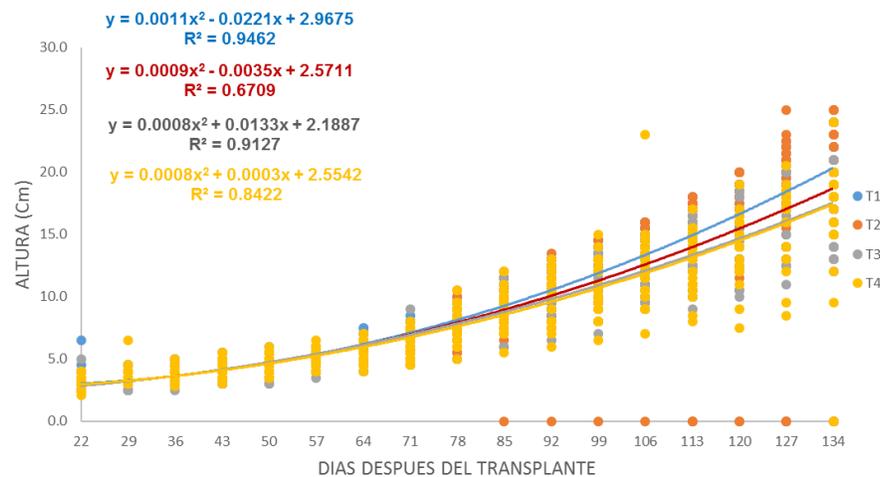


Figura 4.1 Dinámica de crecimiento en altura desde los 22 hasta los 134 (ddt) en sustrato B1 (Tierra de la región), de los tratamientos de estudio en las plantas de café (*Coffea arabica* L.), var. Marsellesa Chachimor. UAAAN UL. 2021.

En la altura de las plantas cuando se utilizó el sustrato B1 (tierra de la región), se encontró que a los 50 ddt, el tratamiento 4 Yaramila Star + Tierra presentó el valor más alto e igual estadísticamente a los tratamientos: T1, T2 y T4 con 4.61, 4.64 y 4.55 cm respectivamente. Mientras que a los 85 ddt dos de los cuatro tratamientos (1 y 3) alcanzaron un valor 9.03 y 9.09 cm respectivamente. Mientras que a los 120 ddt nuevamente los tratamientos 1 y 3 mantuvieron un valor semejante de 16.15 y 16.50 cm respectivamente en la variable de altura (**Cuadro 4.2**).

Cuadro 4.2. Altura de las plantas de los genotipos de cafeto (*Coffea arabica* L.) var. Marsellesa chachimor, con los tratamientos, T1= Basacote + Tierra, T2= DAP + Tierra, T3= Yaramila Star + Tierra, T4= Testigo (Tierra), predicciones expresadas en cm, para los 50, 85, 120 días, después del trasplante, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.

Tratamientos	Sustrato	Fertilización	Ecuación	R ²	Días después del trasplante		
					50	85	120
T1	B1	Basacote	$Y= 0.0011x^2-0.0221x+2.9675$	.94	4.61	9.03	16.15
T2	B1	DAP	$Y=0.0009x^2-0.0035x+2.5711$	.67	4.64	8.77	15.11
T3	B1	Yaramila Star	$Y=0.0008x^2+0.0133x+2.1887$	.91	4.85	9.09	16.50
T4	B1	Testigo	$Y= 0.0008x^2+0.0003x+2.5442$	.84	4.55	8.34	14.10

4.1.1.2 Dinámica de altura con sustrato B2

La dinámica de crecimiento en la altura de las plantas del cafeto (*Coffea arabica* L.) de la var. “Marsellesa chachimor”, se encontró que en el sustrato B2 (Tierra + pulpa de café), los tratamientos evaluados, se ajustaron a técnicas de regresión polinómica encontrando que la variable dependiente (y) que se refiere al crecimiento vegetativo expresado en (cm) y la variable independiente (x) que refiere a días transcurridos después del trasplante (ddt), se halló que solamente dos de los cuatro tratamientos de estudio T1 (Basacote + Tierra/pulpa, T4 (testigo “tierra/pulpa”), mostraron que las R² con el valor medio más alto iguales a 84 y 85 %, en la variable de altura. (Figura 4.2).

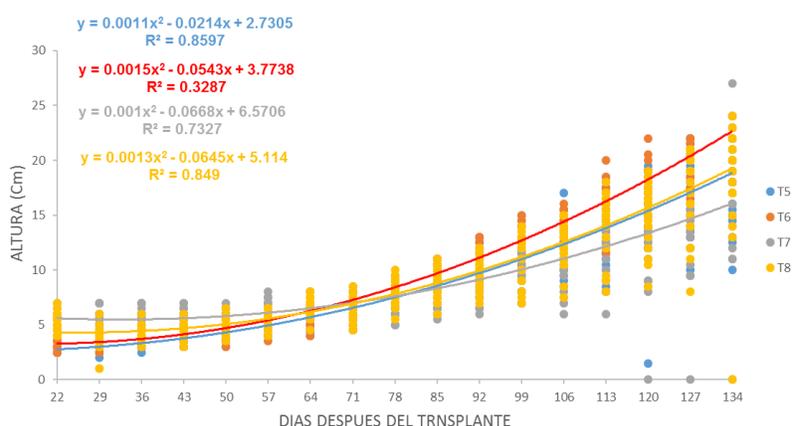


Figura 4.2 Dinámica de crecimiento en altura desde los 22 hasta los 134 (ddt) en sustrato B2 (Tierra/pulpa de café), de los tratamientos de estudio en las plantas de cafeto (*Coffea arabica* L.), var. Marsellesa Chachimor. UAAAN UL, 2021.

En la altura de las plantas cuando se utilizó el sustrato B2 (tierra + pulpa de café), se encontró que a los 50 ddt, el T3 Yaramila Star + tierra/pulpa alcanzo un valor medio de 6.35 cm en el crecimiento. Mientras que a los 85 ddt, los tratamientos 2, 3 y 4 alcanzaron un valor 9.99, 9.17 y 9.05 cm. Sin embargo, el promedio más alto a los 120 ddt, el T2 (DAP + tierra/pulpa), con 18.85 cm de desarrollo vegetativo. **(Cuadro 4.3).**

Cuadro 4.3 Altura de las plantas del genotipo de cafeto (*Coffea arabica* L.) var “Marsellesa chachimor” tratamientos, T5= Basacote + tierra/pulpa, T6= DAP+ tierra/pulpa, T7= Yaramila Star + tierra/pulpa, T8= Testigo (tierra/pulpa) Predicciones expresadas en cm, para los 50, 85, 120 ddt, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.

