

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS.**



EVALUACIÓN DE DIFERENTES TÉCNICAS DE INJERTO EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y SU INCIDENCIA EN EL PRENDIMIENTO EN FASE DE VIVERO.

Por:

RAMOS, YENI MARCELA

RIVAS GARCÍA, ANA TERESA

VILLALTA CARTAGENA, LETICIA BEATRIZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2015

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS.
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA.**



EVALUACIÓN DE DIFERENTES TÉCNICAS DE INJERTO EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y SU INCIDENCIA EN EL PRENDIMIENTO EN FASE DE VIVERO.

Por:

**RAMOS, YENI MARCELA
RIVAS GARCÍA, ANA TERESA
VILLALTA CARTAGENA, LETICIA BEATRIZ**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERA AGRONOMO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2015

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL:

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS.

DECANO:

ING. AGR. M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO:

ING. AGR. M.Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

F _____
ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

DOCENTE DIRECTOR:

F _____
ING. AGR. M.Sc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

F _____
ING. AGR. MARIO ANTONIO BERMÚDEZ MÁRQUEZ

RESUMEN

La investigación se llevo a cabo en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Consistió en evaluar dos técnicas de injertos y sus modificaciones en cacao (*Theobroma cacao L*); se injertaron un total de 280 plantas con el fin de evaluar cuál es el mas eficiente en prendimiento adaptado a la especie, para que sean utilizados por los viveristas y garantizar la producción de plantas injertadas y satisfacer la demanda de los productores de cacao de aroma fino.

La investigación se realizo en siete meses en su fase de campo siendo los primeros tres meses para el desarrollo del patrón, y los siguientes para la selección y preparación de la varetas, las varetas fueron preparadas ocho días antes de realizar la injertación.

El diseño estadístico que se utilizo para el análisis de la información registrada fue diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos: T1), Enchapado lateral envuelto a la mitad, con bolsa(T2), Enchapado lateral con envoltura como momia(T3),Púa Terminal envuelto a la mitad más bolsa (T4),Púa Terminal envuelto como momia (T5),Púa terminal envuelto a la mitad más Parafilm® (T6) y Enchapado Lateral envuelto a la mitad más Parafilm®(T7); Para evaluar el desarrollo se tomo en cuenta variable de crecimiento y fisiológica. Los resultados mostraron diferencias significativas en los tratamientos de púa terminal envuelto a la mitad más bolsa de polietileno (T2) y púa terminal envuelto a la mitad masparafilm® (T4). En cuanto a las variables fisiológicas presentaron diferencias significativas en la variable de prendimiento siendo enchapado lateral envuelto a la mitad más bolsa y púa terminal envuelto a la mitad más parafilm los que presentaron mayor porcentaje de éxito en el prendimiento®.

Esto permitió establecer la relación entre las variables en estudio y con ello determinar el uso de la mejor técnica o modificación para un mayor número de plantas en vivero. Además determinar la relación beneficio - costo de las plantas producidas.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios padre todopoderoso por habernos permitido terminar nuestros estudios, regalándonos cada día fortaleza, paciencia y sabiduría en todo momento.

A nuestras madres y familiares, que con su amor y apoyo siempre nos impulsaron a alcanzar nuestras metas.

A nuestros amigos y amigas, que nos brindaron su apoyo.

A nuestro Asesor, Ing. M.Sc. Fidel Ángel ParadaBerríos, por habernos brindado su apoyo en la realización de este trabajo.

A nuestra Universidad, por permitirnos formarnos como profesionales de las Ciencias Agrícolas.

Finalmente, a todas las personas que de alguna forma nos brindaron su apoyo a lo largo de nuestra formación académica.

Yeni Marcela Ramos

Ana Teresa Rivas García

Leticia Beatriz Villalta Cartagena

DEDICATORIA.

A Dios: por su inagotable amor, fortaleza y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi vida.

A mi tía Reyna Ramos: a quien quiero como a una madre por su amor, apoyo, paciencia y comprensión en todo momento de mi vida; por impulsarme cada día para convertirme en una profesional

A mi Madre Dora Leticia y mis hermanas Brenda Maribel y Leticia Beatriz: quienes siempre me han brindado su apoyo, cariño y confianza en todo momento.

A mi querida Abuela Rosa Ramos y mi Tío Raúl Ramos: quienes me educaron y me aconsejaron y que sin ellos no sería posible haber llegado a este momento tan importante de mi vida, siempre les amare y recordare eternamente.

A mis tías: quienes a pesar de la distancia siempre me han apoyado y motivado a seguir en el camino de Dios.

A mi novio: Francisco René Gutiérrez Portillo que con amor incondicional y paciencia durante estos años me ha apoyado, y me ha enseñado a darme cuenta que los sueños por imposibles que parezcan si se tiene la mentalidad positiva se pueden cumplir.

A mis compañeras de Tesis: Leticia Villalta y Ana Teresa Rivas por brindarme su amistad, y comprensión que sin duda alguna tienen un lugar muy importante en mi corazón.

A nuestro docente director: Ing. Fidel Parada, por su confianza y paciencia, gracias ya que sin su ayuda esta investigación no hubiera sido posible.

A todos mis Maestros: que a través de sus enseñanzas me han transmitido sus conocimientos necesarios para desenvolverme como un buen profesional.

A todos mis Compañeros y Amigos: quienes han marcado mi vida y han hecho de mis años en la universidad los mejores. Especialmente a Glenda Ramos, Krissia Romero, Julio Pavón, Jenny Ángel, Kathya Barrera, Cindy Yacoleth López, Laura Alejandra Guevara, David Alirio, Armando Enrique Carballo.

Yeni Marcela Ramos

DEDICATORIA.

A Dios: fuente constante de motivación por brindarme sabiduría, fortaleza y protegerme mis pasos para terminar con éxito mis estudios.

A mis padres: María Guadalupe García de Rivas, Manuel Enrique Rivas Molina son las personas más importantes de mi vida por ser mi apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos: Maira, Manuel, Claudia, William sin su apoyo, esfuerzo y cariño incondicional no hubiera logrado esta etapa de mi vida.

A mis compañeras de tesis: Leticia Villalta, Yeni Ramos por su apoyo, comprensión y su amistad sincera, a lo largo de nuestra carrera siempre tendrán un lugar importante en mi vida.

A mis amigos y amigas: Alejandra, Cindy, Armando, David, Oscar, don Francisco, don Chemita y a mis demás compañeros: con quienes compartimos alegrías, enojos y triunfos a lo largo de nuestra formación profesional, los recordare siempre.

A los docentes de la facultad: por compartir sus conocimientos y experiencias, para formar los mejores profesionales de este país.

Al nuestro docente director: Fidel Ángel Parada Berrios, por su característico método de enseñanza y esfuerzo para mejorar la fruticultura salvadoreña.

Ana Teresa Rivas García

DEDICATORIA.

A Dios: por darme fuerza y valor para poder terminar mis estudios y permitirme seguir adelante.

A mis queridos padres: Ana Iris Cartagena Tobillas y Marcos Villalta, que sin su apoyo incondicional y su gran amor no hubiera sido posible la búsqueda de un mejor futuro.

A mi hija: Xiomara Beatriz Gómez Villalta, que es la luz de mis ojos mi inspiración para seguir adelante para darle un futuro mejor.

A mi compañero de vida: Cande Antonio Gómez Iraheta, que sin su apoyo y amor no sería posible culminado mis estudios.

A mi tío: Fidel de Jesús CartagenaTobillas, a quien agradezco su apoyo incondicional que sin él hubiera podido seguir mis estudios.

A mis queridas compañeras: Ana Teresa Rivas García y Yeni Marcela Ramos, sin ellas no hubiera seguido adelante, son un ejemplo de personas que me brindo su sincera amistad y compartieron este viaje conmigo, se que siempre tendrá un lugar importante en mi vida; porque me han permitido vivir en su corazón sin pagar agua ni luz.

A mis amigos y amigas: Cindy Yacoleth López Ramírez, Laura Alejandra Guevara Campos, David Alirio Barrera, Armando Enrique Carballo y Oscar Antonio Martínez

A mis compañeros/as: con los que compartí desvelos, trabajos y estudios que nos ayudaron a formarnos como profesionales.

A mis maestros/as: que con paciencia y dedicación compartieron sus conocimientos y enseñanzas.

A nuestro docente director: Ing.Fidel Parada, que con sus amplios conocimiento dio forma a este trabajo, aunque si lo hostigué hasta el final, a él muchas gracias por ser maestro y amigo.

Leticia Beatriz Villalta Cartagena

INDICE.

Resumen.	iv
Agradecimientos.	v
Dedicatorias.	vi
I.INTRODUCCIÓN.	1
II.REVISION DE LITERATURA	
2.1 Generalidades del cultivo de cacao.	2
2.1.1 Origen.	2
2.1.2 Origen del cacao en El Salvador.	2
2.1.3 Características del árbol.	2
2.1.4 Ecotipos de cacao.	2
2.2 Importancia económica del cacao.	3
2.2.1 Distribución geográfica.	3
2.2.2 Producción mundial.	3
2.3 Uso y contenido nutricional.	4
2.4 Aspectos agronómicos.	4
2.4.1 Establecimiento de vivero.	4
2.4.2 Obtención y selección de semilla.	5
2.4.3 Nutrición.	6
2.5 Propagación.	6
2.5.1 Reproducción sexual.	6
2.5.1.1 Biología floral de cacao.	7
2.5.1.2 Polinización de cacao.	8
2.5.2 Reproducción asexual.	8
2.6 Tipos de injerto utilizados en cacao.	10
2.6.1 Enchapado lateral.	10
2.6.2 Púa terminal.	10
2.6.3 Yema en parche.	10
2.6.4 Injertación temprana.. . . .	11
2.6.5 Micro Injertación.	11
2.7 Micro propagación de cacao (<i>Theobroma cacao L</i>).	11
2.7.1 Embriogénesis somática.	11
2.7.2 Propagación de plantas a través de micro injertacion de embriogénesis somática.	12
2.8 Ventajas de injertar.	12
2.9 Recomendaciones para un buen prendimiento de varetas.	12
2.10 Morfología y fisiología del injerto.	13
2.10.1 Anatomía de la zona de unión del injerto.	13

2.11 Afinidad.	13
2.12 Incompatibilidad.	14
2.13 Factores que influyen en la unión del injerto	14
2.13.1 Humedad.	14
2.13.2 Oxígeno.	14
2.13.3 Actividad de crecimiento del patrón.	15
2.13.4 Técnicas del injerto.	15
2.13.5 Contaminación con patógenos.	15
2.14 Utilización de parafilm.	15
2.15 Viverismo en cacao.	16
2.16 Modelos de alta productividad.. . . .	16
III. MATERIALES Y METODOS.	18
3.1 Localización.	18
3.2 Metodología de campo.	18
3.3 Material vegetativo.	18
3.3.1 Preparación de sustrato de siembra y llenado de bolsas	18
3.3.2 Preparación de las semillas.	19
3.3.3 Siembra de semilla y manejo post germinación.	19
3.3.4 Montaje del experimento.	19
3.4 Metodología Estadística.	22
3.4.1 Análisis estadístico.	22
3.4.2 Las variables evaluadas.	22
3.4.3 Porcentaje del prendimiento.. . . .	22
3.4.4 Altura de la planta e incremento de altura.	23
3.4.5 Diámetro del tallo e incremento del diámetro.. . . .	23
3.4.6 Número de hojas del injerto e incremento de hojas	24
3.4.7 Área foliar.	24
3.4.8 Peso fresco de hojas, tallo y raíz.	24
3.4.9 Peso seco de hojas, tallo y raíz.	24
3.4.10 Peso específico de hojas.	24
3.4.11 Grados días desarrollo.	25
3.4.12 Volumen de tallo.	25
3.4.13 Volumen de raíz.	25
3.4.14 Longitud de la raíz.	25
3.5 Análisis Económico.	25
3.5.1 Análisis parcial	25
3.5.2 análisis de Dominancia	26
3.5.3 Tasa de retorno marginal.	26
3.6 Metodología de laboratorio.	28
3.6.1 Cortes histológicos.	28
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	29
4.1. Variable de prendimiento y grados días desarrollo.	29
4.2 Variable de crecimiento.	32
4.2.1 Altura del injerto e incremento absoluto.	33

4.2.2 Diámetro del injerto e incremento absoluto.	34
4.2.3 Número de hojas e incremento absoluto.	34
4.2.4 Numero de Brotes e incremento absoluto.	36
4.3 Variables fisiológicas.	38
4.3.1 Área foliar.	38
4.3.2 Peso fresco y seco de la hoja.	39
4.3.3 Peso Específico de hojas.	40
4.3.4 Peso fresco, seco y volumen de tallo.	41
4.3.5 Peso fresco, seco, longitud y volumen de raíz.	43
4.4 Estudio Histológico.	44
4.5 Análisis económico del ensayo.	47
4.6 Análisis marginal.	47
4.7 Manual de injerto en cacao.	48
V. CONCLUSIONES.	51
VI. RECOMENDACIONES.	52
VII. BIBLIOGRAFIA.	53
VIII. ANEXOS.	57

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Prueba de Tukey. Diferencia de medias como efecto del prendimiento de diferentes técnicas de injerto en cacao, en la variable altura y crecimiento absoluto dado en cm.	33
Cuadro 2 Prueba de Tukey. Diferencia de medias como efecto del prendimiento de diferentes técnicas de injerto en cacao, en el variable número de hojas e incremento absoluto.	35
Cuadro 3 Prueba de Tukey. Diferencia de medias como efecto del prendimiento de diferentes técnicas de injerto en cacao, en las variables número de brotes.	37
Cuadro 4 Análisis Económico	48

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Montaje del experimento.	21
Figura 2 Medición de variables.	27
Figura 3 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable porcentaje de prendimiento.	30
Figura 4 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable Grados Días Desarrollo	31
Figura 5 Promedio mensual de temperatura medias, máximas y mínimas durante el periodo de Julio a Diciembre del 2013 de la estación meteorológica de Ilopango.	31
Figura 6 Promedio de humedad relativa durante el periodo de Julio a Diciembre del 2013 de la estación meteorológica de Ilopango.	32
Figura 7 Promedio de la velocidad de los vientos durante el periodo Julio a Diciembre del 2013 de la estación meteorológica de Ilopango.	32
Figura 8 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable altura e incremento del injerto.	33
Figura 9 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable de diámetro e incremento del injerto	34
Figura 10 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable número e incremento de hojas del injerto	36
Figura 11 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable número e incremento de brotes del injerto	37
Figura 12 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable Área Foliar de la hoja.	39
Figura 13 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable Peso fresco y seco de la hoja	40
Figura 14 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable peso específico de la hoja	41
Figura 15 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable peso fresco y seco de tallo	42
Figura 16 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable volumen de tallo	43
Figura 17 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable peso fresco y seco de raíz	44
Figura 18 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable longitud de raíz.	44
Figura 19 Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable Volumen de raíz	44

Figura 20 cortes histológicos de la unión del porta injerto a los 120 DDI (días después de injertado)	45
Figura 21 cortes histológicos vistos al estereoscopio	46

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO 1 Distribución geográfica de cacao en el mundo.	57
ANEXO 2 Anatomía de la zona de unión del injerto.	58
ANEXO 3 Resumen de análisis de varianza par cada una de las variable de crecimiento evaluadas en fase de injerto en (<i>Theobroma cacao</i> L).cuadro medio del error (CME), coeficiente de variación (CV), coeficiente de determinación (R ²), desviación estándar(s) y prueba de significancia.	59
ANEXO 4 Resumen de análisis de varianza par cada una de las variable fisiológicas evaluadas en fase de injerto en (<i>Theobroma cacao</i> L).cuadro medio del error (CME), coeficiente de variación (CV), coeficiente de determinación (R ²), desviación estándar(s) y prueba de significancia	60
ANEXO 5 Resumen de coeficiente de correlación para las variables evaluadas significativamente en plantas de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)Utilizando dos técnicas de injertos con su modificaciones y el éxito en el prendimiento, en fase de vivero	61
ANEXO 6 Identificación del agente fitopatogeno <i>Botriodiplodia</i> sp.	62
ANEXO 7 Presupuesto parcial por tratamiento	63
ANEXO 8 Crecimiento de los tratamientos en vivero 120 DDI	64

INTRODUCCIÓN.

Para la reproducción de plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*) de alto valor genético, en el país se hace necesaria una práctica eficaz y eficiente para su multiplicación de forma asexual y así poder ofrecer plantas de alta calidad a los productores que solo cuentan con plantas provenientes de semillas, dando como resultado una alta segregación (Parada Berrios 2013).

La generación de tecnología para propagar clones de alta calidad genética ha sido realizada en Honduras a través de la investigación que realiza la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), utilizando técnicas de injerto como: injerto de parche o de lengüeta, injerto de yema Terminal o de púa, siendo la injertación temprana y microinjertación las técnicas más novedosas (Dubón y Sánchez 2011).

La clonación a través del injerto de germoplasma de alto potencial productivo puede garantizar combinaciones de clones autocompatibles e intercompatibles de alto rendimiento. Por eso es necesario adoptar y mejorar la técnica de injerto más adecuada para así poder mejorar la eficiencia en el éxito de prendimiento en las plantas de cacao.

Según Ángel (2012), menciona que en el Censo Agropecuario 2006-2007 encontró solamente 42 explotaciones de cacao en el país, 15 de ellos en Usulután. La superficie total nacional fue de 638 mz (446 ha), pero de ella, 619 mz estaban en Usulután, incluyendo la plantación más grande en la cooperativa La Carrera. La producción nacional para ese año fue de 5,825 qq (264.2 tm), es decir 9.13 qq/mz. El incremento para la exportación es un propósito actual de los productores nacionales, incluyendo valor agregado, al fomentar la transformación agro industrialización con el consecuente aporte, en términos de generación de empleo, de flujo permanente de ingresos para la familia cacao cultora.

El aporte nutricional de la semilla de cacao es vitamina A, vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina), ácido fólico, vitamina B6 (píroxidina), biotina y vitamina B5 (ácido nicotínico) (Cruz Montesinos, 2012).

Parada Berrios, FA. 2013. El Cacao (Entrevista). SV, Universidad de El Salvador

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo

2.1.1 Origen.

El cacao (*Theobroma cacao L*) es una planta originaria de América del Sur, del área que comprende la Amazonía (Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela). La domesticación se inició en el sur de México con los mayas, que fue el primer pueblo conocido que se dio cuenta de las valiosas cualidades de la almendra de cacao (Palencia y Galvis, s.f.).