Tratamientos	Sustrato	Fertilización	Ecuación	R ²	Días después del trasplante		
					50	85	120
T5	B2	Basacote	$Y = 0.0011x^2 - 0.0214x + 2.7305$	.85	5.42	8.85	15.56
T6	B2	DAP	$Y = 0.0015x^2 - 0.0543x + 3.7738$	.32	4.80	9.99	18.85
T7	B2	Yaramila Star	$Y = 0.001x^2 - 0.0668x + 6.5706$	.73	6.35	9.17	14.45
T8	B2	Testigo	$Y = 0.0013x^2 - 0.0645x + 5.114$	.84	5.16	9.05	16.12

Mexal y Landis citado por Saenz *et al.* (2010) señala que la altura no es suficiente para predecir la supervivencia de las plantas, es un indicador de la altura futura que pueden alcanzar. Considerando los estándares de calidad de CONAFOR (2009) apropiados por Sáenz *et al.* (2010), las plantas en bolsas presentan una altura de calidad alta entre (15 a 25 cm) independientemente del fertilizante usado. Octavio y Perez Señalan (2003) que la altura promedio de la aplicación de 18-46-00 oscila entre 23.83 a 36.26 cm en un periodo de 6 a 7 meses. Lo cual se asemeja al resultado obtenido del tratamiento T2 con 20.63 cm en crecimiento de altura. Terán (2018) marca que usando 4 gramos de basacote plus M6 obtiene un valor medio de 20.30 cm en altura, semejándose con el valor medio obtenido del tratamiento 1 Basacote + Tierra con un valor medio de 20.12 cm en la variable de altura.

4.2 Diámetro del tallo

4.2.1 Grosor final del tallo a los 134 (ddt)

El análisis de varianza para la variable de grosor final de planta, detecto diferencias significativas (0.04) (Cuadro 4. A). En el cuadro 4.4 se presentan las medias de los tratamientos evaluados y se puede observar que el tratamiento (Basacote + Tierra) presento el máximo grosor con 4.60 mm e igual estadísticamente a los tratamientos: T2, T3, T6 y T8 con 4.45, 4.34, 4.24 y 4.22, respectivamente. Mientras que el tratamiento 4 (Testigo "Tierra"), mostro el valor medio más bajo con 3.95 mm. Para esta variable se presentó un coeficiente de variación de 17.41%, mismo que es aceptable.

Cuadro 4.4. Valores medios obtenidos y significancia estadística para la variable altura de la planta a los 134 ddt, en los tratamientos de estudio. UAAA UL. 2021.

Tratamiento de estudio	Valor de la media	Significancia
T1 (Basacote + Tierra)	4.60	a
T2 (DAP + Tierra)	4.45	ab
T3 (Yaramila Star + Tirra)	4.34	abc
T6 (DAP + Tierra/pulpa)	4.24	abc
T8 (Testigo "Tierra/pulpa")	4.22	abc
T5 (Basacote + Tierra/pulpa)	4.10	bc
T7 (Yaramila Star + Tierra/pulpa)	4.02	c
T4 (Testigo "Tierra")	3.95	c

4.1.2.1 Dinámica del grosor de tallo con sustrato B1

La dinámica de crecimiento en el grosor de tallo de las plantas del cafeto (*Coffea arabica* L.) de la var. "Marsellesa chachimor", se encontró que en el sustrato B1 (Tierra de la región), los tratamientos evaluados, se ajustaron a técnicas de regresión polinómica descubriendo que la variable dependiente (y) que se refiere al crecimiento de tallo expresado en (mm) y la variable independiente (x) que representa los días transcurridos después del trasplante (ddt), se encontró que solamente uno de los cuatro tratamientos de estudio T1 (Basacote + tierra) presento que la R^2 con el valor medio más alto igual a 84 %, en la variable de grosor de tallo. (Figura 4.3).

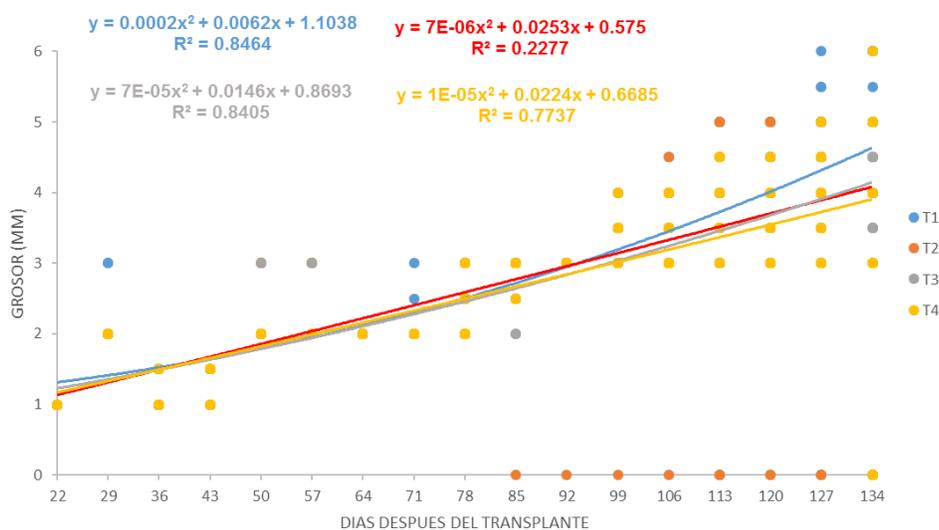


Figura 4. 3 Respuesta del diámetro del tallo desde los 22 hasta los 134 (ddt), en sustrato B1 (Tierra), de los tratamientos de estudio en las plantas de café (*Coffea arabica* L.), var. Marsellesa Chachimor. UAAAN UL, 2021.

En el crecimiento del grosor de tallos en las plantas cuando se utilizó el sustrato B1 (tierra de la región), se encontró que a los 50 ddt dos de los cuatro tratamientos T1 y T2 alcanzaron un valor de 1.91 mm. Mientras que a los 85 ddt el tratamiento T1 obtuvo un valor de 3.07 mm. Sin embargo, el promedio más alto a los 120 ddt, lo presentó el T1 (Basacote + tierra), con 4.72 mm de desarrollo de tallo. **(Cuadro 4.5).**

Cuadro 4.5. Diámetro del tallo de las plantas del genotipo de café (*Coffea arabica* L.), var. “Marsellesa chachimor, en los T1= Basacote + tierra, T2= DAP + tierra, T3= Yaramila Star + tierra, T4= Testigo (Tierra), predicciones expresadas en mm, para los 50, 85, 120 ddt, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL. 2021.

Tratamientos	Sustrato	Fertilización	Ecuación	R ²	Días después del trasplante		
					50	85	120
T1	B1	Basacote	Y= 0.0002x ² +0.0062x+1.1038	.84	1.91	3.07	4.72
T2	B1	DAP	Y= 7E-06x ² +0.0253x+0.575	.22	1.49	2.38	3.27
T3	B1	Yaramila Star	Y= 7E-05x ² +0.0146x+0.8693	.84	1.60	2.11	2.62
T4	B1	Testigo	Y= 1E-05x ² +0.0224x+0.6685	.77	1.91	2.93	4.07

4.2.1.2 Dinámica del grosor del tallo con sustrato B2

La dinámica de crecimiento en el grosor de tallo de las plantas del cafeto (*Coffea arabica* L.) de la var. “Marsellesa chachimor”, se encontró que en el sustrato B2 (Tierra + pulpa de café), los tratamientos evaluados, se ajustaron a técnicas de regresión polinómica revelando que la variable dependiente (y) que se refiere al crecimiento de tallo expresado en (mm) y la variable independiente (x) que representa los días transcurridos después del trasplante (ddt), se encontró que solamente dos de los cuatro tratamientos de estudio T1 (Basacote + tierra/pulpa, T2 DAP + tierra/pulpa) presento que la R^2 con el valor medio más alto igual a 80 y 81 %, en la variable de grosor de tallo.

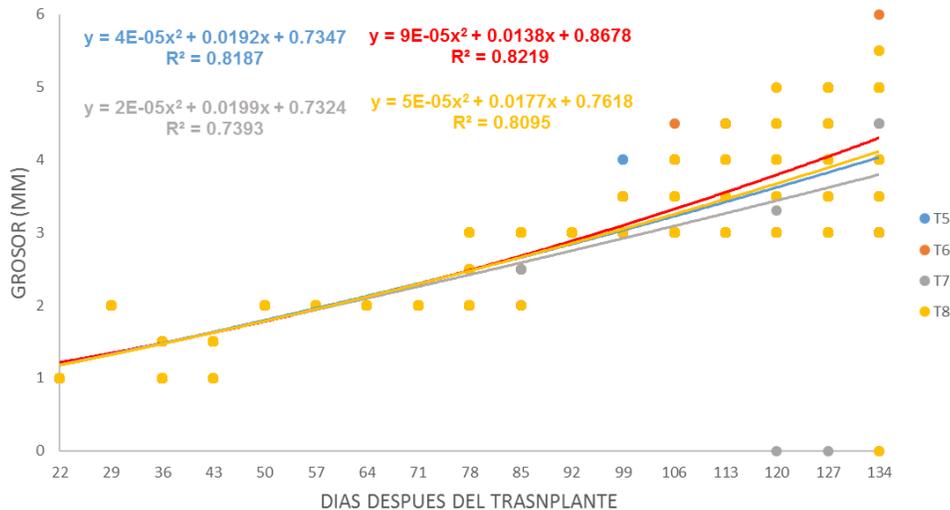


Figura 4.4 Respuesta del diámetro del tallo desde los 22 hasta los 134 (ddt) en el sustrato B1 de los tratamientos de estudio en las plantas de cafeto (*Coffea arabica* L.), var. Marsellesa Chachimor. UAAAN UL, 2021.

En el crecimiento del grosor de tallos en las plantas cuando se utilizó el sustrato B2 (tierra + pulpa de café), se encontró que a los 50 ddt el tratamiento T3 Yaramila Star + Tierra/pulpa obtuvo el valor más alto con 1.82 mm semejante a los T1, T2 y T4 igual a 1.70, 1.50 y 1.77 mm respectivamente. A los 85 ddt el tratamiento con el valor más alto lo efectuó el T3 Yaramila Star + Tierra/pulpa con 2,78 mm estadísticamente iguales a T1, T2 y T4 con 2.40, 2.04 y 2,62 respectivamente. Sin

embargo, el promedio más alto a los 120 ddt, lo presento el T3 Yaramila Star + Tierra/pulpa con 3.84 mm de desarrollo de tallo. (**Cuadro 4.6**).

Cuadro 4. 6 Diámetro del tallo de las plantas de los genotipos de cafeto (*Coffea arabica* L.) var. Marsellesa chachimor, (ddt), en los tratamientos, T5= Basacote + Tierra/pulpa, T6= DAP + Tierra/pulpa, T7= Yaramila Star + Tierra/pulpa, T8= Testigo (Tierra/pulpa), predicciones expresadas en mm, para los 50, 85,120, DDT, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.

Tratamientos	Sustrato	Fertilización	Ecuación	R ²	Días después del trasplante		
					50	85	120
T5	B2	Basacote	$Y = 4E-05x^2 + 0.0192x + 0.7347$	.81	1.70	2.40	3.11
T6	B2	DAP	$Y = 9E-05x^2 + 0.0138x + 0.8678$	.82	1.50	2.04	2.52
T7	B2	Yaramila Star	$Y = 2E-05x^2 + 0.0199x + 0.7324$	.73	1.82	2.78	3.84
T8	B2	Testigo	$Y = 5E-05x^2 + 0.0177x + 0.7618$	.08	1.77	2.62	3.60

Rose *et al.* (2004) mencionan que los productores de *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp., de Brasil, Chile y argentina aplicando Basacote en la etapa de vivero con resultados exitosos. En estados Unidos, Walker y Hunt (1992) reporta un mejor desempeño en campo aplicando fertilizantes de liberación lenta en *Pinus jeffreyi* en la etapa de vivero. En México, Mateo-Sánchez *et al.* (2011) reportaron un mayor crecimiento en altura y diámetro en *Cadrela odorata*. Los fertilizantes evaluados influyeron significativamente con (0.05) estadísticamente son iguales al presente trabajo con un valor (0.04). La media mayor con un valor de (2.2 mm) reportada por los autores. En esta investigación se obtuvo el diámetro de tallo del tratamiento 2 Basacote + Tierra con valor medio más alto de 4.6 mm quedando por arriba de los obtenidos por los autores mencionados en la variable de diámetro de tallo expresadas en mm.

4.3 Pares de hojas verdaderas

4.3.1 Pares de hojas de las plantas a los 134 (ddt)

El análisis de varianza para la variable pares de hojas final de planta, detecto diferencias altamente significativas ($P < .0001$) (Cuadro 6. A). En el cuadro 4.7 se presentan las medias de los tratamientos evaluados y se puede observar que el tratamiento (DAP + Tierra/pulpa) presento la máxima hojas con 6.28 e igual estadísticamente a los tratamientos: T2, T4, T4, T1, T3, T4 Y T8 con 6.13, 6.08, 6, 6, 5.96 Y 5.83 respectivamente. Mientras que el tratamiento 7 (Yaramila Star + Tierra/pulpa), mostro el valor medio más bajo con 5.12. Para esta variable se presentó un coeficiente de variación de 10.66%, mismo que es aceptable.

Cuadro 4.7. Valores medios obtenidos y significancia estadística para la variable altura de la planta a los 134 ddt, en los tratamientos de estudio. UAAA UL. 2021.

Tratamiento de estudio	Valor de la media	Significancia
T6 (DAP + Tierra/pulpa)	6.28	a
T2 (DAP + Tierra)	6.13	ab
T4 (Testigo "Tierra")	6.08	ab
T1 (Basacote + Tierra)	6.00	ab
T3 (Yaramila Star + Tierra)	6.00	ab
T5 (Basacote + Tierra/pulpa)	5.96	ab
T8 (Testigo "Tierra/pulpa")	5.83	ab
T7 (Yaramila Star + Tierra/pulpa)	5.12	c

4.1.3.1 Dinámica de pares de hojas con sustrato B1

La dinámica del desarrollo de hojas verdaderas en las plantas del caféto (*Coffea arabica* L.) de la var. "Marsellesa chachimor", se descubrió que en el sustrato B1 (Tierra de la región), los tratamientos evaluados, se ajustaron a técnicas de regresión polinómica encontrando que la variable dependiente (y) que se refiere al número de pares de hojas y la variable independiente (x) que representa los días transcurridos después del trasplante (ddt), se halló que dos de los cuatro tratamientos de estudio T1 (Basacote + Tierra) y T3 (Yaramila Star + Tierra), presentaron que la R^2 con el valor medio más alto igual a 90 7 93 %, en la variable de pares de hojas. (**Figura 4.5**).