1.1.2 Origen del cacao en El Salvador.

El cultivo del cacao en El Salvador no es nada nuevo, antes y durante la conquista española, fue uno de los centros de mayor producción y venta de cacao. Es así como la región de Izalco se volvió tan importante para los españoles. El Cacao se adoptó como moneda quizá debido a su relativa escasez o a que con ella se preparaban una bebida considerada digna de los dioses. El intercambio comercial entre los indígenas durante el período precolombino se realizaba mediante el trueque de los diferentes productos que tenían a su disposición. Al avanzar en su civilización y desarrollo, adoptaron como medio de intercambio símbolos tales como pepitas o el polvo de oro, plumas de aves preciosas como el quetzal y por último, el cacao (Barillas, 2006).

2.1.3 Características del árbol.

El árbol de cacao es de tamaño mediano pertenece a la familia Esterculiáceas se caracteriza por ser un una planta que alcanza una altura de hasta de 20 metros, tiene un tronco recto que puede desarrollarse de formas variadas, según su condición ambiental. Por lo general, el cacao tiene su primera horqueta cuando alcanza un metro y medio de altura; en este punto, se desarrolla de 3- 6 ramas principales a un mismo nivel, estas ramas forman el piso principal del árbol y se distinguen de los demás por ser la parte más productiva de la planta (Gutiérrez Hernández, 2011).

2.1.4 Ecotipos de cacao.

Cruz Montesinos (2012), menciona tres grandes grupos:

- **Cacao criollo:** corresponde a una planta de poco vigor y bajo rendimiento, destacándose la alta calidad de sus semillas. Este tipo de cacao posee un

cotiledón de color entre marfil parduzco y castaño muy claro, con un olor de cacao dulce unido a un aroma delicado característico. Ejemplos de cacao "criollo" son los cultivados en Venezuela, en el Caribe y Nueva Guinea Papua.

- **Cacao forastero:** se caracteriza por ser de mayor tolerancia a las enfermedades que el cacao criollo. Representa aproximadamente un 95% de la producción mundial, proveniente de los países de África Occidental y Brasil.
- **Cacao trinitario:** es más resistente y productivo que el cacao Criollo pero de inferior calidad. Es el resultado del cruce entre el cacao forastero y el criollo. Es producido en Granada, Jamaica, Trinidad y Tobago, Colombia, Venezuela y América Central.

1.2 Importancia económica del cacao.

La producción de Cacao (*Theobroma cacao L.*) en El Salvador ha sufrido una disminución drástica. Para el año 2000 se contaba con 350 ha de cultivo y el mayor productor Hacienda La Carrera (50% de la producción nacional) sin embargo, a partir del 2003 debido a la infección por Moniliasis se ha mermado la producción pasando de 2000 qq por año a unas pocas decenas en 2009. El comercio Internacional de cacao indica que la producción doméstica no abastece la demanda local y que existe una oportunidad de mercado para este rubro a nivel nacional para las familias cacaocultoras. El cultivo de cacao beneficia grandemente la flora y la fauna en el país a través de la asociación con los cultivos maderables, frutales y otros que a la vez ayudan a la lucha contra el calentamiento global (Navarrete, 2011).

2.2.1 Distribución geográfica de cacao (*Theobroma cacao L.*)

La producción mundial de cacao está distribuida entre los países de América del Sur, América Central, México, el Caribe, África, Asia y Oceanía; países que cuentan con tierras de bosques húmedos tropicales (Anexo 1) (CEI-RD, 2012).

2.2.2 Producción mundial de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Según el ICCO (Organización Internacional del Cacao), para el año cacaotero 2010-11 se dio un aumento en la producción mundial el cual está distribuida de la manera siguiente: África dominó la producción mundial de cacao con 74.9% el cual es 2,

536,000Tm América aportó el 12.7% de la producción mundial de cacao 2010/11 con 544,000 de toneladas y Asia y Oceanía, con un 15% con 537,000 de toneladas para el periodo 2010/11. Y la demanda para estos años fue de 3,914 millones de toneladas (ICCO, 2010).

2.3 Uso y contenido nutricional del cacao (*Theobroma cacao L.*)

A partir de las semillas del cacao se obtienen varios productos como el cacao en grano, los cuatro productos intermedios (el licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y cacao en polvo), y el chocolate, como producto terminado. El mercado que absorbe la producción de cacao a nivel mundial es la industria chocolatera, sin dejar atrás el uso de productos como: el polvo y la manteca de cacao(Cruz Montesinos, 2012).

2.4 Aspectos agronómicos.

2.4.1 Establecimiento de vivero.

- **Ubicación.**

Buena disponibilidad de agua para riego, con topografía plana o con pendiente suave (menos de 10%), de lo contrario realizar obras de conservación de suelos y drenajes. Buena accesibilidad que permita y facilite el transporte (Irigoyen y Cruz, 2005).

- **Sombra y protección.**

Calibrar 50% de sombra con hojas de palmeras u otro material del lugar. Ya que favorece el desarrollo de las plantas y evita la quema de los brotes jóvenes por el sol. Es recomendable que la sombra este a una altura de 1.80 m, para facilitar el ingreso. Además, se debe cercar el vivero para evitar daños por la intromisión de animales (IICA *et a.s.f.*).

- **Preparación del sustrato.**

El suelo a utilizar debe ser: franco, suelto, tamizado para eliminar cualquier material extraño que afecte el crecimiento de la raíz como piedras, raíces y otros. Una mezcla recomendada es suelo- granza de arroz-materia orgánica. (Irigoyen y Cruz, 2005).

- **Llenado de bolsas.**

El tamaño de las bolsas para plantines de cacao es variable, sin embargo, las bolsas de tamaño 7x12" favorecen un buen desarrollo de las raíces durante los cuatro primeros meses. Se recomienda levantar la bolsa de la parte superior y dejarla caer sobre el suelo. Repetir la operación hasta que la bolsa quede llena y compacta (IICA *et al*, s.f).

- **Acomodado de bolsas.**

El arreglo mas recomendado es de líneas o cadena doble, ya que facilita la ejecución de las diferentes labores y se aprovecha mejor la luz solar y la ventilación. La distancia entre bolsas en el arreglo en bloques es de 60cms para las calles y la distancia entre bolsas dependerá del área disponible (Irigoyen y Cruz, 2005).

2.4.2 Obtención y selección de semilla.

Selección de la planta madre: debe provenir de una planta adulta, con frutos maduros y de buen vigor, una mazorca de buen tamaño, sano y con granos grandes.

Selección de la semilla: las semillas de cacao deben extraerse de la parte central de la mazorca, que debe estar madura. Solo la parte central sirve como semilla; los extremos de la mazorca se eliminan (IICA *et al*, s.f).

- **Tratamiento de semilla y pre-germinado.**

Las semillas se deben utilizar entre el primer y tercer día de cosechadas las mazorcas. Las semillas deben frotarse suavemente con aserrín de madera fino y seco, con el propósito de remover el mucílago y evitar la fermentación. El pre-germinado se realiza en bolsa de plástico con aserrín húmedo y tratado con un fungicida. A los tres o cuatro días se observara la emisión de radícula, que es un brote blanco en el extremo de la semilla. Este es el momento ideal en el que se puede realizar la siembra en las bolsas. Con este tratamiento se consigue: menor incidencia de hongos, selección de la semilla con raíz sana y uniformidad en el tallo de las plantas (IICA *et al*, s.f).

- **Siembra en bolsas.**

Se introduce la semilla pregerminada en forma vertical en el centro de la bolsa con la raíz hacia abajo, teniendo el cuidado de no dañarla y finalmente se cubre con sustrato (IICA *et al*, s.f).

- **Cuidado después de la siembra.**

Riego: debe de realizarse muy temprano en la mañana o por la tarde. El suelo debe de mantenerse húmedo, pero con el cuidado de evitar el encharcamiento para que no haya ataque de hongos(Irigoyen y Cruz, 2005).

Control de malezas: tiene como objetivo disminuir las posibilidad de que las malezas sean refugio de otras plagas, también puede haber competencia por luz, nutrientes, aire y del mismo modo favorecer el apareamiento de otras plagas. El control de malezas debe hacerse tanto en calles, como en bolsas, y se recomienda realizarlo de forma manual ya que por las condiciones de concentración de plantas y del tamaño de las mismas, la aplicación de herbicidas es de alto riesgo(Irigoyen y Cruz, 2005).

Control de plagas y enfermedades: el combate de las plagas y enfermedades de debe de realizar en forma racional para evitar la toxicidad en las plantas e incrementos desmesurados en los costos. Se recomienda realizar el combate en forma preventiva, mediante programas fitosanitario que disminuya el apareamiento del problema patológico y reduzca considerablemente los prejuicios económicos (Irigoyen y Cruz, 2005).

2.4.3 Nutrición.

Las plantas tienen necesidades nutricionales de acuerdo al estado de desarrollo, ya sea crecimiento, floración y producción. Según Suarez (1987), la cantidad estimada de nutrientes absorbidos por la planta de cacao en fase de vivero es: nitrógeno (2.4), fósforo (0.6), potasio (2.4), calcio (2.3), magnesio (1.1), manganeso (0.04), zinc (0.01); estas cantidades dadas en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

2.5 Propagación.

2.5.1 Reproducción sexual

Según Denys (1962), la reproducción sexual es el método más sencillo, común y el más económico de todos, aunque los resultados en cuanto a la producción son por lo general inseguros ya que nadie puede predecir la capacidad de producción de los árboles que han resultado de la reproducción por semilla. Se puede hacer de tres formas: siembra directa al campo, por siembra en almacigo o eras y siembra en bolsas plásticas. La germinación de la semilla de cacao es epigea porque al desarrollarse, el tallo embrionario, se

desarrolla activamente, llevando consigo los cotiledones que se guardan adheridos a él, estas plantas tienen la característica la ausencia de horqueta (CEIP, 2010).

2.5.1.1 Biología floral de cacao (*Theobroma cacao L*)

Las flores de cacao son pequeñas, carecen de nectarios son de color rosado o blanco y hermafroditas por tener los dos sexos. La estructura y posición de las inflorescencias son características más notables del cacao. La inflorescencia o cojines aparecen en el tronco y ramas principales, fenómeno denominado cauliflora, que se presenta en numerosos especies tropicales; los cojines ocupan posición axilares a las hojas.

Los puntos de inflorescencia nacen solo de la cicatrización que dejan las hojas al desprenderse; el número de flores por cojines varía de un cultivar a otro en un rango de 14-48. Las partes florales están distribuidas siguiendo una estructura pentámera, que consta de un pequeño tubo que une la flor al cojinete llamado pedicelos, cinco sépalos, cinco pétalos (colluga y lígula) y cinco estaminodios morados que protegen y rodean el pistilo. La biología reproductiva comienza con la formación del botón floral, el cual su apertura en horas de la tarde y continúa abriendo durante la noche, hasta que termina de abrirse completamente en horas tempranas de la mañana del día siguiente. Una vez abierta el botón floral, las anteras que contienen los sacos polínicos se abren y liberan el polen minutos más tarde el estilo y estigma son receptivos a este. El grano de polen del cacao tiene una viabilidad relativamente corta, normalmente solo 48 horas. La fecundación, dependiendo donde caigan los granos de polen (si cerca del ovario o en el extremo del tubo polínico), puede demorar de 24-72 horas. Una característica especial de la flor de cacao es un punto de absorción, que provoca su desprendimiento uno o dos días después si no es fecundada. Este tipo de morfología convierte al cacao en una especie altamente alogama o de polinización cruzada. Este intercambio de polen de una flor a otra se realiza en un 95% por diminutos insectos del género *Forcipomya*, que es un micro-díptero (mosquitas) muy activa especialmente en horas tempranas de la mañana.

Se presume que las mosquitas revolotean sobre las flores y son atraídas por la línea guía con pigmentación rojo-violetas en el interior de la cogulla y luego de pasarse en la flor hace un recorrido siguiendo esas líneas guía, pasando por la concavidad del pétalo donde están protegidas las tecas que contienen el polen y al rozar el polen se impregna del mismo. Al continuar su recorrido trepan por el tubo polínico donde se deposita el polen va quedando adherido a lo largo del estilo y estigma se tiene la polinización cruzada.

Cuando el grano del polen es compatible con los órganos femeninos de la flor, germinan y desarrollan un tubo germinativo que llega hasta los óvulos y es cuando se da la fecundación (Dubón y Sánchez, 2011).

2.5.1.2 Polinización de flores de cacao.

En el cacao, la polinización es básicamente entomófila debido a que el polen es pegajoso y no se mueve fácilmente con el viento o la lluvia. Además, la arquitectura de las estructuras florales dificulta la llegada de polen al estigma de la flor por esas vías (Soria et al. 1976). Dípteros de la familia Ceratopogonidae son los principales responsables de la polinización en cacao. Entre los géneros más importantes están *Forcipomyia* spp., *Dasyhelea* spp. Y *Atrichopogon* spp., los cuales poseen las características morfológicas necesarias para realizar la polinización (Enríquez 1985).

2.5.2 Reproducción asexual.

Rojas, *et al.* (2004), mencionan ellos que la propagación vegetativa o clonación se define como la reproducción de una planta a partir de una célula un tejido, un órgano (raíces, tallos, ramas, hojas).

La reproducción asexual se da ya que la planta de cacao es una planta altamente alógama o de polinización cruzada, por lo tanto la semilla presenta una base genética altamente heterocigótica (variadas), en consecuencia los genes se combinan libremente, lo cual se hace que resulten plantas con características impredecibles y muy diferentes (Dubón y Sánchez, 2011).

Con relación al injerto Isla y Andrade (2009), explican que es el proceso mediante el cual se propaga una planta sin que intervenga el cruzamiento sexual entre un árbol madre y un árbol padre, es decir un solo individuo es el que da origen a la descendencia lo cual hace que todas las características sean transmitidas por la planta clonada a sus hijos, generando poblaciones de plantas idénticas, la clonación asegura buen material para la siembra y renovación de cultivos, siempre y cuando se clonen árboles de reconocido alto rendimiento en las condiciones ecológicas particulares.

La yema (injerto): es tomada de una planta seleccionada por su producción (clon), la cual se va a transformar en la copa del nuevo árbol, por lo que será la encargada de formar las ramas, las hojas, las flores y los frutos (Echeverri Rodríguez, 2006).

El portainjerto o patrón: constituye la base o el soporte de la planta, por lo que conforma el sistema radicular, indispensable para el estado nutricional de la planta. Debe provenir de una semilla sexual, es decir, por una semilla común y corriente extraída de frutos cuyo árbol tenga condiciones de buen vigor, precocidad y tolerancia a enfermedades radiculares (CANACACAO, 2012).

Formación de patrones.

El patrón es una planta originada por semilla, proveniente de árboles sanos, con buena adaptación al medio del cultivo aunque no se requiere que sobresalga por su producción. Para la protección de los patrones se debe considerar:

- Uso de bolsas de polietileno, preferiblemente de 9 x14 pulgadas.
- Usar en el llenado de la bolsa una mezcla conformada por 3 partes de tierra suelta, una de aserrín o casulla de arroz, más una de abono orgánico (estiércol de ganado, gallinaza, compost, etc.).
- Colocar bajo el cobertizo las bolsas en doble hilera con espacios de 50 cm entre cada doble hilera, para facilitar la labor de injertación.
- Rellenar las bolsas con aserrín y sembrar las semillas obtenidas de árboles sanos, adaptados a las condiciones de la finca. Las semillas deben colocarse con la parte más ancha hacia el suelo o acostadas para evitar confusión.
- Realizar las labores rutinarias de mantenimiento tales como: riegos oportunos, desmalezado manual, aspersiones para evitar enfermedades y eliminar plagas; la fertilización o abonamiento orgánico se hace en caso que sea necesario.
- Cuando los patrones tengan una edad entre 4 y 5 meses y hayan alcanzado una altura promedio de 50 centímetros y un grosor aproximado de un centímetro en la parte media baja, estarán listos para injertarse (FHIA, 2005).

2.6 Tipos de injerto utilizados en cacao.

2.6.1 Enchapado lateral.

Consiste en extraer una yema terminal de 10 cm de largo, cuya base se corta en bisel con una longitud de 2 a 4 cm. A un lado del tallo del patrón se hace un corte parecido, dejando una lengüeta de corteza en la base. Luego se coloca en el patrón preparado y se amarra

con cinta, dejando la punta del injerto al descubierto. En época de lluvias, la yema se cubre con una cubierta blanca (bolsa) para evitar que el agua se introduzca entre el injerto y el patrón (Dubón y Sánchez, 2011).

2.6.2 Púa terminal.

El injerto de púa consiste en insertar en una hendidura practicada en el patrón, ya sea en vivero o en el campo, la porción terminal de una vareta con varias yemas funcionales. El patrón seleccionado previamente, debe de ser el mismo diámetro de la vareta que tiene de 3 a 4 yemas. A unos 25-30 cms de altura en el patrón, se hace un corte del eje principal, luego un corte vertical en el centro de aproximadamente 2 cms; posteriormente, en el extremo basal de la parte terminal de la vareta seleccionada se practican 2 cortes lisos y en bisel a ambos lados, de la misma longitud de la incisión hecha en el patrón. (Dubón y Sánchez, 2011).

2.6.3 Yema en parche.

Se realiza de preferencia directamente en campo. Hacer cuatro cortes en la corteza al patrón, dos de forma horizontal (primer corte) luego dos cortes de forma vertical, de arriba hacia abajo, a una altura de 20 – 30 cm. del suelo. En zonas donde llueve más, se debe injertar a partir de los 30 cm. del suelo, para evitar la contaminación por hongos o bacterias del suelo. Dejar levantada la corteza, para facilitar el ingreso de la yema. Luego se saca la yema, para ello hacer 4 cortes a la vara, formando un rectángulo, los cortes pueden ser primero horizontales y luego verticales o viceversa, dependiendo de la habilidad y comodidad del injertador; los cortes siempre tienen que pasar un poco en las intersecciones o esquinas, formando una cruz lo que ayuda al desprendimiento de la yema (Isla y Andrade, 2009).

Injertación temprana: Es una técnica de reciente dominio que permite reducir el tiempo para la obtención de plantas injertadas de cacao (7-8 meses en el injerto convencional, a 4-5 meses en el injerto temprano). Esta técnica novedosa consiste básicamente en la utilización de patrones de cacao muy jóvenes (alrededor de dos meses) a los cuales se les inserta una yema procedente de ramas de la misma edad. El tipo de injerto que se recomienda hacer en la enjertación temprana es el de parche, por ser más rápido, seguro y económico. Los patrones se deben injertar cuando tengan un grosor entre 0.6 a 0.8 cm de diámetro a la altura de la cicatriz que dejan los cotiledones (45-60 días de edad).