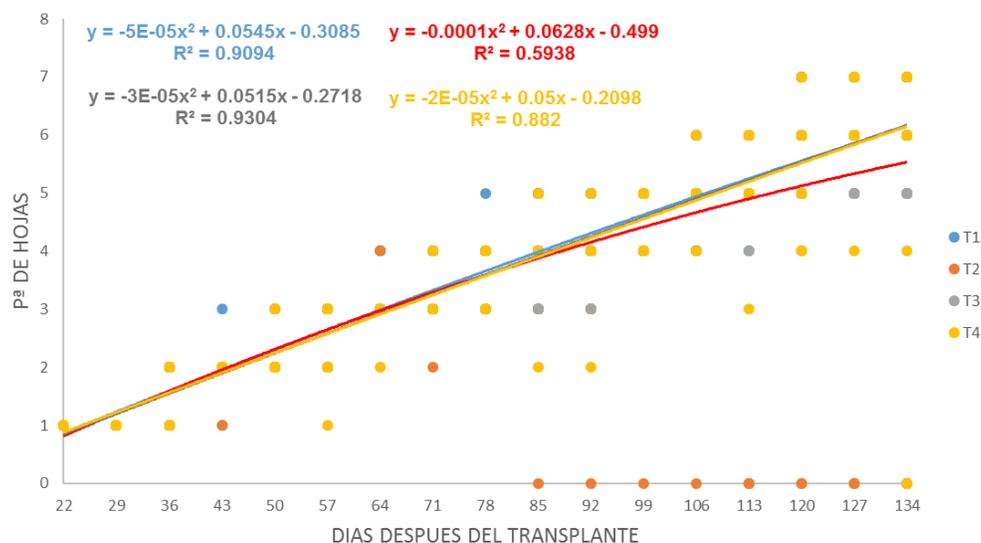


Figura 4.5 Respuesta del número de hojas desde los 22 hasta los 134 (ddt), en los tratamientos, T1= Basacote + Tierra, T2= DAP + Tierra, T3= Yaramila Star + Tierra, T4= Testigo (Tierra), en las plantas de cafeto (*Coffea arabica* L.), var. Marsellesa Chachimor, UAAAN UL, 2021.

El desarrollo de hojas verdaderas en las plantas de cafeto, cuando se manejó el sustrato B1 (tierra de la región), se encontró que a los 50 ddt, el T2 presentó el valor más alto con 2.39 hojas semejantes a los T1, T3, T4 con 2.29, 2.17 y 2.16 respectivamente. Mientras que a los 85 ddt el tratamiento T2 DAP + tierra alcanzó el valor más alto con 4.11. Sin embargo, el promedio más alto a los 120 ddt, lo presentó el T2 DAP+ tierra, con 5.59 semejante a los T1, T3 y T4 con 5.51, 5.15 y 5.07 respectivamente en la variable de pares de hojas verdaderas. (**Cuadro 4.8**).

Cuadro 4.8. Pares de hojas de las plantas del genotipo de cafeto (*Coffea arabica* L.) var. Marsellesa chachimor, (DDT), en los tratamientos, T1= Basacote + Tierra, T2= DAP + Tierra, T3= Yaramila Star + Tierra, T4= Testigo (Tierra), predicciones expresadas en mm, para los 50, 85, 120, DDT, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.

Tratamientos	Sustrato	Fertilización	Ecuación	R ²	Días después del trasplante		
					50	85	120
T1	B1	Basacote	Y= -5E-05x ² +0.0545x-0.3085	.94	2.29	3.96	5.51
T2	B1	DAP	Y= -0.0001x ² +0.0628x-0.499	.59	2.39	4.11	5.59
T3	B1	Yaramila Star	Y= -3E-05x ² +0.0515x-0.2718	.93	2.17	3.74	5.15
T4	B1	Testigo	Y= -2E-05x ² +0.05x-0.2098	.88	2.16	3.67	5.07

4.3.1.2 Dinámica de pares de hojas con sustrato B2

La dinámica del desarrollo de hojas verdaderas en las plantas del cafeto (*Coffea arabica* L.) de la var. "Marsellesa chachimor", se descubrió que en el sustrato B2 (Tierra + pulpa de café), los tratamientos evaluados, se ajustaron a técnicas de regresión polinómica encontrando que la variable dependiente (y) que se refiere al número de pares de hojas y la variable independiente (x) que representa los días transcurridos después del trasplante (ddt), se halló que dos de los cuatro tratamientos de estudio T1 (basacote + tierra/pulpa) y T2 (DAP + tierra/pulpa), presentaron que la R^2 con un valor medio más alto igual a 92 y 94 % en la variable de pares de hojas verdaderas.

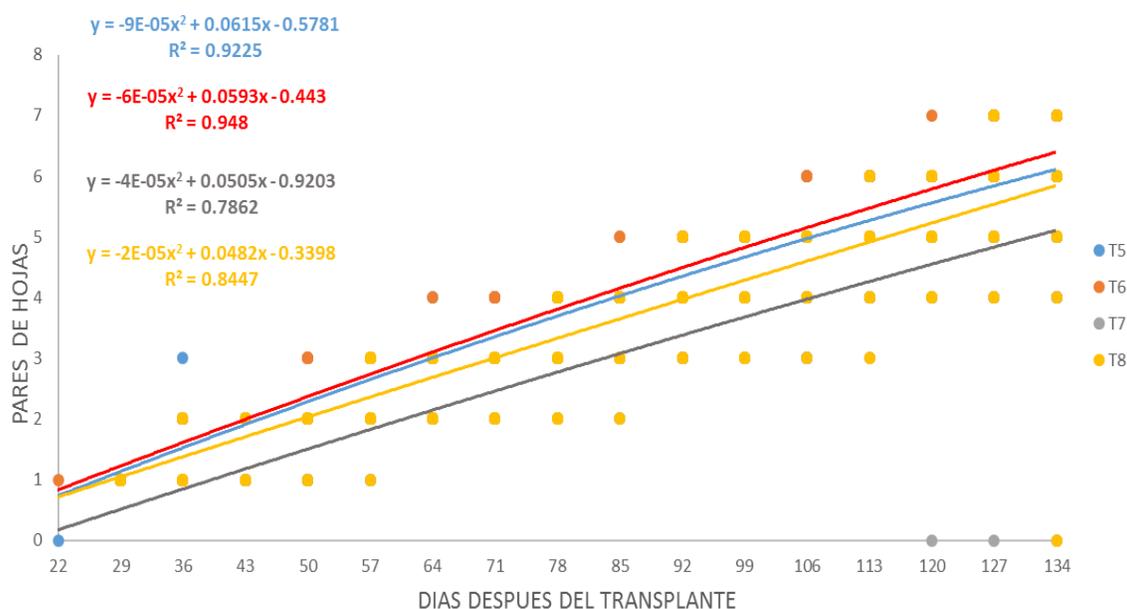


Figura 4.5. Respuesta del número de hojas desde los 22 hasta los 134 (DDT), en los tratamientos, T5= Basacote + Tierra/pulpa, T6= DAP + Tierra/pulpa, T7= Yaramila Star + Tierra/pulpa, T8= Testigo (Tierra/pulpa), en las plantas de cafeto (*Coffea arabica* L.), var. Marsellesa Chachimor, UAAA UL, 2021.

El desarrollo de hojas verdaderas en las plantas de cafeto, cuando se manejó el sustrato B2 (tierra + pulpa de café), se encontró que a los 50 ddt dos de los cuatro tratamientos 1 y 2 con 3.09 presentaron un promedio igual. Igualmente, los mismos

tratamientos presentaron un valor con 4.64. Sin embargo, el promedio más alto a los 120 ddt, lo presentó el T Basacote + tierra/pulpa con 6.80 en la variable de pares de hojas verdaderas (**Cuadro 4.9**).

Cuadro 4.9. Numero de hojas del genotipo de cafeto (*Coffea arabica* L.) var. Marsellesa chachimor, (DDT), en los tratamientos, T1= Basacote + Tierra, T2= DAP + Tierra, T3= Yaramila Star + Tierra, T4= Testigo (Tierra), predicciones expresadas en mm, para los 50, 85,120, DDT, con diferentes dosis de fertilización bajo condiciones de malla sombra, UAAAN UL, 2021.

Tratamientos	Sustrato	Fertilización	Ecuación	R ²	Días después del trasplante		
					50	85	120
T5	B2	Basacote	$Y = -9E-05x^2 + 0.0615x - 0.5781$	.92	3.09	4.64	6.80
T6	B2	DAP	$Y = -6E-05x^2 + 0.0593x - 0.443$	.94	3.09	4.64	6.60
T7	B2	Yaramila Star	$Y = -4E-05x^2 + 0.05005x - 0.9203$	.78	1.59	3.33	5.06
T8	B2	Testigo	$Y = -2E-05x^2 + 0.0482x - 0.0048$	.84	1.94	3.39	4.72

De acuerdo con Lara-Capistrán *et al.* (2020) en un estudio de chile dulce *Capsicum annuum* L., en invernadero, aplicándole fosfato Diamónico (18-46-00) a los 10 ddt generando un promedio medio más alto de 5.5 pares de hojas verdaderas. Según Hikosaka y Thimann (1998) el nitrógeno es un macronutriente clave de los nucleótidos, aminoácidos y proteínas, en las hojas verdaderas más del 60% del nitrógeno total es utilizado. En un estudio realizado por Mei *et al.* (1998) la deficiencia de nitrógeno impacta al desarrollo afectando la maduración de las hojas verdaderas. En el presente trabajo de investigación la media más alta corresponde al tratamiento 6 DAP + Tierra/pulpa con un valor de 6.28 pares de hojas estando por arriba de los datos obtenidos por los autores y teniendo diferencias altamente significativas ($P < .0001$).

4.4 Comparación de sustratos Tierra vs Tierra/pulpa.

En el contraste de tierra vs tierra/pulpa (**Cuadro 4.10**) no se detectó diferencia significativa ($Pr > 0.84$), la suma de los cuadrados medios de tierra y tierra/pulpa fue de 75.35 y 75.70 teniendo un promedio de 18.83 y 18.92 respectivamente, los sustratos utilizados no representan una diferencia en crecimiento de altura.

Cuadro 4.10. Suma de Cuadrados de Tierra vs Tierra/pulpa. UAAAN UL. 2021.

		Variable de altura						
		Medias		DF	SS	CM	F calculada	Pr > F
FV		Tierra	Tierra/pulpa					
Tierra vs tierra/pulpa		18.83	18.92	1	0.3556	0.3556	0.04	0.8446

En el contraste de tierra vs tierra/pulpa (**Cuadro 4. 11**) no se detectó diferencia significativa ($Pr > 0.0741$), la suma de los cuadrados medios de tierra y tierra/pulpa fue de 17.35 y 16.68 teniendo un promedio de 4.33 y 4.17 respectivamente, los sustratos utilizados no representan una diferencia en crecimiento de grosor de tallo.

Cuadro 4.11. Suma de Cuadrados de Tierra vs Tierra/pulpa. UAAAN UL. 2021.

		Variable de grosor						
		Medias		DF	SS	CM	F calculada	Pr > F
FV		Tierra	Tierra/pulpa					
Tierra vs tierra/pulpa		4.33	4.17	1	1.7611	1.7611	3.23	0.0741

En el contraste de tierra vs tierra/pulpa (**Cuadro 4.12**) se encontró diferencia altamente significativa ($Pr > 0.0055$), la suma de los cuadrados medios de tierra y tierra/pulpa fue de 24.21 y 23.19 con un promedio de 6.05 y 5.76 respectivamente, teniendo al sustrato B1 con un par de hojas más que el sustrato B2 en la variable de pares de hojas.

Cuadro 4.12. Suma de Cuadrados de Tierra vs Tierra/pulpa. UAAAN UL. 2021.

		Variable pares de hojas						
		Medias		DF	SS	CM	F calculada	Pr > F
FV		Tierra	Tierra/pulpa					
Tierra vs tierra/pulpa		6.05	5.76	1	3.2568	3.1568	7.89	0.0055

V CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente experimento se llegó a las siguientes conclusiones.

En el desarrollo vegetativo de las plantas de cafeto el cual comprenden altura de la planta, diámetro del tallo y pares de hojas verdaderas. Para la variable de altura final a los 134 ddt el tratamiento 2 DAP + Tierra, alcanzo la mayor altura con (20.63 cm) teniendo diferencia altamente significativa ($P < .0001$), superando con 3.59 cm al tratamiento con el promedio medio más bajo que corresponde al T3 Yaramila Star + Tierra que obtuvo un valor de 17.04 cm. En la dinámica de altura con el sustrato B1 (Tierra de la región), los tratamientos se ajustaron a técnicas de regresión polinómicas, encontrando que el tratamiento de estudio T1 Basacote + Tierra presentó la R^2 con el valor medio más alto igual a 94% y el valor medio más bajo lo obtuvo el T2 DAP + Tierra con 67%. En el sustrato B2 (Tierra + pulpa de café) el T1 Basacote + Tierra mostro la R^2 más alta con un valor de 85%, mientras que el T2 DAP + Tierra presento el valor más bajo con 32% en la variable de altura.