Micro injertación. Es una técnica novedosa en América sin embargo hasta años recientes fue introducida en un proyecto de fomento a la producción de cacao en Bolivia. Indudablemente se requiere de gran habilidad, permitiendo injertar en patrones de dos a tres semanas de edad, que comparando con las técnicas convencionales de enjertación, no solo reducen costos sino que acorta el tiempo de multiplicación de las plantas y maximiza el aprovechamiento de yemas, especialmente cuando la disponibilidad del material es escasa. La técnica de micro enjertación se aplica en patrones de 14-21 días de sembrada la semilla, ósea de 10-15 días después de la emergencia, cuando los cotiledones están aun sin separar (estado de soldado) o cuando están recién desplegados (abiertos) (Dubón y Sánchez 2011).

2.7 Micro propagación de cacao (*Theobroma cacao L*).

2.7.1 Embriogénesis somática en cacao.

Iniciación de los embriones: una de las etapas de la embriogénesis somática es la iniciación del embrión. Los primeros reportes de esta etapa describe la utilización de embriones cigóticos inmaduros, los cuales han sido utilizados por varios laboratorios con algunas modificaciones. Para el proceso de iniciación, los embriones cigóticos inmaduros son removidos asépticamente de los óvulos de la mazorca (previamente desinfectada) y puestos en cultivos. El medio que se utilizó para la iniciación está basado en el medio Murashige y Skoog.

Los embriones somática puede ser iniciada a partir de cotiledones maduros siguiendo el protocolo de Aguilar, 1992 .El procedimiento se basan en tomar trozos de cotiledón maduro, que son inoculados en un medio con auxinas y citocininas en condiciones de oscuridad durante aproximadamente tres meses, mientras se forma el estado de crecimiento globular y tropedo. Luego son transferidos a un medio sin reguladores de crecimiento, bajo condiciones lumínicas por un periodo de un mes con la finalidad de observar su futuro desarrollo. Además de la embriogénesis directa, los embriones de cigotos inmaduros también se han utilizado para la embriogénesis mediante la formación callos, los cuales han servido para el estudio en los cambios de ADN nuclear, ARN y proteínas que acompañan la iniciación del embrión (Pence, 1995).

Desarrollo de los embriones somáticos: El desarrollo directo de embriogénesis somáticas provenientes de tejidos de embriones cigóticos ocurre a través de dos procesos aparentemente distintos. El primero es un proceso botánico, en donde el embrión cigótico presenta unas estructuras parecidas a cabellos en superficie. Alternamente se encuentra el proceso de brotación, el cual ocurre en los embriones que desarrollan desde la parte interna del tejido cotiledonario. En algunos casos los embriones que no brotan se perdieron antes del desarrollo del cotiledón. Estudios histológicos se han hecho también en cultivos de nucelas y tegumentos internos revelando u desarrollo de células embrionarias y pro embrionarias a partir de los tejidos internos. Bajo condiciones utilizadas, el desarrollo fue contrarrestado en esa etapa a que las células embriogénesis se vacuolizan y acumulan sustancias fenolicas (Pence, 1995).

2.7.2 Producción de plantas de cacao a través de microinjertación de embriones somáticos.

La técnica de microinjertación fue utilizada por primera vez por Murashige y colaboradores en 1972, en la obtención de cítricos libres de virus. Esta técnica requiere dos componentes *in vitro* esencial: el primer patrón, es decir, la planta sobre el cual se introducirá el injerto, el cual debe tener la edad apropiada. Para la microinjertación, solo se utilizan los embriones completamente desarrollados (Aguilar *et al*, 1992).

2.8 Ventajas de injertar.

Según Dubón y Sánchez (2011), el injerto nos permite:

- Hay un mayor aprovechamiento del material que se desea propagar.
- Conserva las cualidades del árbol de donde se tomó la yema.
- Permite escoger los mejores árboles de la finca y reproducirlos a voluntad.
- Los injertos fructifican a más temprana edad.

2.9 Recomendaciones para un buen prendimiento de la vareta.

- El injertador debe desinfectar sus manos y herramientas con alcohol para evitar contaminación a la planta.
- Utilizar patrones y varetas del mismo grosor y edad.

- Como práctica se debe podar el árbol donado de varetas que se va a propagar y al mismo tiempo sembrar las semillas para patrón de esta forma las varetas seleccionadas tendrá la misma edad que el patrón.
- Cubrir las varetas con bolsas plásticas y mantener los injertos bajo techo durante los primeros 15 días que corresponde a la etapa de prendimiento y posteriormente bajo sombra moderada de 50% en su fase de endurecimiento y climatización definitiva (Palencia, *et al*,sf).

2. 10 Morfología y fisiología del injerto.

2.10.1 Anatomía de la zona de unión del injerto.

Una clave fundamental en los injertos, es que queden en buen contacto el cambium del patrón (portainjerto) y el cambium de la variedad (injerto). Por otra parte, también hay que tener en cuenta que el injerto para ser exitoso necesita que el patrón sea compatible con la variedad a injertar, de lo contrario no se unirán. El cambium es el meristemo lateral que forma los tejidos vasculares (floema y xilema), tiene forma cilíndrica y espesor menor de 1 mm. Una vez realizado el injerto, debe quedar un buen contacto entre el cambium de la púa (injerto) y el cambium del portainjerto, para que se inicie la división celular del parénquima. Luego se entremezclan las células y se conectan para producir un nuevo cambium y tejidos vasculares, que permitirán el paso de nutrientes y agua, (Anexo 2) (compatibilidad de injertos en frutales, 2013).

2.11 Afinidad

Según Hartmann y Kester(1997), consiste en la cualidad que permite la unión de sus tejidos (prendimiento) y constituir un solo individuo, es decir la existencia de tolerancia entre un vegetal y otro cuando ambos son injertados, mencionan que se puede clasificar en:

Afinidades celulares: Se presenta cuando los protoplasmas se asocian mal resultando en una soldadura imperfecta, por lo que el injerto se desliga al menor choque, en resumen la afinidad celular depende de la dimensión de los vasos y la constitución de las células.

Afinidades fisiológicas: Se da en dos vías, la primera con relación al potencial de succión en el cual cada vegetal se caracteriza por un estado de equilibrio entre las potencia de absorción de las raíces y la succión de las ramas y en segundo caso por la

composición de la savia ya que ciertos patrones no aceptan sustancias elaboradas por el injerto. Otras condiciones a tener en cuenta son la polaridad del injerto la cual debe ser respetada (extremidad distal y proximal); también el patrón e injerto deben tener similar vigor (ligeramente más débil para el patrón da todavía mejores resultados), finalmente debe haber similitud en la consistencia de los dos tejidos a unir (herbáceo, semi leñosa).

2.12 Incompatibilidad.

Está relacionada de forma clara con diferencias genéticas entre el patrón y la variedad. En los injertos se combinan una amplia gama de sistemas fisiológicos, bioquímicos o anatómicos diferentes, con muchas interacciones favorables o desfavorables. En algunos casos se ha demostrado que algunos compuestos que produce el patrón reaccionan con otros de la variedad, dando otros nuevos que inhiben la actividad del cambium. La reducción de la concentración de azúcares que llegan a la raíz por dificultades de translocación a través del injerto puede liberar en ella compuestos tóxicos que producen su degeneración y muerte (Hartmann y Kester, 1997).

Rojas, *et al.* (2004), mencionan que la incompatibilidad se manifiesta en la falta de brote en el injerto que supone la muerte del vegetal injertado, el débil porcentaje de éxito (menos del 75%) donde la aparición del callo de cicatrización que supone el éxito del injerto, pero sin el posterior desarrollo del mismo. La incompatibilidad se puede presentar en diferentes estados de desarrollo o edad de la nueva planta formada durante el proceso de injertación.

2.13 Factores que influyen en la unión del injerto.

2.13.1 Humedad. Las células de parénquima que forman el tejido del callo son de paredes delgadas y muy sensibles a la deshidratación, si se exponen al aire. Los contenidos de humedad del aire menores al punto de saturación, inhiben la formación de callo y aumentan la tasa de desecación de las células cuando disminuye la humedad (Hartmann y Kester, 1997).

2.13.2 Oxígeno. Para la producción de tejido de callo es necesaria la presencia de oxígeno en la unión del injerto. La división y crecimiento de las células van acompañados de una respiración elevada. Para algunas plantas puede bastar una tasa de oxígeno menor que la presente en el aire, pero para otras es conveniente que la ligadura del injerto permita el acceso del oxígeno a la zona de la unión (Hartmann y Kester, 1997).

2.13.3 Actividad de crecimiento del patrón.

La actividad cambial se debe a un estímulo de auxinas y giberelinas producidas en las yemas en crecimiento. Si el patrón está en fase de reposo o crecimiento lento es más difícil la producción de cambium en el injerto (Hartmann y Kester, 1997).

2.13.4 Técnicas del injerto. Si se pone en contacto sólo una reducida porción de las regiones cambiales del patrón y de la variedad, la unión será deficiente. Aunque haya una buena cicatrización y comience el crecimiento de la variedad, cuando ésta alcance un desarrollo importante, una unión tan escasa impedirá el movimiento suficiente del agua y se producirá el colapso de la planta injertada (Hartmann y Kester, 1997).

2.13.5 Contaminación con patógenos. En ocasiones entran en las heridas, producidas al injertar, bacterias y hongos que causan la pérdida del injerto (Hartmann y Kester, 1997).

2.14 Utilización de Parafilm®.

Esta cinta hecha con parafinas es utilizada por los laboratorios de química, biología y cultivo de tejidos para cerrar recipientes, como tubos de ensayo, probetas, frascos, etc., y presenta las características de ser transparente, auto adherible, impermeable, flexible y resistente. La cinta es distribuida por casas de equipos de laboratorio y médico, en diferentes presentaciones, recomendándose el de 4 pulgadas de ancho. La parafina es uno de los productos que se obtienen del refinado de petróleo y tiene muchas aplicaciones, como el relleno de cables o la fabricación de las velas y cerillas. Por sus propiedades aislantes, también se emplea para recubrir el papel con el que se envuelven los comestibles así también se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos perecederos como las frutas y hortalizas. La parafina creada para los envases para almacenamiento; es una cera que, una vez aplicada al papel o las cajas de cartón, actúa como sustancia bactericida. Al estar basada en esencias de origen natural reduce o evita el uso de fungicidas químicos (Envase Activo para prolongar la vida de los alimentos, 2000).

El nuevo vendaje, por utilizar un material transparente, da una visualización clara del sector del Injerto, permitiendo supervisar la calidad y profundidad de los cortes, evitando engaños, pues algunos malos operarios pueden colocar el vendaje sobre el tallo de los soldaditos en café (de la variedad), sin efectuar el injerto, lo que ocultan por medio del color del nylon tradicional (Sierra M, s,f).

2.15 Viverismo en cacao.

El éxito en las plantaciones de cacao depende en gran parte del empleo de plantas sanas y con desarrollo uniforme, provenientes de viveros con manejo adecuado. En nuestro país los productores están demandando variedades a utilizar, ya que ninguna institución dedicada a producción de cacao pueden garantizar buenas producciones de las variedades con las que se cuentan a nivel nacional, ya que se han introducido variedades provenientes de FHIA y CATIE no saben cuál es el comportamiento de estas variedades de acuerdo al clima de nuestro país. Los productores en Izalco y Nahuilingo tienen plantas de alta calidad y hacen sus propias variedades para abastecerse en sus parcelas. Actualmente en estas zonas hay viveros que producen plantas injertadas y las comercializan con un valor de \$5.00, así como también en viveros comerciales poseen plantas provenientes de semilla desconociendo la procedencia de estas semillas. (Parada Berrios 2013).

Parada Berrios, FA. 2013. El Cacao (Entrevista). SV, Universidad de El Salvador.

2.16 Modelos de alta productividad.

Estos modelos se basan en la combinación de clones en una misma plantación es decir que el cruzamiento interclonal se hace con el fin de mejorar aspectos de interés como la calidad, el rendimiento, precocidad y tolerancia a plagas y enfermedades. Se ha comprobado que estos cruces interclonales poseen ventajas comparativas con variedades locales, con rendimientos potenciales cercanos a 1,000 - 1,200 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ comparado con 400-500 Kg.ha⁻¹.año⁻¹ de estas últimas (Dubón y Sánchez, 2011).

La mayor limitación de las mezclas híbridas en el aspecto productivo, es la incapacidad de predecir los rendimientos futuros en la plantación, debido a la alta segregación que presentan entre los árboles de la misma familia. Esta variación genética conduce a la convivencia de necesidad de incluir varias familias en el campo para contrarrestar el problema de incompatibilidad que se presenta entre y dentro de muchos árboles.

Los híbridos que se han desarrollado en varios lugares del mundo con alto rendimiento y resistencia a varias enfermedades presentan por lo general, estas características de incompatibilidad; por lo tanto resulta muy arriesgado el empleo de un solo híbrido o mezcla de pocos híbridos en una plantación, especialmente si no se conoce muy bien su constitución genética (Dubón y Sánchez, 2011).

Para minimizar este inconveniente en el campo, se recomienda sembrar varios híbridos, especialmente empleando una mezcla de cruces interclonales que tengan padres diferentes o de origen distinto. El uso de varios híbridos distribuidos al azar en el campo además de evitar problemas de incompatibilidad, favorece la genética a resistencia a enfermedades ante la posibilidad de mezclar híbridos que tengan padres con resistencia a más de una enfermedad. La utilización de injertos es recomendada para evitar la variabilidad que presentan arboles provenientes de semilla, a través de la utilización de injertos se pueden seleccionar yemas provenientes de árboles considerados buenos productores, así también se seleccionan híbridos que sean tolerantes o resistentes plagas y enfermedades evitando pérdidas y bajas producciones de cacao (Dubón y Sánchez, 2011).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

a. Localización.

El experimento se ejecutó en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en Autopista Norte y final 25 avenida norte, ciudad universitaria, Departamento de San Salvador con las coordenadas siguientes: 13°43'06''N y 89°12'11''O con una elevación de 694 msnm.

3.2 Metodología de campo.

La fase de campo del experimento se desarrolló en un periodo de 8 meses, dividiéndose en tres etapas: La primera consistió en la planificación para la ejecución del proyecto, realizándose desde marzo a junio de 2013. La segunda etapa inicio con el montaje del experimento desarrollando el porta injerto en el mes de julio de 2013 hasta el mes de diciembre de ese mismo año. La tercera fase consistió en el desarrollo del experimento y toma de datos así como también el ordenamiento, procesamiento y análisis de los datos hasta la presentación de resultados.

3.3 Material vegetativo.

Se identifico una plantación de cacao del productor Lic. Sergio Orellana que se encuentra ubicada en San Pedro Nonualco, Departamento de La Paz, realizando visitas donde se seleccionaron árboles con frutos maduros de buen tamaño, color uniforme y sin daños por enfermedades o insectos obteniendo las semillas de la parte central de la mazorca, ya que estas están uniformemente desarrolladas, eliminando las partes extremas que presentan daños y un desarrollo incompleto.

3.3.1 Preparación del sustrato y llenado de bolsa.

El suelo a utilizado fue suelto, tamizado para eliminar cualquier material extraño como piedras, raíces y otros. Se hizo una mezcla de suelo (50%)- granza de arroz (25%)- materia orgánica (25%). Se llenaron 280 bolsas negras de polietileno de 8 x 14"; para lo cual se utilizaron 0.60 cm³ por cada bolsa de sustrato para su llenado.

3.32 Preparación de las semillas.

Se utilizaron las semillas entre el primer y tercer día de cosechadas las mazorcas. Luego se frotaron suavemente con aserrín de madera, con el propósito de remover el mucílago y evitar la fermentación.

3.3.3 Siembra de semillas y manejo post germinativo.

Se introdujo la semilla de forma vertical, directamente en el centro de la bolsa teniendo el cuidado de no dañarla luego se cubrieron con aserrín. Se aplicó riego en horas de la mañana. El control de maleza se realizó manualmente en cada bolsa. La fertilización consistió en aplicar 6 g de sulfato de amonio cada mes hasta que alcanzó una edad de 3 meses.

3.3.4 Montaje del experimento.

El material para injertar fueron varetas en estado fisiológico adulto, las que fueron extraídas de los árboles en producción de la Universidad de El Salvador. Las técnicas de injerto que se utilizaron fueron: enchapado lateral y púa terminal con sus modificaciones; en la cual se realizó una primera enjertación en donde las varetas no fueron preparadas en donde las varetas se cortaron con una longitud aproximadamente de 15 cm se realizó una segunda enjertación al mes posterior a la primera enjertación ya que se tuvieron importantes pérdidas del material injertado en el cual se optó por realizar una segunda enjertación se prepararon las varetas 8 días antes de la injertación eliminando las hojas de los brotes terminales dejando sólo el pecíolo; en el momento de la injertación se sumergieron durante 5 minutos en una solución con Benomil y se dejaron secar durante 20 minutos (Figura 1).

Para realizar la técnica de injerto de enchapado lateral (Figura 1), se realizó un corte de 3-5 cm de longitud en el tallo del patrón a una altura de 10 cm arriba del cuello entre el tallo y la raíz; para el amarre del injerto se utilizaron cintas de polietileno de 2 cm de ancho por 20 cm de largo provenientes de bolsas plásticas de 25 lb. Se realizó un proceso de decapitado en tres etapas a los 15, 22 y 30 días posteriores a la injertación. Esta técnica consistió en tres modificaciones: enchapado lateral envuelto a la mitad con bolsa, enchapado lateral con envoltura como momia y enchapado lateral con envoltura a la mitad más Parafilm®.

En la técnica de injerto de púa terminal se decapitó el patrón, a una altura de 25 cm luego, se realizó una hendidura vertical en el centro del tallo aproximadamente de 3 cm. La varetta utilizada fue de un diámetro similar al portainjerto con 4 a 5 yemas axilares. Para el amarre del injerto se utilizó cintas de polietileno de 2 cm de ancho por 20 cm de largo. Para esta técnica se utilizaron tres modificaciones: púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa y púa terminal envuelto como momia y púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm® (Figura 1).