Para el diámetro del tallo final a los 134 ddt el tratamiento 1 Basacote + Tierra, mostro el mayor grosor con (4.6 mm) encontrando diferencia significativa (0.04), estado levemente arriba con 0.65 mm al tratamiento que presento la media más bajo que corresponde al T4 (testigo) con un valor de 3.96 mm. En la dinámica de grosor del tallo en el B1 (Tierra de la región), los tratamientos de estudio se ajuntaron a técnicas de regresión polinómicas, se encontró que dos de los cuatro tratamientos mantuvieron un valor igual en la R^2 T1 (Basacote + tierra) y T3 (Yaramila Star + Tierra), con 84% mientras que el valor más bajo lo obtuvo el T2 DAP + Tierra con 22%. En el sustrato B2 (Tierra + pulpa de café) el 2 DAP + Tierra/pulpa mantuvo el promedio más alto con 82% y el promedio más bajo lo obtuvo el T3 Yaramila Star + Tierra/pulpa con 72% en la R^2

En la variable de pares de hojas verdaderas final a los 134 ddt el tratamiento 6 DAP + Tierra/pulpa presento el mayor número de hojas con (6.28) teniendo diferencia altamente significativa ($P < .0001$), estando por arriba con 1.16 hojas al tratamiento que presento el promedio más bajo que corresponde 7 Yaramila Star +

Tierra/pulpa con un valor de 5.12. En la dinámica de crecimiento de pares de hojas verdaderas en el sustrato B1 (Tierra de la región) los tratamientos de estudio se ajustaron a técnicas de regresión polinómica, el T3 Yaramila Star + Tierra presento el valor medio más alto con 93% y mientras que T2 DAP + Tierra presento el valor más bajo con 59% en la R^2 . En el sustrato B2 (Tierra + pulpa de café) el tratamiento con la R^2 más alta fue T2 DAP + Tierra/pulpa y el valor más bajo lo efectuó el T3 Yaramila Star + Tierra/pulpa con un valor de 78% en la variable de pares de hojas verdaderas.

En el contraste de la variable de altura y grosor de la planta no se encontró diferencia significativa $Pr > 0.84$ y 0.0741 respectivamente al utilizar los sustratos tierra y tierra/pulpa no efectúa una diferencia en el desarrollo de las platas de café.

En la variable de pares de hojas se encontró diferencia altamente significativa $Pr > 0.0055$, al utilizar los sustratos tierra y tierra/pulpa el B1 representa un par de hojas más que el B2.

VI. REFERENCIAS

- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. 2002. Café de México, hacia los mercados de calidad. Claridades Agropecuarias, 1003, 56.
- Agrawala, S. 2005. Bridge over troubled waters. Linking climate change and development. Organization for Economic Cooperation and Development. OECD. Francia.
- Altamirano, M., P. Enríquez., J. Rangel., C. Tejada., y C. Tejada. 2011. La ruta del café y la diversidad de las aves. Biodiversitas, 96, 11-16.
- American, *Phytopatho*–lógica Society. (APS). 2011. The Coffea rust (*Hemileia vastatrix*). Recuperado el 13 de septiembre del 2021. <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/CoffeeRust.aspx>.
- Anta, F., S. 2006. El café de sombra. Un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. Gaceta Ecológica 80: 19-31.
- Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola en México. (SIAP). 2019. Secretaría de Agricultura, y Desarrollo Rural. (SADER). 2017. Recuperado el 13 de septiembre del 2021. <http://www.siap.gob.mx>.
- Aranda, B., j., B. González., B., T. Reyes., S., s/f. Café sostenible. Manual de buenas prácticas para ña producción de café sostenible. Alianza Mexicoredd. México, D. F. 120.
- Arcila, P., F., V. Farfán., A., Moreno., G. Salazar., G. Hincapié. 2007. Renovación y administración de los cafetales para estabilizar la producción de la finca. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 309 p.
- Arvy, M., P., F., Gallouin., M. A., Ubillos., y M. J., Montalbán, 2007. Especies, aromatizantes y condimentos. Mundi-Prensa, 77 p.
- Asociación mexicana de la cadena productiva del café. (AMECAFE). 2012. Recuperado el 13 de septiembre del 2021. www.spcafe.org.mx/wb3/wb/spc/spc-amecafe.
- Asociación mexicana de la cadena productiva del café. (AMECAFE). 2012. 9 (2) 460 p. Disponible en: www.spcafe.org.mx/wb3/wb/spc/spc-amecafe.
- Baker, P. S., 1999. La broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para el café DFID – Cenicafe – CABI Bioscience. Colombia. 154.

- Baker, P.S., J.F. Barrera., y A. Rivas. 1992 Factors affecting the emergence of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from coffee berries. Bull. Ent. Res., 82: 145-150 p.
- Barrera, J. F., P. S., Baker., A. Schwarz., y J. E., Valenzuela. 1990. Introducción de dos especies de parasitoides africanos a México para el control biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Folia Entomológica. México. 79: 245-247 p.
- Barrera, J., F. 1994. Dynamique des populations du scolyte des fruits du caféier, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae), au Chiapas, Mexique. Tesis. Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia, 301 p.
- Barrera, J., F., y M. Parra. 2000. El café en Chiapas y la investigación en ECOSUR. Ecofronteras 12: 3-6 p.
- Barrera, J. F., W. De la Rosa. Infante., A. Castillo., y J. Gómez. 2000. Control biológico de la broca del café. En: M.H. Badii, A.E. Flores y L.J. Galán Wong (eds.), Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León, México, p. 211- 229 p.
- Barva, H., N. 2011. Guía Técnica para el cultivo del café. Instituto de café de Costa Rica. San José, Costa Rica. 1, 72.
- Benítez, G., E. 2014. Transmisión de los precios internacionales del café y su relación con los precios que reciben los productores de la sierra Norte de Puebla. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Posgrado en estrategias para el desarrollo agrícola regional. p. 12.
- Berti F. E. y C. A. Flechtmann. 1986. A model of ethanol trap to collect Scolytidae and Platypodidae (Insecta, Coleoptera). IPEF 34: 53- 56 p.
- Berti, F., C. Flechtmann. 1986. A model of ethanol trap to collect Scolytidae and Platypodidae (Insecta, Coleoptera). IPEF 34: 53- 56 p.
- Buchanan, W. D. 1941. Experiments with an ambrosia beetle, *Xylosandrus germanus* (Blfd.). Entomológica., 34: 367-369.
- Bustillo, P. A., R. M. Cárdenas., D. G. Villalba., P. M. Benavides., J. H. Orozco., y F. F. Posada. 1998. Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 134 p.
- Café de Colombia. 2010. El árbol y su entorno. Recuperado 13 de septiembre del 2021. www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_entorno.