Una vez injertadas todas las plantas se procedió a ordenar de acuerdo al área de cada tratamiento, se colocaron cuatro repeticiones separadas de 0.50 m de distancia entre surco. Para el experimento se utilizó un área de 47.44 m², ubicando 10 plantas por tratamiento utilizando 70 plantas por repeticiones, totalizando 280 plantas en las 4 repeticiones luego se identificaron por medio de rótulos de material reciclado. Después del injertado el riego se realizó a diario procurando no humedecer la unión; la toma de datos comenzó ocho días posteriores a la injertación, se aplicó 6 g. de fórmula triple quince después de formado el callo y la soldadura completa entre patrón-injerto siendo aplicados cada mes para fomentar el desarrollo y crecimiento de la planta injertada y se aplicó cada mes Benomil y Multimineralquelatado.



Figura 1. Montaje del Experimento de la Tesis denominada: “Evaluación de diferentes técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento, en fase de vivero” en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

- a) Tratamiento de varetas con Benomil.
- b) Injerto de Púa terminal más bolsa de polietileno.
- c) Injerto de enchape lateral envuelto como momia.
- d) Injerto de Púa terminal envuelto con Parafilm®.
- e) v f) Plantas iniertadas establecidas en el vivero.

3.4 Metodología Estadística

3.4.1 Análisis estadístico.

El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos. Cada unidad experimental se conformó por 10 plantas haciendo 280 plantas en total. Los datos fueron introducidos en una matriz de doble entrada. Para cada una de las variables se realizó el análisis de varianza en cada muestreo de manera individual. Estos datos se analizaron con el programa SAS 9.1 (StatisticalAnalysisSystem) para Windows y con su respectiva prueba de Tukey para la comparación de medias; de igual forma se determinó la correlación entre las variables haciendo uso del coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de confianza del 5%.

3.4.2 Variables evaluadas

El factor en estudio es la evaluación de dos técnicas de injerto y sus modificaciones se describen a continuación.

T 1: Enchapado lateral con envoltura a la mitad, sin bolsa.

T2: Enchapado lateral con envoltura a la mitad, con bolsa

T3: Enchapado lateral con envoltura como momia (Anexo 8).

T4: Púa Terminal con envoltura a la mitad más bolsa (Anexo 8).

T5: Púa Terminal con envoltura como momia (Anexo 8).

T6: Púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm® (Anexo 8).

T7: Enchapado Lateral con envoltura a la mitad más Parafilm® (Anexo 8).

Según Nuila y Mejia (1990), el modelo estadístico para este diseño se presenta con la formula siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = característica bajo estudio observando en la parcela "j" y donde se aplico el tratamiento "i"

μ = **Media experimental**

τ_i = **Efecto del tratamiento i.**

ε_{ij} = **Error experimental de la celda**

Supuesto del modelo= $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

3.4.3 Porcentaje de prendimiento.

Se obtuvieron dividiendo el número de plantas donde el injerto tuvo éxito entre el total de plantas por cada tratamiento y multiplicándolo por 100. (Por regla de tres).

$$\text{Prendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas sobrevivientes}}{\text{Total de plantas del tratamiento}} \times 100$$

3.4.4 Grados días desarrollo.

Para la obtención de los datos de la variable GDD, se utilizó las temperatura medias diarias, tomados como referencia proporcionadas por el SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales); para la temperatura base del cultivo se tomó como criterios la temperatura base de los trópicos la cual es de 12°C, la toma de dato se realizó diariamente desde que se injerto hasta el momento del prendimiento del mismo, se calcula asumiendo que a una temperatura (Ti) un organismo emplea un número de días para completar una etapa determinada de su desarrollo, y que a una temperatura base (Tb) deja de haber crecimiento; con ello obtenemos la constante térmica (GDD) que es la cantidad de calor necesaria para que un organismo complete una etapa de su fenología, para lo cual se utilizó la formula siguiente:

$$\text{GDD} = \sum (T_i - T_b).$$

Dónde:

GDD= constante térmica en grados días de desarrollo

Ti= Temperatura promedio

Tb= Temperatura base del cultivo

Ramírez, AD. 2014. Datos climatológicos (Entrevista). SV SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales)

3.4.5 Altura de la planta e incremento de altura.

La altura de la planta se comenzó a medir desde el momento de la injertación hasta los 120 días posterior a la misma, se tomó la altura inicial con una cinta métrica; realizándose mediciones cada semana, luego cada 15 días y finalmente a los 30 días. Para determinar el incremento absoluto de la planta, se evaluó por la diferencia del último muestreo realizado menos el primer y se expresó como incremento de altura (Figura 3).

3.4.6 Diámetro de tallo e incremento del diámetro.

Esta variable se midió con un Vernier o pie de Rey, tomando el diámetro del injerto y el incremento total del diámetro, esto se realizó cada semana después de la injertación; haciendo un total de siete muestreos cuya unidad de medida fue dada en milímetros. El

incremento se tomó por la diferencia obtenida del último muestreo menos el primero (Figura 2).

3.4.7 Número de hojas del injerto e incremento de hojas

Se realizó mediante el conteo manual de las hojas, cada 21 días a partir del momento de la aparición de las primeras hojas las cuales muestren un color café oscuro.

3.4.8 Área foliar

La medición de esta variable se realizó mediante un muestreo destructivo con un integrador de área foliar marca LICOR, modelo LI-3100, seleccionaron las hojas que presentaron madurez fisiológica y se tomaron las lecturas expresadas en cm^2 , esta variable se determinó a los 120 días posterior al prendimiento de las varetas todo esto se realizó de una manera destructiva de la planta (Figura 2).

3.4.9 Peso fresco de hojas, tallos y raíz.

Se tomó una planta por tratamiento y en cada una de las repeticiones, las plantas fueron seleccionadas al azar. Para hacer uso de la raíz completa, se lavaron con agua hasta que se retiró todo el sustrato y cualquier materia extraña que pudiera producir error en la lectura. En cuanto a las muestras de hojas se seleccionaron aquellas completamente maduras de cada muestra, de igual forma se hizo para el tallo. El peso fresco de cada muestra se determinó con una balanza semi-analítica (Figura 2).

3.4.10 Peso seco de hojas, tallo y raíz.

Para la toma de datos de hojas, tallos y raíces después de tomar el peso de las muestras en fresco se colocaron en la estufa dentro de bolsas de papel perforado durante un período de 24 horas y a una temperatura constante de 72°C , transcurrido el tiempo se procedió a pesar la muestra seca y el resultado fue expresado en gramos; todo lo anterior se realizó a los 120 días después del prendimiento del injerto realizando un muestreo destructivo de la planta (Figura 2).

3.4.11 Peso específico de hojas.

Se calculó dividiendo el peso seco de las hojas entre el área foliar de la hoja; cuya unidad de medida estuvo dada en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, expresándose de esta manera la ganancia fotosintética por cm^2 del tejido foliar. Todas las hojas por tratamiento y la variable fueron medidas a los 120 días posterior a la unión del injerto con el porta injertó.

3.4.12 Volumen de tallo.

Para determinar el volumen del tallo se realizó con una probeta con capacidad de 1000 ml conteniendo 800ml de agua destilada y sobre ella se sumergió el tallo completo de una planta, obteniendo por el desplazamiento del líquido el volumen del tallo; este se expresó en centímetros cúbicos. Esta variable fue registrada a los 120 días posteriores a la injertación.

3.4.13 Volumen de raíz.

Para determinar el volumen de la raíz se realizó dejando completamente desnuda la raíz sin tallo y se utilizó una probeta con una capacidad de 1000 ml al cual se le agregó 800 ml de agua destilada sobre la cual se sumergió la raíz completamente, obteniendo por el desplazamiento del líquido el volumen de la raíz esta fue expresada en centímetros cúbicos. Esta variable fue tomada a los 120 días posteriores a la injertación y por muestreo destructivo.

3.4.14 Longitud de raíz.

Esta variable fue tomada del cuello del tallo hasta la zona más distante de la raíz central, utilizando una cinta métrica; se utilizó una planta por tratamiento y se determinó a los 120 días posteriores de la injertación (Figura 2).

3.5 Análisis Económico.

Para este análisis económico de la investigación, se aplicó la Metodología de extensión agrícola comunitaria para el desarrollo sostenible (1996), el cual se basa en el análisis parcial, el análisis de dominancia y de la tasa de retorno marginal, los cuales se detallan a continuación.

3.5.1 Análisis Parcial.

En este análisis se determinan los siguientes aspectos:

- Cálculo de los costos que varían para cada tratamiento.
- Cálculo del rendimiento promedio por tratamiento.
- Ajuste del rendimiento al 10%(inferior).
- Cálculo del precio de campo del cultivo y multiplicado por los rendimientos ajustados para obtener beneficios brutos de campo de cada tratamiento.
- Diferencia total de costos que varían con los beneficios brutos de campo para obtener los beneficios netos y completar con estos el presupuesto parcial.

3.5.2 Análisis de Dominancia.

Se efectuó el análisis de dominancia, para lo cual se ordenaron los tratamientos de menor a mayor con el total de los costos que varían. Luego se determinó los tratamientos dominados que fueron los que presentaron beneficio neto menores o iguales a los de un tratamiento de costo que varían más bajos.

3.653 Tasa de Retorno Marginal.

Se expresó en porcentaje para los tratamientos que no son dominados, esto con la finalidad de obtener los beneficios netos de un tratamiento y recuperar la cantidad invertida. Dicha relación se expresa de la siguiente manera.

$$\text{T.R.M.} = \frac{\text{Beneficio Neto Marginal}}{\text{Costos Marginales}} * 100$$

Dónde:

Beneficio neto marginal: es el incremento en los beneficios que resulten de una unidad de producto.

Costo marginal: es el incremento en costo que resulta del incrementó de una unidad de producción



Figura 2: Medición de variables de crecimiento y fisiológicas de la Tesis denominada: “Evaluación de diferentes técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento, en fase de vivero”

- a) Medición de altura.
- b) Medición de diámetro.
- c) Medición de área Foliar.
- d) Toma de peso fresco de hojas.
- e) Toma de peso seco de hojas.
- f) Medición de longitud de raíz.

3.6 Metodología de laboratorio.

3.6.1 Cortes histológicos

Se hicieron cortes histológicos para verificar la anatomía del injerto a los 120 días después del injerto, y se hicieron cortes transversales en la región donde se forma la unión entre el patrón e injerto, esta actividad se realizó en cada uno de los tratamientos en estudio; los cortes se hicieron con un bisturí, obteniéndose una delgada porción del material vegetativo, el cual se colocó en el portaobjetos y se aplicó agua destilada para observar xilema, floema y la formación de la unión, la muestra se observará con el objetivo 10x de un microscopio compuesto apoyados de un estereoscopio.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Variable de prendimiento y Grados Días Desarrollo (GDD).

La variable porcentaje de prendimiento presentó diferencias significativas en la primera injertación, siendo el injerto enchapado lateral con envoltura a la mitad bolsa de polietileno (charamusca) (T₂) , púa terminal más bolsabolsa de polietileno (charamusca) (T₄) los que mostraron mayor porcentaje de éxito como lo muestra el Cuadro 1 y Figura 3.

El efecto de las pérdidas totales de los tratamientos pudo estar relacionado con la falta de preparación de las varetas principalmente ocho días antes y la no aplicación de un fungicida. Ya que algunos tratamientos tenían posibilidad de éxito pero no lograron sobrevivir porque la vareta ya tenía hongo y se desarrollo con facilidad con las condiciones climáticas en la zona donde se reportaron temperaturas promedios de 24.3 c°, teniendo una temperatura máxima de 31.3 c° y una temperatura mínima de 20.2 c° (Figura 4), presentando una alta humedad relativa de 160.0 % (Figura 5) y presencia de viento de 10.0 km.h-1 (Figura 6) datos climatológicos de la estación meteorológica de Ilopango; factores que pudieron provocar el desarrollo del hongo y el efecto de pudrición en el área de unión entre la vareta y el portainjerto. Para confirmar lo antes mencionado se realizó un análisis fitopatológico en los injertos que murieron, en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador; esto permitió identificar a *Botriodiplodiasp* como causal de la muerte. Romero y Moreno (2012), encontraron importantes pérdidas de plantas de vivero, principalmente en Injerto de Aguacate Hass utilizando chute como portainjerto teniendo un 70% de pérdidas por el agente fitopatogeno (*Botriodiplodiasp*) (Anexo 6).

En la segunda injertación se presentó diferencias significativas, siendo el injerto enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsabolsa de polietileno (charamusca) (T₂) , púa terminal más bolsa (T₄) y púa terminal con envoltura a la mitad más parafilm® (T₆) los que mostraron mayor porcentaje de éxito como lo muestra Figura 3. El éxito en el prendimiento en esta injertación fue mayor hasta un 70% que la primera esto se debe a la preparación de las varetas ocho días antes y la aplicación de fungicidas al momento de injertación no permitiendo que el hongo se desarrollara mejorando así el éxito. También la modificación de los tratamientos le crea un ambiente adecuado alrededor de la unión del injerto para que conserve una elevada humedad ya que el nuevo tejido de callo que se origina en la región cambial está formado por células de pared delgada, y turgentes que con facilidad pueden secarse y morir. Hartmann y Kester (1997), también indican que las

células de pared delgada, en condiciones de humedad y temperatura relativa elevadas proporcionan un medio favorable para el desarrollo de hongos y bacterias, que son bastante perjudiciales para la formación exitosa de la unión.

En cuanto a la variable Grados Días de Desarrollo (GDD) no se encontró diferencias significativas en la primera injertación pero si en la segunda. Al analizar según la prueba de Tukey las medias de la segunda injertación (Figura 5) (anexo 3) se determinó que el púa terminal con envoltura a la mitad más parafilm® (T₆) fue el tratamiento que necesito menos unidades calor expresadas como (GDD), para que el injerto brotara (prendimiento total). Avilán citado por Romero y Moreno (2012) mencionan que los (GDD) son el método más aceptable para predecir el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas, logrando de ésta manera determinar el período de tiempo y las condiciones climáticas necesarias para el desarrollo de un evento fenológico específico. Entendiendo esta situación como el tratamiento cuyo injerto necesito entre 200-250 GDD, que traducido en días son aproximadamente 20-30 días para que éstos brotaran, ya que entre menos unidades calor necesite la planta los días a brotacion serán menos.

PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO (%).

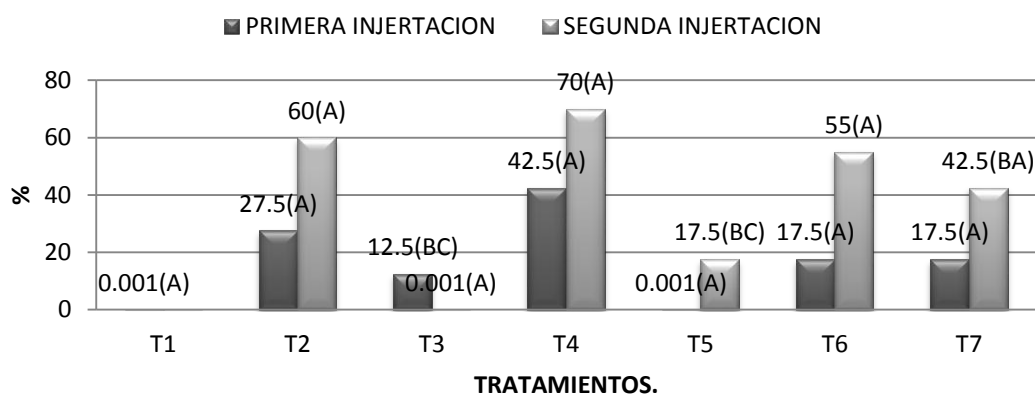


Figura 3. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable porcentaje de prendimiento.

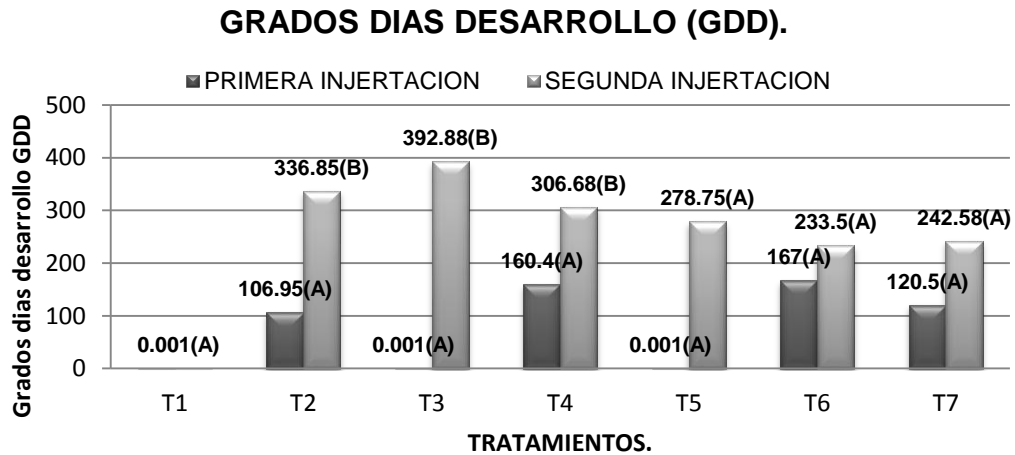


Figura 4. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable Grados Días Desarrollo.

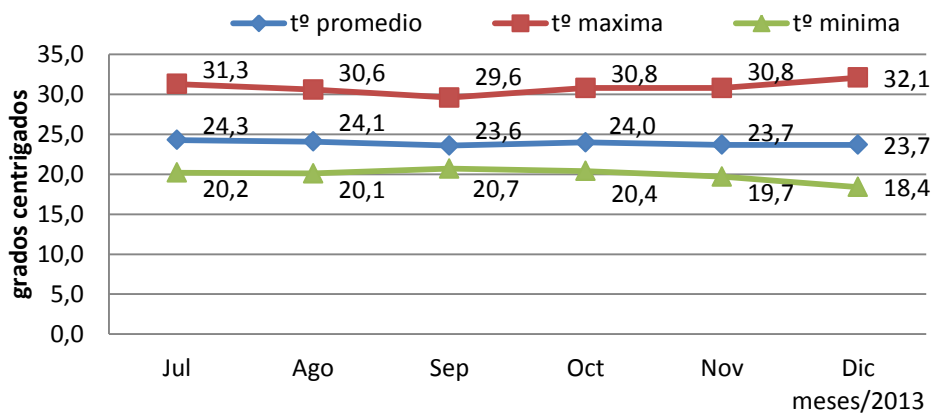


Figura 5. Promedio mensual de temperatura media, máxima y mínima durante el periodo de julio a diciembre de 2013 de la estación meteorológica Ilopingo.

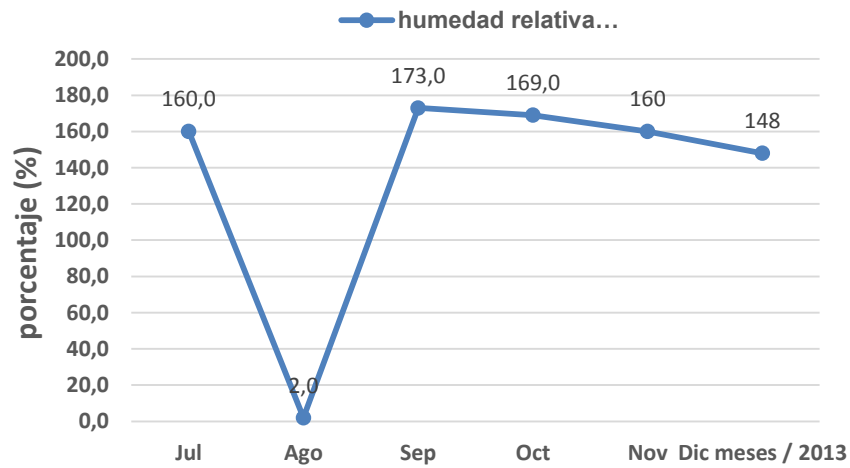


Figura 6. promedio de humedad relativa durante el periodo de julio a diciembre de 2013 de la estación meteorológica Ilopango.

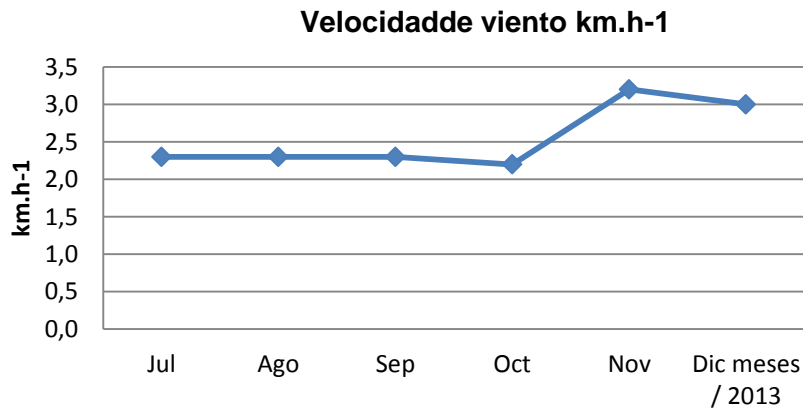


Figura 7. promedio de velocidad del viento durante el periodo de julio a diciembre de 2013 de la estación meteorológica Ilopango.

Variables de crecimiento.

Para la evaluación de las variables de crecimiento se realizaron siete muestreos cada quince días a partir de los 30 días posteriores a la injertación.

4.2.1 Altura del injerto y Crecimiento absoluto.

La variable altura comenzó a presentar diferencias altamente significativas desde el primer muestreo (45 después del injerto días después del injerto), siendo el púa terminal con envoltura a la mitad mas bolsa de polietileno (T₄) y púa terminal con envoltura a la mitad más vareta envuelta con parafilm®(T₆) los tratamientos con un mayor incremento de altura, con 8.19cm y 8.64cm respectivamente en comparación a los demás tratamientos, y los primeros en brotar y comenzar a crecer (Figura 8). El crecimiento absoluto de la altura, mostró también diferencias significativas, encontrando los tratamientos: púa terminal con envoltura como momia (T₅) con un incremento de 8.14 cm y púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (charamusca) (T₆) con valores superiores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de tukey. Diferencia de medias como efecto del prendimiento de diferente técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*), en la variable de altura.

TRAT	45 ddi	**	60 ddi	**	75 ddi	**	90 ddi	**	105 ddi	**	120 ddi	**
T2	33.27	BC	31.66	B	32.88	B	34.63	D	34.63	D	36.40	BC
T3	33.62	BC	29.44	B	30.29	B	26.00	B	26.00	B	27.25	C
T4	51.45	A	51.57	A	52.60	A	55.57	A	55.57	A	58.50	A
T5	42.85	BA	45.50	A	47.79	A	52.29	A	52.29	A	51.04	BA
T6	49.81	A	52.63	A	53.64	A	60.77	A	60.77	A	60.47	A
T7	31.79	C	32.13	B	33.51	B	35.27	B	35.27	B	35.27	BC

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5%

CRECIMIENTO ABSOLUTO DE ALTURA (Δ).

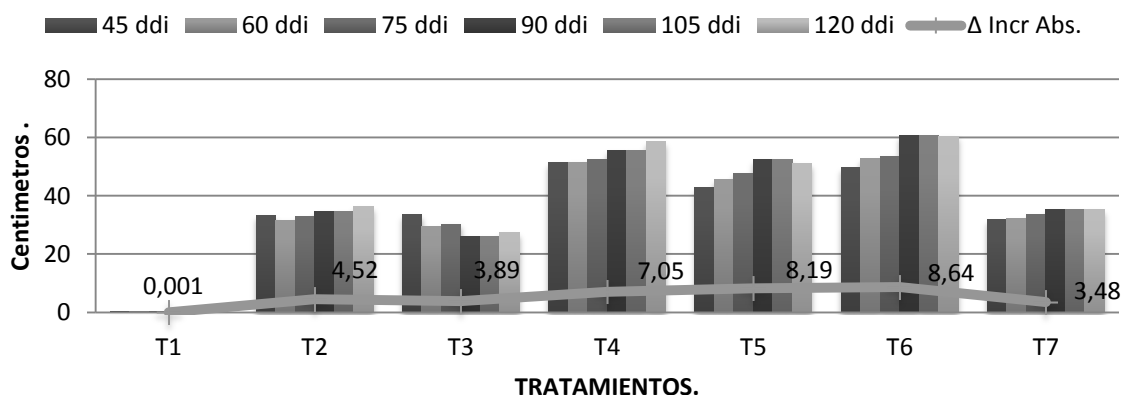


Figura 8. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable altura del injerto e incremento absoluto.

4.2.2. Diámetro del injerto e incremento absoluto.

La variable diámetro del injerto no presentó diferencias estadísticas significativas en ninguno de los muestreos, pero al analizar el incremento absoluto del diámetro del injerto de cada tratamiento, se encontró diferencias significativas, lo injertos de púa terminal envuelto como momia (T₅) con mayor crecimiento del diámetro, ya que la envoltura de plástico evita que las células vegetales se deshidraten (Figura 9).

DIAMETRO E INCREMENTO ABSOLUTO (Δ).

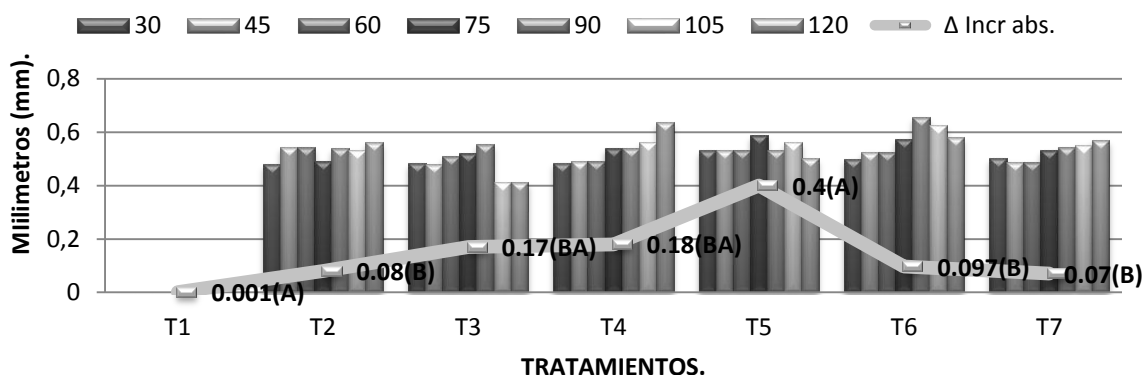


Figura 9. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable incremento Absoluto del diámetro injerto.

4.2.3 Número de hojas e incremento absoluto.

La variable número de hojas comenzó a presentar diferencias altamente significativas desde el primer muestreo (30 ddi); siendo el tratamiento púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (charamusca) (T₄) y púa terminal con envoltura a la mitad más vareta con parafilm® (T₆) los que a partir del quinto muestreo (90 ddi) produjeron la mayor cantidad de hojas; mientras que el tratamiento que presentó menor número de hojas fue enchapado lateral envuelto como momia (T₃) (Anexo 3). Con respecto al incremento del número de hojas, se encontró diferencias significativas entre las medias los tratamientos siendo el púa terminal con envoltura a la mitad más vareta con parafilm® (T₆) el que mostró el mayor incremento del número de hojas (Cuadro 2) y (Figura 10).

Según Azcón y Talón (2003) la emergencia de las hojas se asocia a un aumento en la producción de Etileno, probablemente hay acumulación de etileno dentro de la bolsa y el parafilm®, mientras en que en el tratamiento amarrado como momia no hay acumulación de etileno.

En el análisis de correlación demostró que existe una correlación positiva entre número de hojas y altura del injerto ($r=0.848$), es decir que a medida aumente la altura del injerto va aumentando el número de hojas (Anexo 5).

Cuadro 2: Prueba de Tukey. Diferencia de medias como efecto del prendimiento de diferentes técnicas de injerto en cacao, en la variable número de hojas.

TRAT.	30 ddi	**	45 ddi	**	60 ddi	**	75 ddi	**	90 ddi	**	105 ddi	**	120 ddi	**
T2	1.00	CB	2.34	BA	2.40	B	3.97	BC	5.12	BA	6.14	BA	6.31	B
T3	0.00	C	0.00	C	0.50	B	1.50	DE	2.25	BC	3.75	BC	2.87	C
T4	6.08	A	5.56	A	5.37	A	6.05	BA	7.21	A	8.02	A	11.14	A
T5	1.00	CB	1.00	C	1.50	B	4.80	BC	4.46	BA	6.14	BA	6.67	B
T6	3.00	B	5.12	BA	6.10	A	7.45	A	7.39	A	8.52	A	10.86	A
T7	0.00	C	1.50	BC	2.21	B	3.00	DC	3.81	B	5.48	BA	6.39	B

** Altamente significativo al 1%

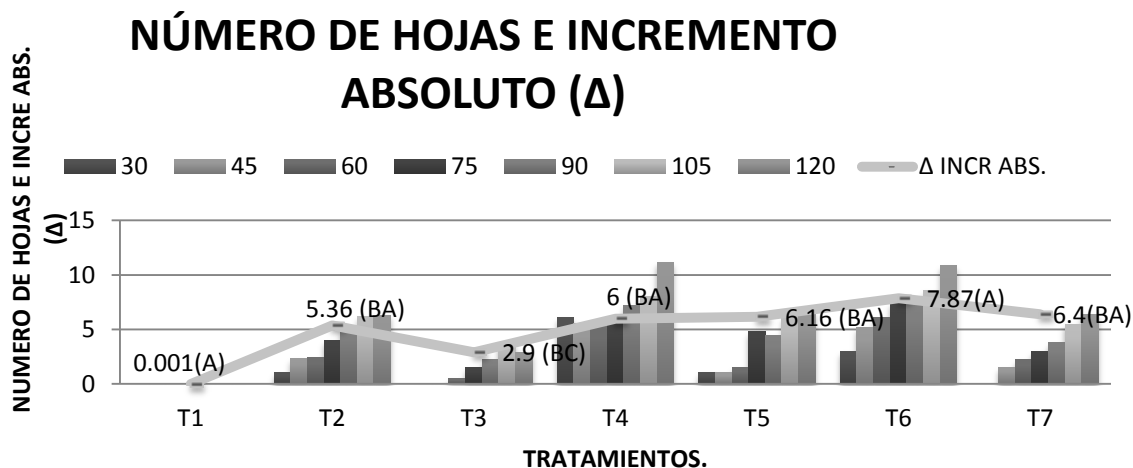


Figura 10. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable incremento Absoluto del número de hojas del injerto.

4.2.4 Número de brotes e incremento absoluto (Δ).

La variable número de brotes comenzó a presentar diferencias altamente significativas desde el primer muestreo (30 ddi); siendo los tratamiento mitad más bolsa de polietileno (charamusca) (T₄) y púa terminal con envoltura a la mitad más vareta con parafilm® (T₆) los que produjeron la mayor cantidad de brotes (Anexo 3), además los primeros

tratamientos en activar las yemas apicales de la vareta y generar brotación; estos por ser de injerto de púa terminal tienen mayor contacto entre los cortes de portainjerto e injerto entonces podemos decir que hay un aprovechamiento mayor de las reservas de las varetas en el proceso de brotación; y la nutrición del portainjerto influye directamente en la distribución de estos a la vareta, mientras los tratamientos que presentaron menor número de brotes fueron T₃ y T₅. Hartman y Kester (1997) mencionan que también hay actividad cambial por el estímulo de auxinas y giberelinas producidas en las yemas de crecimiento; el uso de la técnica de injertación adecuada para una buena unión del injerto y evitar las contaminaciones con patógenos.

Al analizar el incremento absoluto de brotes de cada tratamiento, se encontraron diferencias significativas y se observó que el injerto de púa terminal envuelto a la mitad más parafilm® (T₆) mostró un mayor incremento en esta variable (Cuadro 3) y (Figura 11). El análisis de correlación demostró que existe una alta correlación positiva entre el número de hojas y el número de brotes ($r=0.87$) (Anexo 5), siendo evidente que por cada brote se genera un número determinado de hojas.

Cuadro 3: Prueba de Tukey. Diferencia de medias como efecto del prendimiento de diferentes técnicas de injerto en cacao, en la variable número de brotes.

** Altamente significativo al 1%

TRAT.	30 ddi	**	45 ddi	**	60 ddi	**	75 ddi	**	90 ddi	**	105 ddi	**	120 ddi	**
T2	5.250	BAC	7	BAC	9	BC	10.000	BA	12.500	BA	12.500	BA	11.250	B
T3	1.001	DC	2.500	BDC	2.500	DE	2.250	C	3.250	DC	2.000	DC	2.250	C
T4	8.750	A	13.250	A	14.250	A	15.000	A	14.250	BA	12.500	BA	14.75	A
T5	1.250	BDC	1.750	DC	2.500	DE	3.250	C	4.500	DC	3.750	BDC	4.000	B
T6	6.250	BA	8.750	BA	12.750	BA	12.250	BA	15.750	BA	15.750	A	15.750	A
T7	3.000	BDC	4.250	BDC	7.500	DC	9.250	B	8.500	BC	9.250	BAC	9.500	B

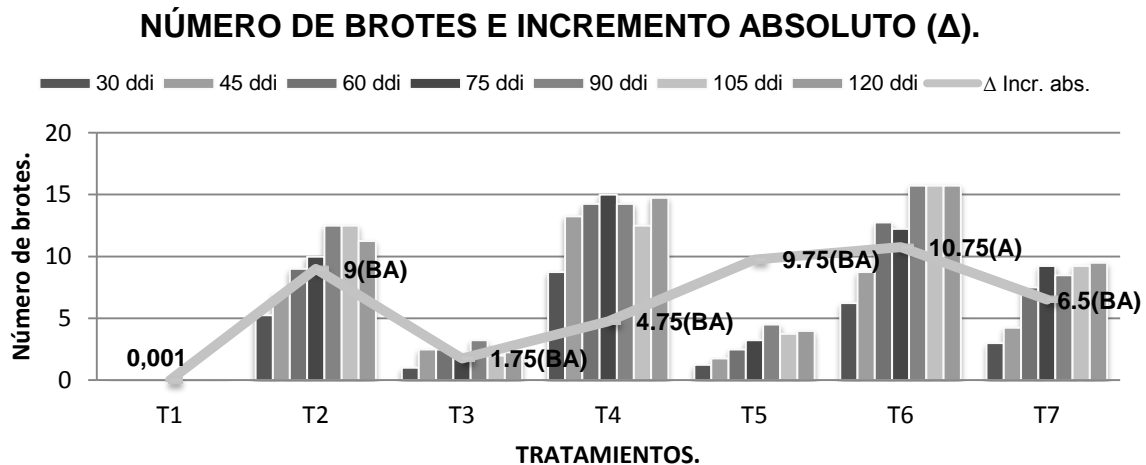


Figura 11. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable incremento Absoluto del número de brotes del injerto.

Las variables de crecimiento evaluadas mostraron diferencias en los tratamientos de púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa y púa terminal con envoltura a la mitad más parafilm® (T₄ y T₆) (Anexo 3); ya que se interrumpe el crecimiento del portainjerto y todos estos nutrientes se dirigen al crecimiento y desarrollo de la vareta, produciendo mayor número de hojas y brotes. En cambio el injerto de enchape lateral muestran menores valores ya que los nutrientes que se mueven de abajo hacia arriba se dividen entre el portainjerto y la yema.

4.3 Variables fisiológicas

4.3.1 Área Foliar

La variable área foliar no presentó diferencias significativas, sin embargo al analizar las medias los tratamientos: púa terminal con envoltura a la mitad más bolsas de polietileno (charamusca) (T₄) y púa terminal con envoltura a la mitad con vareta con parafilm® (T₆) mostraron la mayor ganancia de área foliar debido a que la envoltura en la que se sometieron estos tratamientos le dan la ventaja con los demás ya que la bolsa de polietileno crea un ambiente adecuado para la vareta y evita la deshidratación y además la técnica de púa tiene la cualidad que al realizar el decapitado este detiene el movimiento de los nutrientes lo cual cuando se coloca la vareta este absorbe directamente los nutrientes que el patrón estaba procesando, estos tratamientos se sometieron a preparación de varetas ocho días antes, lo que sucede es que cuando se preparan las

varetas en ese lapso de ocho días o más primero ocurre una promoción de ácido acético al quitar la hoja que es el que determina que el peciolo caiga en el punto de unión de la vareta, al caerse todos los nutrientes carbohidratos que están llegando a toda la planta, estos empiezan a subir a la parte apical para que la vareta vuelva a brotar, con esta preparación lo que se trata es al cortar la vareta en ocho días y se presen con el injerto es que exista una conexión vascular entre el portainjerto con la vareta y con la acumulación de carbohidratos y otros nutrientes de por resultado un mayor número de hojas por ende mayor área foliar (Figura 12) y (Anexo 4). Garcidueñas citado por Puente (2009) mencionan que el área foliar es el factor que determina la diferencia en el rendimiento y la asimilación neta de nutrientes. Todos los cultivos tanto anuales como perennes, tienen ciclos de vida afectados por factores del ambiente y el fotoperíodo; a lo largo de ese ciclo de vida la cantidad de área foliar activa varía enormemente así como la eficiencia en el uso de luz (Dogliotti s.f).