- Café de México. Hacia los mercados de calidad. (INFOASERCA). 2002. Recuperado el 13 de septiembre 2021. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/103/ca103.pdf>
- Café Siboney. s/f. Especies: Arábica vs Robusta. Recuperado el 13 de septiembre del 2021. <http://www.cafesiboney.com/loesencial/arabicavsrobusta/>
- Calo, M., y T. A. Wise. 2005. Revaluing peasant *Coffee* production. Organic and fair trade markets in Mexico. Global Development and Environment Institute. Tufts University. 57 p
- Campos, A., O. 2005. Evaluación de diseños de trampas para el control de la broca. El Cafetal (Guatemala), 5- 7 p.
- Caracterización de suelos en zonas cafetaleras de la Republica Dominicana. (IDIAF). 2010. Santo Domingo, República Dominicana. 125 p. Recuperado 4 de septiembre del 2021.
- Cárdenas, M., R. 2000. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae). En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura, Costa Rica, 369-379 p.
- Castillo, A. 2005. Perspectivas de utilización del parasitoide *Phymastichus coffea* en el manejo integrado de la broca del café. En: J. F. Barrera (ed.), Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México, 31-37 p.
- Comisión para el Mejoramiento del Café de Chiapas. (COMACAFE). 2007. La caficultura chiapaneca. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. El campo en hechos. 2: 28. 29 p.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). 2016. Agenda de innovación de Chiapas. Recuperado el 13 de septiembre del 2021. <http://www.rednacecyt.org/wpcontent/uploads/2016/Agenda-Chiapas.pdf>
- Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. (CIPF). 2017. Determinación de la situación de una plaga en un área. FAO, Roma. NIMF No 8. Guía. Recuperado el 13 de septiembre 2021.
- Técnica para el Cultivo de Café (CINICAFÉ). 2011. 72.
- Cristancho, M. A., Y. E. Rozo., C. C. Rivillas., y A. L. Gaitán. 2012. Outbreak of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) in Colombia. New Disease Reports 25, 19 p.

- Crop Protection Compendium. (CABI). 2016. Recuperado el 13 de septiembre del 2021. <http://www.cabi.org/cpc/>.
- De la Rosa W. W., R. Alatorre., J. F. Barrera., y C. Toriello. 2000. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) upon the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) under field conditions. J. 93: 1409-1414 p.
- El Árbol y el Entorno. (FNC). 2014. Café Colombia. Recuperado 13 de septiembre del 2021. http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_arbol_y_el_entorno/.
- Etienne, D., y Bertrand. B. Somaclonal variation in *Coffea arabica*: effects of genotype and embryogenic cell suspension age on frequency and phenotype of variants. Tree Physiol, 2003, 23, 419-426.
- Figueroa, H., E., F. Pérez., S., y L. Godínez., M. 2015. La producción y el consumo de café ECORFAN. Madrid, España. P. 170.
- Foreign Agricultural Service-United States Department of Agriculture (FAS-USDA). 2013. *Coffea*. World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service. United States Department of Agriculture. Recuperado 13 de septiembre del 2021. <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda>.
- Frost S. W. y H. Dietrich. 1929. Coleoptera taken from bait-traps. Ann. 22: 427-437 p.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 2004. Producción de Café con sombras maderable guías prácticas. Proyecto EU-CUENCAS. La Lima. Cortes, Honduras, C.A. 18 p.
- Organización de malezas en plantaciones de café. Cenicafé, Chinchiná, Colombia. 481. Recuperado el 13 de septiembre 2021. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- García M., A. Cañizales., F. Salcedo., y L. Guillén. 2000. Un porte a la determinación del período crítico de interferencias de malezas en cafetales del estado Monagas. Bioagro. 12, 3. 63-70
- García B. 2014. Transmisión de los precios internacionales del café y su relación con los precios que reciben los productores de la Sierra Norte de Puebla. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Posgrado en estrategias para el desarrollo agrícola regional. 12 p.

- Gay, C. E., F. C. Conde., H. Eakin., y L. Villers. 2006. Potential impacts of climate change on agriculture. A case of study of coffee production in Veracruz. México, DF, México. *Climatic Change*, 79(3-4), 259-288 p.
- Grupo Latino. 2011. Cultivo de café. Impreso en Colombia. Recuperado 4 de septiembre del 2021.
- Henríquez, Ch., N. 1983. Poda y Estructuración de cafetales. Técnicas Modernas Para el Cultivo del Café. Instituto Salvadoreño de Investigación del Café. 44-61 p.
- Hikosaka K. Y. Hanba., Y. Hirose., y L. Terashima. 1998. Photosynthetic nitrogen-use efficiency in leaves of Woody and herbaceous species. 12: 896-905.
- Houghton, J. D., Y. D. Griggs., J. M. Nogue., P. J. van der Linden., D. X. Maskell., y C. A. Johnson 2001. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change". *Climate Change, The Scientific Basis*, 388 p.
- Caracterización de suelo en zonas cafetaleras de la Republica Dominicana. IDIAF. 2010. Santo Domingo, 125. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/103/ca103.pdf>
- Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). 2010. Podas en cafetales y manejo de sombra temporal. Cartillas Educativas para la producción de café. Tegucigalpa, M.D.C. Honduras, CA.
- International *Coffea* Organization. Aspectos botánicos. (ICO). 2018. Recuperado 13 de septiembre del 2021. [http://www.ico.org/es/botanical_c.asp?section=Acerca del caf%E9](http://www.ico.org/es/botanical_c.asp?section=Acerca%del%caf%E9).
- Jarquín, R., J., F. Barrera., L. Guharay., L. Jiménez., L. García., M. Figueroa., y R. Montes. 2002. Manejo Integrado de la Broca del Café bajo dos modelos de transferencia de tecnología. En: J.F. Barrera (ed.), Tres plagas del café en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur, México, 21-31 p.
- Lara-Capistrán L., R. Zulueta-Rodríguez., B. Murillo-Amador, M. Romero-Bastidas., T. Rivas-García., y L. Hernández-Montiel. 2020. Respuesta agronómica del chile dulce *Capsicum annuum* L. A la aplicación de *Bacillus* y lombricomposta en invernadero. Facultad de Ciencias Agrícolas-Xalapa, Universidad Veracruzana. Circuito Universitario Gonzalo Agirre Beltrán, Colonia Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México. 38: 3.
- Le Pelley, R., H. 1968. Las plagas del café. Labor, S.A. Barcelona. 693 p.

- Lewin, G., y Varangis Coffee markets. New paradigms in Global supply and demand. The International Bank for Reconstruction and Development. Agriculture and Rural Development Department, 2004, 90.
- Lindgren, B. S. 1983. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). *Can. Entomol.*, 115: 299- 302 p.
- Los Mercados del Café y de los Cafés Especiales. Situación Actual y Perspectivas (MIDAS). 2016. Economic research service-ers Componente Agronegocios Programa Más Inversión Para el Desarrollo Alternativo Sostenible. 90 p. Recuperado: Recuperado el 13 de septiembre del 2021. http://www.ard.org.co/midas/spanish/departamentos/agricultores-y-cadenas-devalor/pdf/Mercado_Situacion_Actual_y_Perspectivas_CAFES_ESPECIAL_ES.pdf
- Mansingh, A. 1991. Limitations of insecticides in the management of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari. *J. Coffee Res.*, 21: 67-98 p.
- Manual Del Cafetero Colombiano (CENICAFÉ). 2013. Tomo I. Colombia: CENICAFE. Recuperado 4 de septiembre del 2021.
- Manual del cafetero colombiano. Tomo I. Colombia (CENICAFE). 2013.
- Marín, C., G. 2012. Producción de cafés especiales. Manual Técnico. Equipo Técnico Fondoempleo, Programa Selva Central. Lima, Perú. 46 p.
- Mariscal, A. 2011. El café orgánico de Chiapas crece a contracorriente y sin incentivo. Recuperado 13 de septiembre 2021. <http://expansion.mx/nacional/2011/01/25/el-cafe-organico-de-chiapas-crece-a-contracorriente-y-sin-incentivos>.
- Martínez, C., G. 2010. Breve Historia del café. Universidad Nacional Autónoma de México, 1.
- Mateo-Sánchez J., J., R. Bonifacio-Vázquez., S. R., Pérez-Ríos., J. Capulín-Grande., y L. Mohedano-Caballero. 2011. Producción de *Cedrela odorata* L., en aserrín crudo con diferentes dosis de fertilización, en Tecpan de Galeana. *Gerrero*. 7: 195-204.
- McCook S., y Vandermeer J. (2015). The big rust and the Red Queen: Long-Term Perspectives on Coffee Rust Research. *Phytopathology*, 105(9)
- Mei H. S., y K. V. Thimann. 1984. The relation between nitrogen deficiency and leaf senescence, *Physiol*. 62: 157-161.