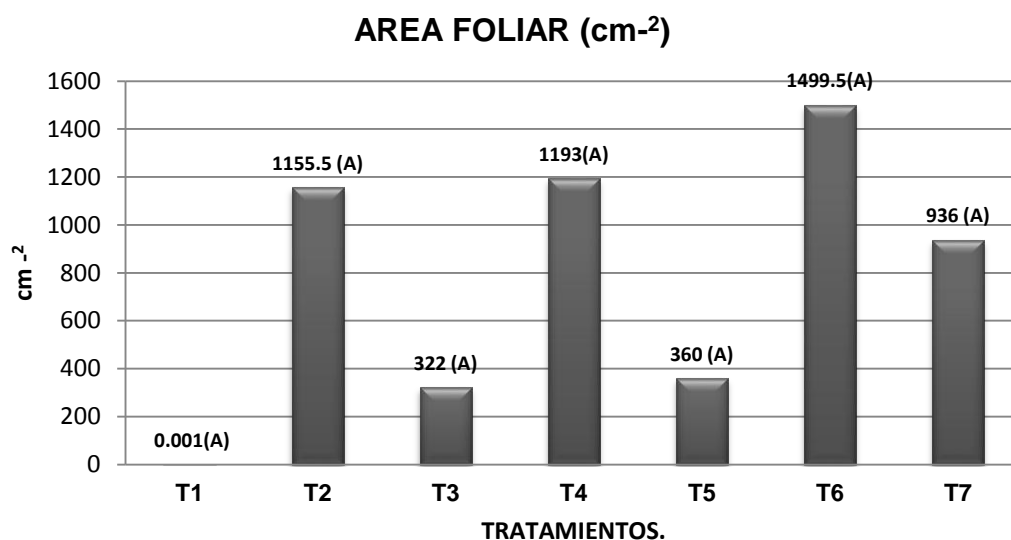


Figura 12. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable Área Foliar de la hoja.

4.3.2 Peso fresco y seco de hoja.

En cuanto al peso fresco de las hojas hubo diferencia altamente significativa mientras que el peso seco no (Figura 13). Aunque el peso seco no presentó diferencias estadísticas, el análisis de correlación ($r=0.98$) (Anexo 5) fue muy alto, lo que indica su estrecha asociación, continuando la tendencia de superioridad de ambos tratamientos en las

variables fisiológicas relacionadas a las hojas, lo que significa que a mayor área foliar habrá más ganancia de peso.

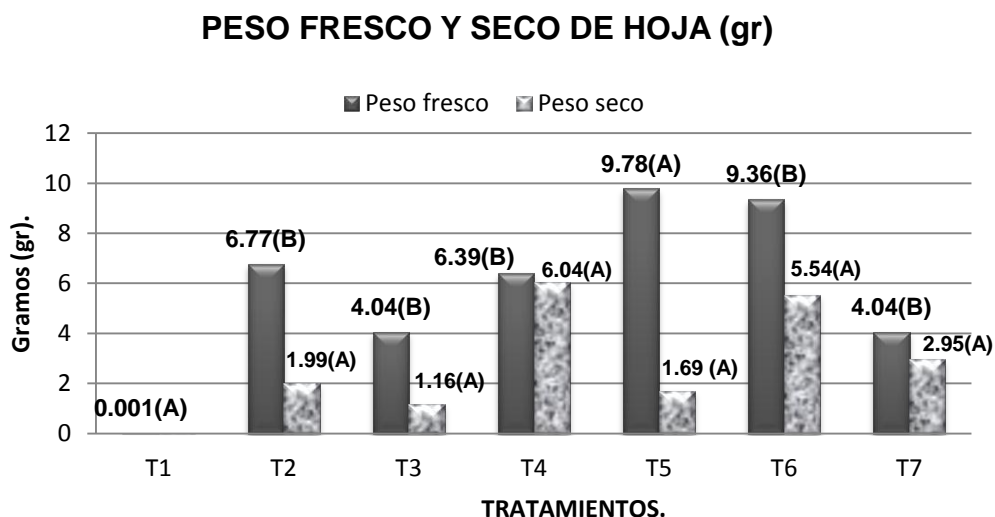


Figura 13. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable Peso fresco y seco de la hoja.

4.3.3 Peso específico de hoja.

En El peso específico de la hoja (PEH) no se presentó diferencias significativas sin embargo con la medias se determina que los tratamientos (T₄) y púa terminal con envoltura como momia (T₅) presentan mayor ganancia de peso específico de la hoja (Anexo 4)(Figura 14).

El peso específico de la hoja determina la cantidad relativa de tejido fotosintético tomando como base el peso de materia seca por unidad de área foliar, además de la ganancia de materia seca de la fotosíntesis el cual es afectado por la intensidad y duración de la luz, puede ser utilizada como una forma sencilla de medir fotosíntesis en plantas leñosas Marini y Sowers, citado por Miramontes (2011)

En el análisis de correlación demostró que existe una correlación positiva alta entre PEH y el número de hojas ($r=0.81$) PEH y el prendimiento ($r=0.94$) (Anexo 4), esto explica porque esos tratamientos tuvieron mayor éxito y una acumulación de reservas .Esta correlación es de mucha importancia porque entre mayor es el área foliar, la capacidad de producción de fotosintatos es mayor por causa del mayor peso específico de la hoja.

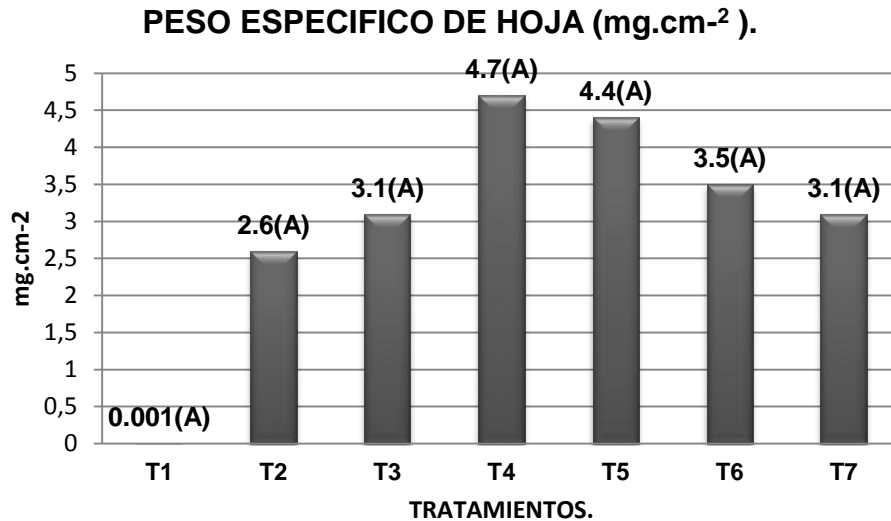


Figura 14. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable peso específico de la hoja.

4.3.4 Peso fresco, seco y volumen de tallo.

Las variables peso fresco y seco de tallo no presentaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos en estudio; sin embargo en la figura 15 y anexo 4 se observan dos tratamientos con mayor peso en el tallo que fueron: púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (T₄) y púa terminal con envoltura a la mitad más vareta con parafilm® (T₆).

En el análisis de la correlación, la variable peso fresco del tallo presentó alta correlación positiva con crecimiento de número de hojas ($r = 0.96$), el incremento de altura ($r = 0.89$), peso específico de la hoja de ($r = 0.78$) teniendo estos una relación de crecimiento directo con el peso seco de la hoja ($r = 0.76$) y peso seco de tallo ($r = 0.97$) (Anexo 5).

Confirmando el rol del follaje en la producción de fotosintatos ya que el tallo es reserva de estos, Villar *et al.* (s.f), mencionan que las plantas necesitan absorber energía procedente de la luz, a través de las hojas, para sintetizar los compuestos orgánicos en el tallo, que redundarán en un aumento de biomasa con el tiempo, es decir en su crecimiento.

Por otra parte la variable peso seco del tallo mostro una correlación positiva con incremento absoluto de hoja ($r = 0.93$), longitud de la raíz ($r = 0.93$) peso específico de hojas ($r = 0.86$) peso seco de hojas ($r = 0.80$) (Anexo 5) lo que demuestra una relación de crecimiento directa de la hoja que es donde se empieza la producción de fotosíntesis, como producto de la conversión de la energía lumínica y su respectivo almacenamiento

en los órganos de reserva como lo es el tallo. Resultados similares obtuvieron Guardado y Salinas (2009) en injertos con la técnica de enchapado lateral en marañón.

La variable relacionada con el volumen del tallo no mostro diferencias significativas para ninguno de los tratamientos en estudio en la figura 16 se observa que el tratamiento enchapado lateral con envoltura a la mitad mas bolsa de polietileno (charamusca) (T₂) mostro un mayor volumen de tallo con respecto al resto de los tratamientos y el púa terminal con envoltura a la mitad mas bolsa de polietileno (charamusca) (T₄) presento el menor volumen de tallo (Anexo 4).

Al realizar el análisis de correlación, la variable volumen de tallo presento correlación altamente positiva con incremento absoluto de hoja ($r= 0.79$) y peso seco de tallo ($r= 0.79$) (Anexo 4), lo que implica que a mayor sea el área radicular mayor será el volumen del tallo y hoja para tener mayor producción de fotosintatos. (Bidwell R.G.. 1979). Según Villar *et al.* (s.f) menciona que existe por tanto, un compromiso para la planta entre una mayor asignación de biomasa a hojas, con la consecuente mayor capacidad para captar luz y dióxido de carbono, redundando en su mayor tasa de crecimiento o bien, en una mayor asignación de biomasa a las raíces, consiguiendo así captar más agua y nutrientes minerales del suelo.

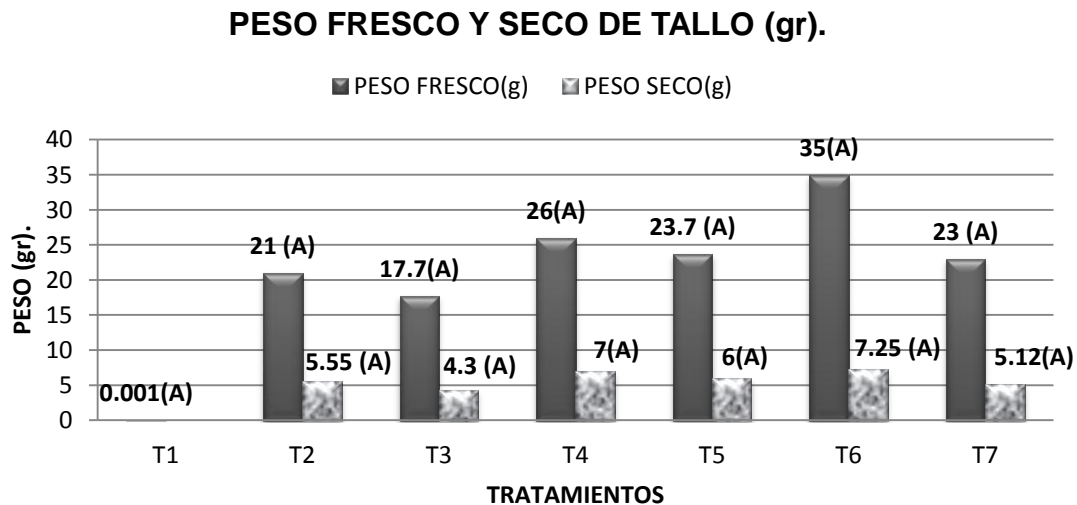


Figura 15. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable peso fresco y seco de tallo.

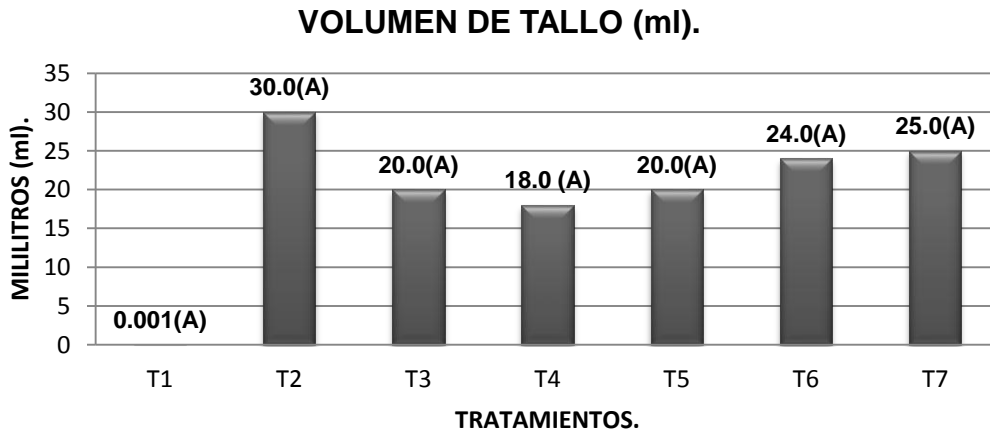


Figura 16. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable volumen de tallo.

4.3.5 Peso fresco, seco, longitud y volumen de raíz.

En las variables de peso seco, fresco (Figura 17), longitud (Figura 18) y volumen de raíz (Figura 19)(Anexo 4) no se encontraron diferencias significativas para los análisis de correlación de peso fresco de raíz el enchapado lateral con envoltura a la mitad más varetta con parafilm® (T₇) obtuvo la menor media en comparación del resto de los tratamientos. Para el peso seco el análisis de correlación demostró que existe una correlación positiva entre peso fresco de raíz y peso seco de raíz ($r= 0.93$), para la longitud el análisis de correlación demostró que existe una alta correlación positiva entre la longitud de la raíz con número de hojas($r= 0.89$), altura del injerto($r = 0.86$), peso seco de tallo($r=0.93$) y peso específico de hoja ($r=0.82$) y para el volumen el análisis de correlación, la variable volumen de raíz presentó una alta correlación positiva con volumen de tallo ($r=0.93$), al igual con el número hojas ($r=0.83$), número de brotes ($r= 0.87$), y peso seco de la hoja ($r=0.80$) (Anexo 5).

En esta etapa a los 120 días después de injertada difícilmente habrá un efecto directo de los injertos en las variables de raíz, podría detectarse más adelante. Puede haber diferencia después de un año no en este periodo de evaluación. La porción injertada se desarrolla gracias al suministro de alimentos por parte del sistema radicular del patrón, cuando esto sucede se dice que el injerto ha soldado o prendido, es decir, entre los tejidos del patrón y el injerto, se ha establecido una continuidad perfecta, que permite la libre circulación de la savia y el desarrollo de la yema del injerto (Rojas 2004). Las hojas son los productores de fotosintatos (carbohidratos) que ayudarán a la formación de las

nuevas raíces, pero además éstas son productoras de otras sustancias que afectan directamente la formación de raíces como por ejemplo las auxinas (Davies, 1999). Según Alarcón, citado por Romero y Moreno (2012) menciona que el buen desarrollo del sistema radicular permite un mayor crecimiento de la parte aérea, esto mismo ocurre con los cítricos debidos que al disponer de más raíces absorbentes permite un mayor aprovechamiento de agua y nutrientes.

PESO FRESCO Y SECO DE RAÍZ (gr).

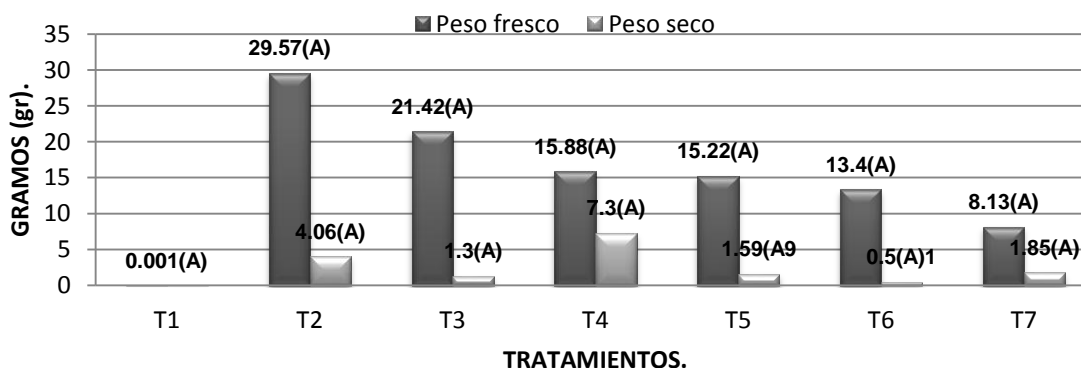


Figura 17. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable peso fresco y seco de raíz.

LONGITUD DE RAIZ (cm).

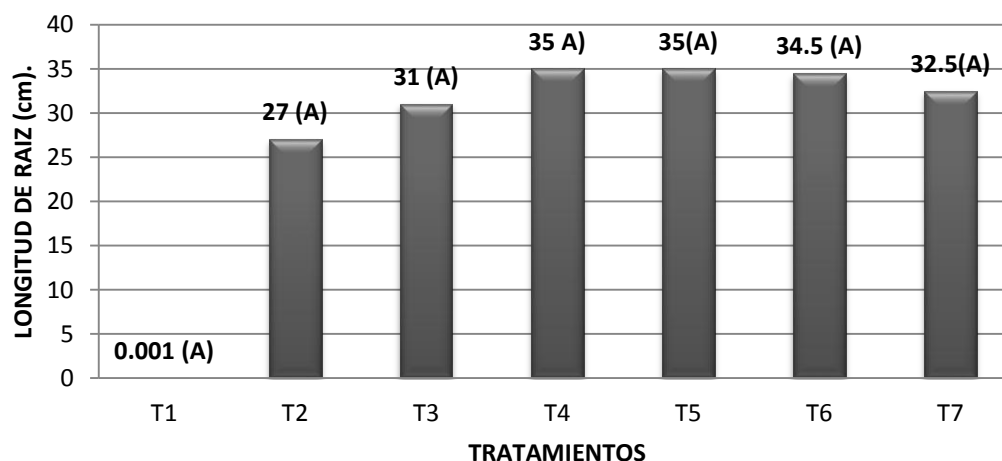


Figura 18. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao L*) en la variable longitud de raíz.

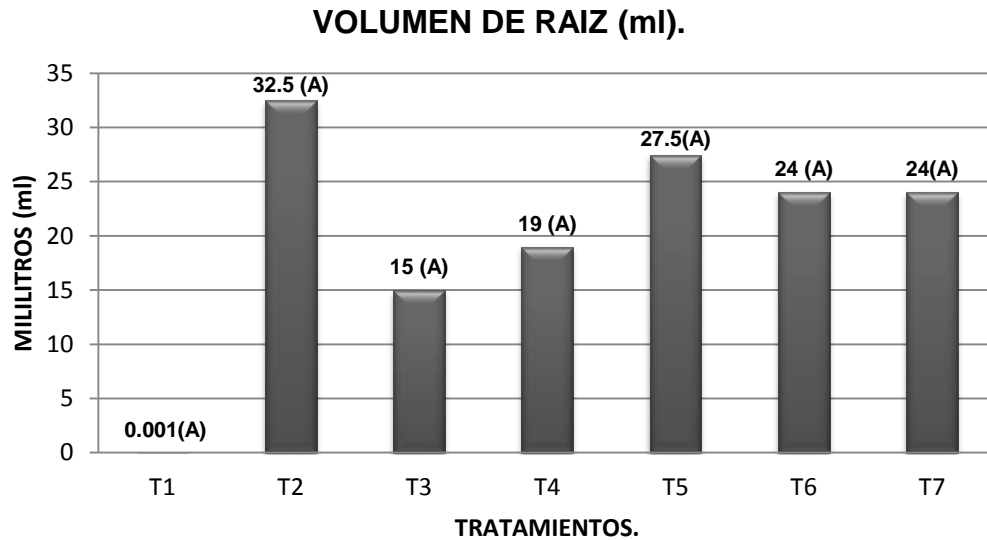


Figura 19. Efecto del prendimiento en diferentes tipos de injerto en cacao en la variable Volumen de raíz.

4.3 ESTUDIO HISTOLÓGICO.

Los cortes se realizaron en trozos de 3 milímetros de grosor los cuales se observaron en microscopio compuesto; estas muestras se encontraban bien desarrolladas y tenía la edad de 120 días después de la injertación. La formación de una unión de injerto puede considerarse como la cicatrización de una herida; en la cicatrización de una unión de injerto, las partes del injerto que originalmente se prepara y colocan en contacto estrecho, no se desplazan en sí mismo o crecen juntas. La unión se forma por completo mediante células que se desarrollan después de que ha efectuado la operación del injerto (Figura 20). Además debe resaltarse que la unión del injerto no se efectúa una mezcla de contenido celulares. Las células producidas por el patrón y la púa conservan cada una de ellas su propia identidad genética (Hartmann y Kester 1997). La habilidad del cámbium de sellar heridas se usa ampliamente en las técnicas de injertos. Las dos partes a injertar son "heridas", se abre la vareta hasta el cámbium, y se prepara el "injerto", que puede ser una yema, o una rama joven. Se las une de manera que el cámbium de la planta madre quede totalmente en contacto con el cámbium del injerto (Figura 21). Cuando las células de ambos cámbium comienzan a dividirse forman un callo y se establece así la continuidad entre ambas partes. (Gonzales, 2011). La producción de células en la región cambial de

ambas partes produce nuevas células de parénquima, formando tejido de callo. Algunas células de parénquima se diferencian a células cambiales que después producen xilema secundario y floema secundario (Ortega, 2011).

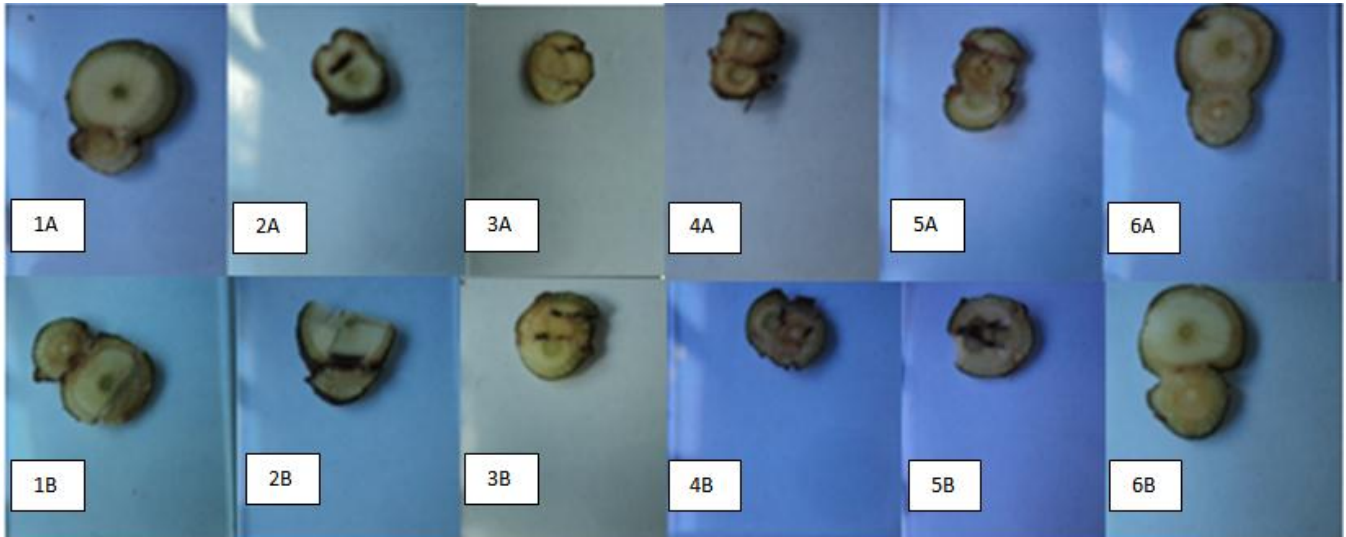


Figura 20. Cortes Histológicos de la unión del portainjerto en los Tratamientos a los 120DDI.

**1A Y 1B=Enchapado lateral con envoltura a la mitad, con bolsa.
2A Y 2B= Enchapado lateral con envoltura como momia
3A Y 3B= Púa Terminal con envoltura a la mitad mas bolsa
4A Y 4B= Púa Terminal envuelto como momia
5A Y 5B= Púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm®
6A Y 6B= Enchapado Lateral con envoltura a la mitad más Parafilm®.**



Figura 21. Cortes histológicos vistos al estereoscopio (160x)

- A = Enchapado lateral con envoltura a la mitad, con bolsa.**
- B= Enchapado lateral con envoltura como momia**
- C= Púa Terminal con envoltura a la mitad más bolsa**
- D= Púa Terminal envuelto como momia**
- E= Púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm®.**
- F= Enchapado Lateral envuelto a la mitad más Parafilm®.**

4.5 Análisis económico del ensayo.

Para la elaboración del análisis se utilizó la metodología de presupuesto parcial (Anexo 7). Indicando que T₄ y T₆ presentaron mayores beneficios netos. Esto debido a que la técnica utilizada en estos tratamientos se obtuvo mayor porcentaje de prendimiento y menores costos (Rodríguez, 1996).

Cuadro 4. Análisis Económico

Tratamiento	C.V	B.N	Dominancia	Tasa de Retorno Marginal
T1	\$0.65	\$ 0.82		1.25
T2	\$0.67	\$ 0.82		1.27
T3	\$ 0.66	\$ 0.84		1.24
T4	\$0.69	\$ 0.86		1.30
T5	\$0.67	\$ 0.83		1.24
T6	\$0.68	\$ 0.85		1.25
T7	\$0.68	\$ 0.85		1.25

Cuando observamos la tabla de dominancia todos los tratamientos poseen diferentes costos variables siendo el injerto enchapado lateral envuelto con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (charamusca) (T₂) y Púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa (T₄) los que presentaron menores costos; ya que en los otros tratamientos generan ingresos pero tienen pérdidas por el menor porcentaje de prendimiento por lo tanto los costos variables son más elevados.

4.6 Análisis marginal.

Se tomó uno de los tratamientos con beneficio netos dominantes (T₄)

$$\text{T.R.M.} = \text{BN/CV} * 100 = (0.84)/(0.65) * 100 = 1.30$$

El dato anterior significa que por cada dólar invertido se recupera ese dólar más \$1.30 dólares.

4.6 Manual de injerto en cacao.

GUIA DE INJERTACION DE CACAO.



Elaborado Por:
Yeni Marcela Ramos.
Ana Teresa Rivas Garcia.
Leticia Beatriz Villalta Cartagena.

OBJETIVOS.

General.

- * **Determinar las técnicas adecuadas para la propagación de plantas injertadas en vivero.**

Específicos.

- * **Conocer el proceso de injertación de plantas de cacao.**

GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*).



El cacao es una planta originaria de América del Sur, del área que comprende la Amazonia (Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela). La domesticación se inició en el sur de México con los mayas, que fue el primer pueblo conocido que se dio cuenta de las valiosas cualidades de la almendra de cacao (Palencia y Galvis, s.f.).

Para que el cultivo del cacao sea más remunerativo en nuestro país, es necesario aumentar la productividad de plantas en vivero ya que se posee un potencial agroecológico ideal para el desarrollo de cacao, el cual es altamente valorado y requerido por el mercado internacional (Pizon Useche et al. 2007).

- * Para la reproducción de plantas de cacao de alto valor genético, en el país se hace necesaria una práctica eficaz y eficiente para su multiplicación y así poder ofrecer plantas de alta calidad a los productores que solo cuentan con plantas provenientes de semillas, dando como resultado una alta segregación.



¿QUE ES INJERTO?.

* Isla y Andrade (2009), explican que es el proceso mediante el cual se propaga una planta sin que intervenga el cruzamiento sexual entre un árbol madre y un árbol padre, es decir un solo individuo es el que da origen a la descendencia lo cual hace que todas las características sean transmitidas por la planta clonada a sus hijos, generando poblaciones de plantas idénticas



* Recomendaciones para un buen prendimiento de la vareta.

- El injertador debe desinfectar sus manos y herramientas con alcohol para evitar contaminación a la planta.
- Utilizar patrones y varetas del mismo grosor y edad.
- Preparar varetas 8 días antes de realizar la injertación.
- Al momento de injertar sumergir las varetas en funguicida.
- Cubrir las varetas con bolsas plásticas y mantener los injertos bajo techo durante los primeros 15 días que corresponde a la etapa de prendimiento y posteriormente bajo sombra moderada de 50% en su fase de endurecimiento y climatización definitiva (Palencia, *et al*, sf).

* MATERIALES Y EQUIPO A UTILIZAR.



- ✓ TIJERA DE PODAR.
- ✓ NAVAJA PARA INJERTACION.
- ✓ CINTAS PLASTICAS.
- ✓ BOLSAS PEQUEÑAS.
- ✓ VARETAS PREPARADAS DE CACAO.

* TIPOS DE INJERTO UTILIZADOS EN CACAO.

ENCHAPADO LATERAL ENVUELTO A LA MITAD MAS BOLSA.



Se hacen dos pequeños cortes a los lados de 4 centímetros de largo y otro corte arriba, sacando una lengüeta. El corte debe de hacerse abajo de la cicatriz de la planta



En la vareta que se va utilizar se corta un bisel con una longitud de 2 a 4 cm



Se coloca la vareta en el patrón dejando en contacto el corte de la vareta con el corte del patrón.



Se amarra con cinta plástica teniendo el cuidado de mantener unida la vareta con el patrón.



Se coloca una pequeña sobre la vareta, y se envuelve con cinta plástica hasta la mitad.

Se retira la bolsa a los 30 días después de la injertación.

PUA TERMINAL ENVUELTO A LA MITAD MAS BOLSA.



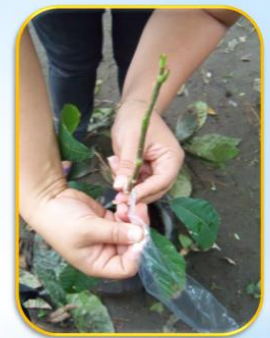
Se realiza un corte del eje principal 25-30cm de altura del patrón.



Se realiza un corte de 2cm en el centro del patrón.



En la parte terminal de la vareta se realizan 2 cortes lisos y en bisel a ambos lados, luego se coloca en el corte que se realizo en el patrón.



Luego se envuelve con cinta plástica hasta la mitad.



Se coloca una bolsa pequeña sobre la vareta y se envuelve con cinta plástica.



Se retira la bolsa a los 30 días después de la injertación.

***Bibliografía.**

Isla Ramírez, E; Andrade Adaniya, B. 2009. Propuesta para el manejo de cacao orgánico. Lima, PE, lettera gráfica. 92 p.

Palencia, G; Galvis Pinzon, I. s.f. Preguntas Sobre Cacao: Cultivo de Cacao. Colombia. s.e. 28 p.

Pinzón Useche, JO; Rojas Ardila, J; Rojas, F. 2007. Guía técnica para el cultivo de cacao. 2 ed. Bogotá, CO, FEDECACAO. 186 p.

V. CONCLUSIONES.

La variable prendimiento en enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa, púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa y con envoltura a la mitad más parafilm® presentaron diferencias significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

Los resultados obtenidos fueron positivos y confiables en injerto de cacao, en fase de vivero, determinándose que en las dos técnicas y sus modificaciones existe afinidad y compatibilidad comparando la unión del injerto al final de la investigación mediante cortes histológicos.

La variabilidad de los resultados es producto de las diferentes técnicas y sus modificaciones en cada uno de los tratamientos, obteniendo buenos resultados en las variables fisiológicas y de crecimiento el T₄ (púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa).

El tratamiento enchapado lateral con envoltura como momia (T₃), presento un menor desarrollo y crecimiento a evaluar variable altura, numero de hojas, número de brotes producto de la modificación de la técnica.

Los tratamientos que permiten mayores beneficios económicos son enchapado lateral y púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa (T₂ y T₄), generando un mayor prendimiento a menor costo.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar investigando a nivel nacional la técnica de púa terminal más bolsa en *Theobroma cacao L.*
- Para obtener mejores resultados en el prendimiento, las varetas deben prepararse 8 días antes de la injertar para favorecer el desarrollo de las yemas así como también tratarlas en Benomil durante cinco minutos al momento de injertar para prevenir proliferación de hongos.
- La utilización de bolsas plásticas transparente para cubrir la vareta injertada es necesaria para evitar la deshidratación y crear un ambiente óptimo para un mayor prendimiento.
- Los tratamientos Enchapado lateral envuelto a la mitad, con bolsa (T₂) y Púa Terminal envuelto a la mitad más bolsa (T₄) deben ser utilizados por los viveristas ya que generan un mayor prendimiento a menor costo.

VII. BIBLIOGRAFIA.

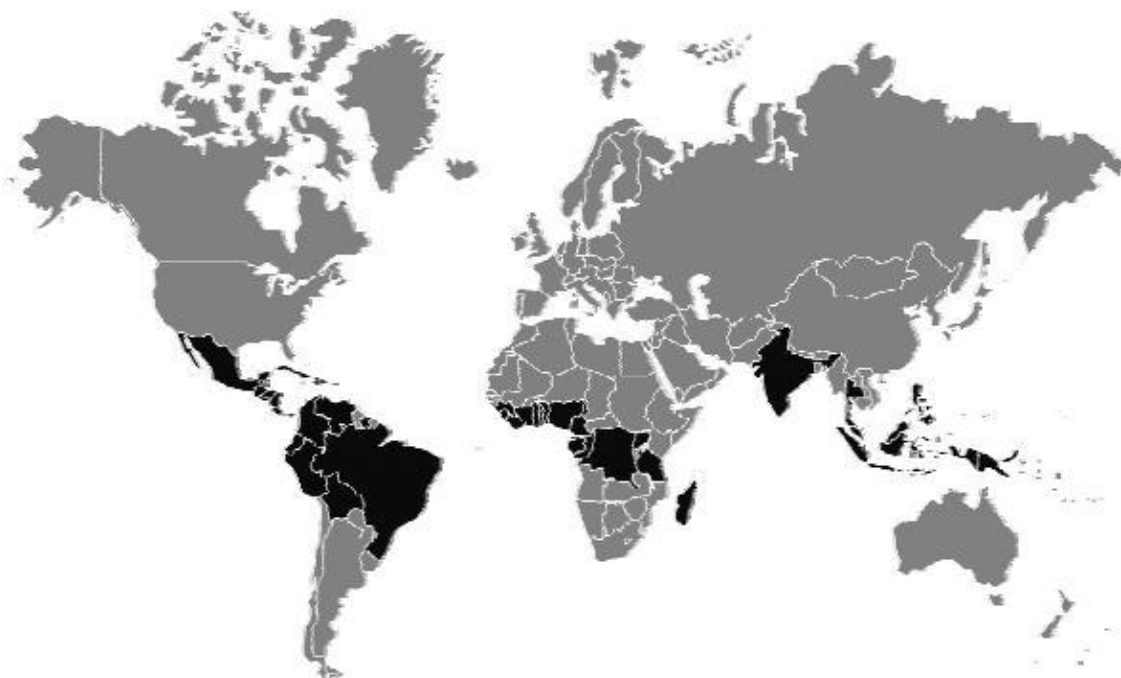
- Aguilar, M.; Villalobos, v; vasquez, N. 1992. Production of cacao plants(*Theobroma cacao L.*)Via micrografting of somatic embryos. In vitro cellular and developmental biology. Enero, 1992. p 15-19.
- Ángel, A. 2012. El cacao en El Salvador de regreso al futuro. (en línea). San Salvador, SV, FUSADES. Consultado 2 de sep. 2012. Disponible en www.fusades.org.com
- Azcón, J; Talón M, 2003.Fundamentos de fisiología Vegetal. Madrid. ES. Mc Graw-Hill. p 522.
- Barillas B, LE. 2006. La moneda en El Salvador (en línea). Consultado 8 may. 2013. Disponible en <http://leonumismatico.tripod.com/monedadeelsalvador.htm>
- BidwellR.G.. 1979. Fisiología Vegetal. Trad M. Rojas; Garcidueñas; G.G Cano Cano A. G. México D.f. AGT. p784.
- CANACACAO (Asociación Cámara Nacional de Cacao Fino de Costa Rica). 2012. Propagación de plantas.(en línea). Consultado 10 de abr.2013.disponible en www.canacacao.org
- CEIP (Colegio San José Obrero). 2010.La semilla.(en línea). Consultado 10 de abr de 2013.disponible en www.perso.wanado.es
- CEI-RD (Centro de exportaciones de la República Dominicana).2012. Perfil cacao. República Dominicana. Dominicana exporte. p 21
- Compatibilidad de Injertos en Frutales.2013.(en línea). ES. Consultado el 10 de Mar. 2013. Disponible en www.agriculturasiempre.com
- Cruz Montesinos, E 2012. Caracterización de la cadena de valor de cacao en El Salvador, MAG. p 71.
- Davies, F. 1999. Aspectos fisiológicos en la formación de raíces: principios de propagación de plantas. Perú,UNALM. p 13.
- Denys, HG. 1962. El cultivo del cacao y algunos trabajos y observaciones llevados a cabo en El Salvador. Tesis. Dr. San Salvador, SV, UES. p131.