- Mendoza, M., J. 1991. Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos. Tesis de maestría. Universidad Federal de Voçosa, Minas Gerais, Brasil. 44 p.
- Menéndez, H. 1977. Técnicas de Manejo y Cambio de estructuras en cafetales. Instituto Salvadoreño de Investigación del Café. Boletín Informativo 77. 22p.
- MIDAS (2009) Los mercados del café y de los cafés especiales. Situación actual perspectivas. Economic research service ers. Componente agronegocios programa más inversión para el desarrollo alternativo sostenible. Recuperado 13 de septiembre 2021. <http://www.ard.org.co/midas/spanish/departamentos/agricultores>
- Moeck, H. A. 1970. Ethanol as the primary attractant for the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). Entomología. 102: 985- 995 p.
- Monroig-Inglés M., F. s/f. Morfología del cafeto. Ecos del café. Recuperado el 13 de septiembre del 2021. academic.uprm.edu/mmonroig/id53.htm.
- Norris, D. M., y J. M. Baker. 1969. Nutrition of *Xyleborus ferrugineus*. I. Ethanol in diets as a tunneling (feeding) stimulant. Ann. Entomology Soc. Am., 62: 592-594 p.
- Octavio V., S., V. Pérez., P. 2003. Evaluación de diferentes niveles de fertilizantes NPK en la producción de minitubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. en semillero, para producción comercial, proveniente de semilla sexual, variedad Atzimba. Facultad de Agronomía (FAGRO). Managua, Nicaragua. 28 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). 2026. Recuperado 13 de septiembre del 2021. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 2016. Recuperado el 13 de septiembre del 2021. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Organización Internacional del Café (OIC). 2014. Producción total de los países exportadores de los años de cosecha de 2014/15. Recuperado el 30 de agosto del 2021. <http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1a-total-production.pdf>
- Palma, M. R. 2001. Manual de Caficultura tercera edición. Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa. M.D.C. Honduras. 91-101 p.

- Ramírez, J., E. 1996. Estudios de Sistemas de podas de café por hileras y por lotes. *Agronomía Costarricense* 20 (2). 167-172 p.
- Rayner R. W. 1961. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* B. and Br.). *Annals of Applied Biology* 49, 497-505 p.
- Rivillas, O., C., G. C., Serna., A. M., Cristancho, y B. A. Gaitán. 2011. La roya del Cafeto en Colombia (Impacto manejos y costos del control, resultados de investigación). Centro Nacional de Investigación del Café (Cenicafe) Chinina, Cladas, Colombia. 53 p.
- Rose R., D. Haase., y E. Arellano. 2004. Fertilizantes de entrega controlada. Potencial para mejorar la productividad de la reforestación. 25: 89-100
- Rodríguez C., D. Munro., y H. Victor. 2009. Caracterización morfológica y molecular de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catrenic proveniente de las fincas CENECOOP-Fedecaruna y El Rosal de Nicaragua, Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua, 2018- 2020 Paquetes Tecnológico para el cultivo del cafeto Orgánica en el estado de Colima.
- Saénz J., Villaseñor., F. Muñoz., A. Rueda., J. Prieto. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan. Michoacán. MX. 48 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). 2018. México, onceavo productor de café. Recuperado 13 de septiembre del 2021. <https://www.gob.mx/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). 2016. Anuario Estadístico de la Producción. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/
- Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2016. Recuperado 13 de septiembre del 2021. <http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola-siapgb/icultivo/index.jsp>.
- Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. (SIAP). 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. Recuperado el 13 de septiembre 2021. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-producción-agrícola-por-estado>.
- Small, E. 2009. Top 100 Plantas alimenticias. NRC Research Press, 187-197 p.
- Sociedad para la Cooperación Técnica. (GTZ). 2010. Dependiente del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo y Café Direct. Cambio Climático y Café: Capacitación para productores y organizaciones

- cafetaleras" Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Eschborn, Alemania.
- Solórzano, R. 2005. Condiciones Edafo-Climáticas, Morfología y Propagación de Las Plantas. Módulo de Aprendizaje. 1: 39 p.
- Temis, P. A., L. M. López., A. Vigil. y L. M. Sosa 2011. Producción de café (*Coffea arabica* L.): Cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. Rev. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 5(2): 54-74 p
- Terán S., A., C. 2010. Efecto de dos fertilizantes de liberación controlada sobre el crecimiento de *Pinus tecunumanii* en la etapa de cicero – Oxapampa. Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias Forestales. Lima Perú. 60-63 p.
- Walker R. y C. D. Hunt. 1992. Controlled release fertilizer effects on growth and foliar nutrient concentration of container grown Jeffrey pine and singleleaf pinyon. Western Journal of Applied forestry- 7:113-117.
- Waller, J. M., M. Bigger., y R., J., Hillocks. 2007. Coffee pests, diseases and their management. CABI. 437 pp.

VII APÉNDICE

Cuadro 1. A. Análisis de varianza para la variable de altura de las plantas a los 134 ddt. UAAA UL. 2021.

FV	GL	SC	CM	F Tabular		F calculada	Pr > f
				0.01	0.05		
Tratamientos	7	351.6	50.22	2.74	2.06	5.4	<.0001**
Error Experimental	186	1715.9	9.22	2.73	2.06		
Total	193	2067.51					

C.V= 16.09

Cuadro 3. A. Análisis de varianza para la variable Grosor del tallo a los 134 ddt. UAAAN UL. 2021.

FV	GL	SC	CM	F Tabular		F calculada	Pr > f
				0.01	0.05		
Tratamientos	7	8.051	1.15	2.74	2.06	2.11	0.0448*
Error experimental	186	101.56	0.54	2.73	2.06		
Total	193	109.61					

C.V= 17.41

Cuadro 5. A. Análisis de varianza para la variable Pares de hojas a los 134 ddt. UAAAN UL. 2021.

FV	GL	SC	CM	F Tabular		F calculada	Pr > f
				0.01	0.05		
Tratamientos	7	20.6	2.94	2.74	2.06	7.36	<.0001
Error Experimental	186	74.38	0.39	2.73	2.06		
Total	193	94.98					

C.V= 10.66