- Dogliotti, S. s.f. Introducción al curso de fisiología de los cultivos. (en línea). consultado el 20 de ene. 2014. Disponible en <http://www.infojardin.com>
- Dubon, A; Sánchez, J. 2011. Manual de producción de cacao. Eds. R Tejada; MT Bardales. La Lima, HN, FITIA. p 208.
- Echeverri Rodríguez, J. 2006. El injerto en la producción de cacao orgánico. Manejo integrado de plagas y agroecología. No.53:101-105.
- Envase Activo para prolongar la vida de los alimentos. (En línea). ES. Universidad de Zaragoza. Consultado 29may. 2014. Disponible en <http://www.repsol.com>
- Enríquez, G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba Costa Rica, CATIE. p240.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2005. Guía práctica: Producción de plantas de cacao por injerto. / Proyecto Control de La Moniliasis. La Lima, Cortés: FHIA, APROCACAO, PROMOSTA.p12
- Gómez De la Cruz, A. s.f .Relaciones entre patrón e injerto en frutales. (en línea). S.I. Consultado 10 feb. 2014. Disponible en www.lamolina.edu.
- Gonzales,AM. 2011. Morfología de las plantas vasculares: Estructura secundaria del tallo. (En línea). Consultado el 20 Ene 2014. Disponible en www.biologia.edu.
- Guardado Henríquez,MC; Salinas Barquero, RM. 2009. Producción de plantas de marañón (*Anacardium occidentale*L.) Clon Acopasma 001, injertado sobre portainjertos provenientes de diferentes fuentes semilleras; bajo un sistema de riego artesanal. Tesis. Optar Ing. Agr. Universidad de El Salvador. San Salvador, SV. p 90.
- Gutiérrez Hernández, BE. 2011. Estudio agromorfológico y fisicoquímicos de los ecotipos de cacao cultivados en los municipios de Ízalo y Nahulingo en el departamento de Sonsonate de El Salvador. Tesis. Ing. Alimentos. Cuscatlán, SV, USMD. p 100.
- Hartmann,H; Kester, D. 1997.Propagación de plantas principios y practica. Sexta edición. Compañía editorial continental S.A de C.V México. p 760.
- ICCO. 2010. Boletín Cuatrimestral de Estadística de Cacao. Vol. XXXV. N°4, año cacaotero 2009-2010.

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuario y Forestal Enrique Álvarez Córdoba); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), s.f. Establecimiento de Viveros de cacao. San Salvador. SV.
- Irigoyen J.N, Cruz Vela M.A. 2005. Guía técnica de semilleros y viveros frutales. IICA, FRUTAL ES. Santa Tecla, SV. p 40.
- Isla Ramírez, E; Andrade Adaniya, B. 2009. Propuesta para el manejo de cacao orgánico. Lima, PE, lettera gráfica. p 92.
- Lallana, VH; Lallana, MC. 2001. Manual de práctica de fisiología vegetal. (En línea). Argentina, UNER. Consultado el 29 Ene. 2014. Disponible en www.fca.uner.edu
- Miramontes. A L; Villega M. A, Ruiz P, LM; Gonzales H, VA y Mora A, A.2011.crecimiento foliar y desarrollo de brotes en selecciones injertadas de zapote mamey. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 2(6):911
- Navarrete G, 2011. Cacao (*Theobroma cacao L.*).Ficha de mercado nº 8, San Salvador, SV, MAG. p 9.
- Nuila, S. A; Mejía, M. A. 1990. Manual de Diseños Experimentales. San Salvador, S.V. p 95-101.
- Ortega, EZ. 2011. Anatomía de los órganos vegetativos: crecimiento secundario. Argentina, UNT. p 13.
- Palencia, G; Galvis Pinzon, I. s.f. Preguntas Sobre Cacao: Cultivo de Cacao. Colombia. s.e. p 28.
- Pence,V.1995.Somatic Embryogenesis in cacao(*Theobroma cacao L.*).biotechnology in agriculture and forestry, vol. 30. Somatic embryogenesis and synthetic seed I. springer-Verlag. Berlin, Alemania. p 455-467.
- Pinzón Useche, JO; Rojas Ardila, J; Rojas, F. 2007. Guía técnica para el cultivo de cacao. 2 ed. Bogotá, CO, FEDECACAO. p 186.
- Puente Alarcón, JE. 2009. Efecto del injerto intermedio en la producción de plantas enanizadas de marañón (*Anacardium occidentale L.*); fase de vivero. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. p 57
- Rodrigez, R. 1996. Metodología de extensión agrícola comunitaria para el desarrollo sostenible. SV, IICA. p 121-140.

- Rojas González, S; García Lozano, J; Alarcón Rojas, M. 2004. Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias en especies amazónicas. CORPOICA, CO. p 35.
- Romero Castellano, XG; Moreno Peraza; JA. 2012. Evaluación de chute (*Persea Shiedeana*) como portainjerto para la producción comercial de plantas de aguacate (*Persea americana mil*) en fase de vivero. Tesis. Ing. Agr. Universidad de El Salvador. San Salvador, SV. p 44-45.
- Sierra, SM. S.f. Vendaje con cinta Parafilm©. (En línea). GT. ANACAFE. Consultado el 20 Feb 2014. Disponible en <http://www.anacafe.org>
- Soria, S de J; Wirth, WW; Flores, JD. 1976. Identidad de las mosquitas *Forcipomya* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) relacionadas con la polinización del cacao en Ecuador. Revista *Theobroma* 6(4):102.
- Suarez, C. 1987. Manual de cultivo del cacao. Ecuador, INIAP. p 107.
- Villar, R; Ruiz, J; Quero, JL; Hendrik, P; Valladares, F; Marañón Teodoro. S.f. Tasas de Crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. (en línea).SV. consultado el 30 mar 2014. Disponible en: www.urq.es

ANEXO 1. Distribución geográfica de producción de cacao (*Theoboma cacao L*) en el mundo.



America

- Belize
- Bolivia
- Brasil
- Colombia
- Costa Rica
- Cuba
- Dominica
- República Dominicana
- Ecuador
- El Salvador
- Grenada
- Guatemala
- Haití
- Honduras
- Jamaica
- México
- Nicaragua
- Panamá
- Perú
- Santa Lucía
- Trinidad and Tobago
- Venezuela

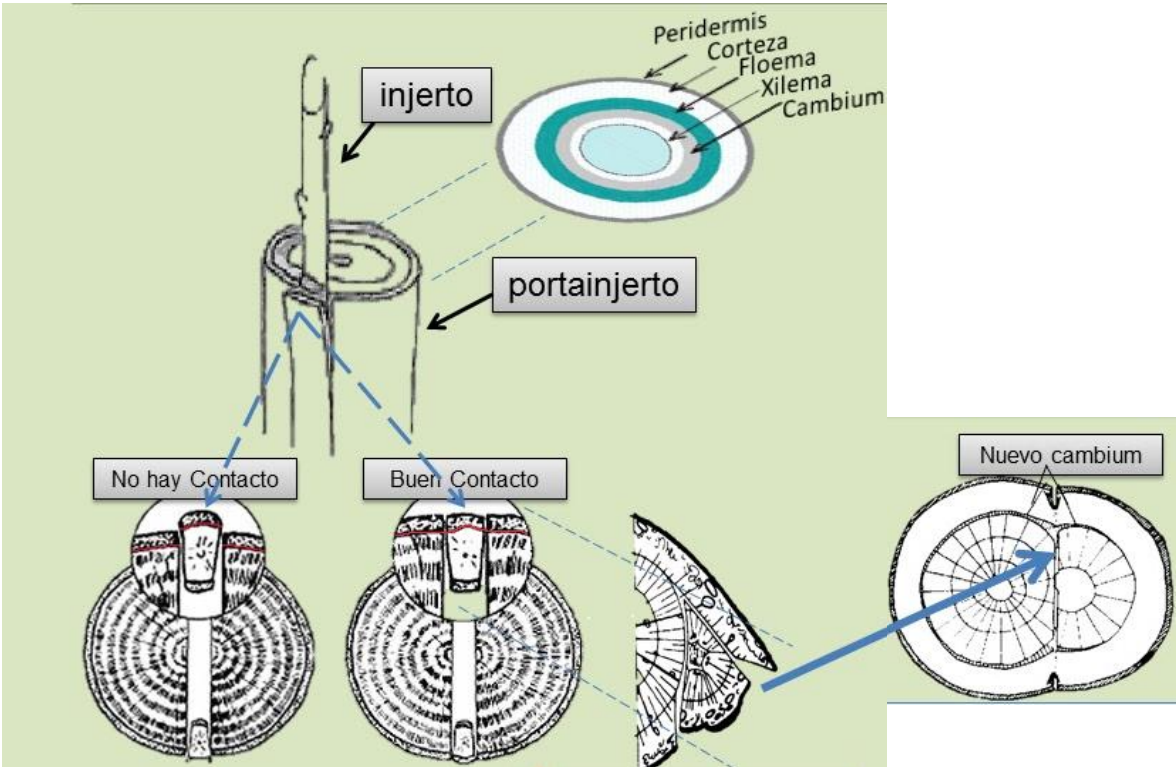
Africa

- Benin
- Camerún
- Congo
- Congo República Democrática
- Costa de Marfil
- Guinea Ecuatorial
- Gabon
- Ghanas
- Guineas
- Liberia
- Madagascar
- Nigeria
- Sao Tome y Principe
- Sierra Leona
- Tanzania
- Togo
- Uganda

Asia y Oceanía

- Fiji
- India
- Indonesia
- Malasia
- Papua Nueva Guinea
- Filipinas
- Samoa
- Islas Solomón
- Sri Lanka
- Thailandia
- Vanuatu
- Vietnam

ANEXO 2. Anatomía de la zona de unión del injerto de cacao.



ANEXO 3. Resumen de análisis de varianza par cada una de las variable de crecimiento evaluadas en fase de injerto en (*Theobroma cacao L*).cuadro medio del error (CME), coeficiente de variación (CV), coeficiente de determinación (R²) y prueba de significancia

Variabes	C.M.E	CV	R₂	Pr >F
30 DDI				
Diámetro del tallo	0.001419	8.861848	0.970797	0.5751 **
Número de hojas	0.865725	58.74808	0.888561	0.4341 **
Número de brotes	4.634853	59.09436	0.784078	0.0241 **
45 DDI				
Altura de la planta	20.35156	13.00621	0.951370	0.9944 **
Diámetro del tallo	0.002523	11.50457	0.952100	0.7350 **
Número de hojas	2.456725	70.59880	0.747755	0.5889 **
Número de brotes	8.134619	53.23790	0.783518	0.5089 **
60 DDI				
Altura de la planta	10.08492	9.151486	0.977609	0.2471 **
Diámetro del tallo	0.001497	0.782935	0.971355	0.6963 **
Número de hojas	1.194807	42.27994	0.860250	0.6143 **
Número de brotes	4.829365	31.71702	0.893964	0.3847 **
75 DDI				
Altura de la planta	9.382436	8.552376	0.980156	0.1246 **
Diámetro del tallo	0.002256	10.24180	0.961997	0.5843 **
Número de hojas	1.102985	27.46856	0.889266	0.9569 **
Número de brotes	5.293651	30.97162	0.890577	0.4200 **
90 DDI				
Altura de la planta	50.47769	18.80092	0.923661	0.0617 **
Diámetro del tallo	0.00609	16.27696	0.914481	0.0475 **
Número de hojas	1.87234	31.67337	0.831999	0.9726 **
Número de brotes	9.603175	36.92242	0.846841	0.0579 **
105 DDI				
Altura de la planta	50.47769	18.80092	0.923661	0.0617 **
Diámetro del tallo	0.13901	25.44367	0.819330	0.4477 **
Número de hojas	3.109895	32.38434	0.780392	0.9950 **
Número de brotes	14.51547	47.83646	0.776089	0.6398 **
120 DDI				
Altura de la planta	53.34021	19.15450	0.916393	0.2981 **
Diámetro del tallo	0.017285	28.19748	0.788037	0.6750 **
Número de hojas	1.947999	22.07836	0.917372	0.4007 **
Número de brotes	12.19785	42.51698	0.821587	0.1053 **
Diferencia de altura	9.83996	61.41052	0.604491	0.0125 *
Diferencia de diámetro	0.01159	75.26468	0.700416	0.1013 *
Diferencia de número de hojas	2.437368	31.50885	0.794684	0.9291 *
Diferencia de número de brotes	18.32362	70.50083	0.692258	0.0047 **

** Altamente significativo al 1% * Significativo al 5% NS. No significativo.

ANEXO 4. Resumen de análisis de varianza par cada una de las variable fisiológicas evaluadas en fase de injerto en (*Theobroma cacao L*).cuadro medio del error(CME), coeficiente de variación (CV),coeficiente de determinación(R²) y prueba de significancia.

Variables	C.M.E	CV	R₂	Pr >F
Prendimiento (1° injertacion)	261.9001	107.8850	0.616718	0.0167 **
Prendimiento (2° injertacion)	357.2154	56.58150	0.627402	0.0136 **
GDD (1° injertacion)	5451.854	0	1.000000	0.0001 NS
GDD (2° injertacion)	5492.802	33.50191	0.818858	0.5267 **
Área foliar	40.1828.3	69.58280	0.531040	0.5364 NS
Peso fresco de hoja	1.586593	15.11521	0.978313	0.005 **
Peso seco de hoja	2.162973	44.79305	0.813621	0.0889 NS
Peso especifico	7.541006	75.75332	0.291042	0.8880 NS
Peso fresco de tallo	47.73286	27.39968	0.662396	0.3030 NS
Peso seco de tallo	3.073153	29.97506	0.489224	0.6097 NS
Volumen de tallo	72.33333	37.24774	0.464726	0.6512 NS
Peso fresco de raíz	25.29465	29.12627	0.813820	0.0887 NS
Peso seco de raíz	3.489713	67.31811	0.785554	0.1206 NS
Longitud de raíz	97.73333	30.41851	0.359543	0.80090 NS
Volumen de raíz	47.13333	29.00861	0.663654	0.3009 NS

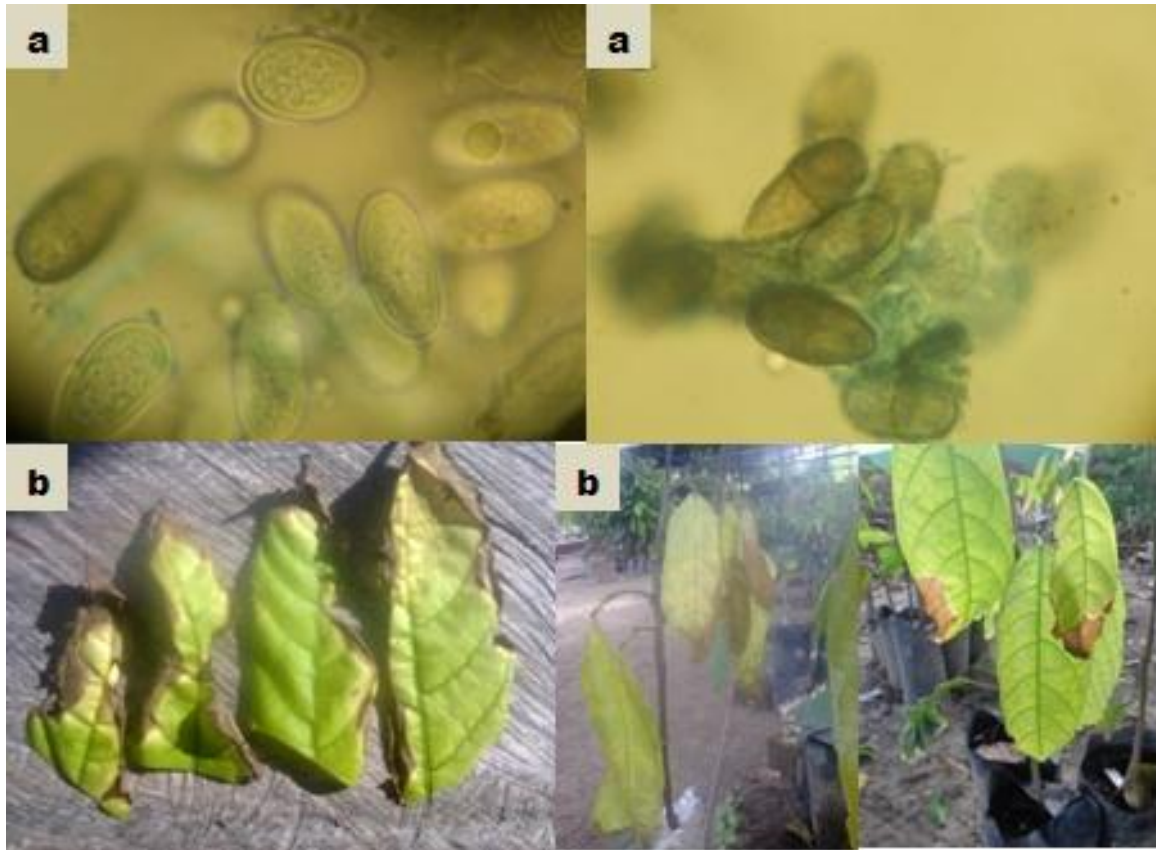
** Altamente significativo al 1% * Significativo al 5% NS. No significativo.

ANEXO 5. Resumen de coeficiente de correlación par alas variables evaluadas significativamente en plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*)Utilizando dos técnicas de injertos con su modificaciones y el éxito en el prendimiento en fase de vivero.

VARIABLES CORRELACIONAS.	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
Área foliar- peso fresco tallo	0.82155	0.0234
Área foliar- número de hojas	0.81761	0.0247
Área foliar- peso seco tallo	0.8017	0.0301
Área foliar - prendimiento	0.94381	0.0014
Longitud de vareta -peso fresco tallo	0.94947	0.0011
Longitud de vareta - longitud de raíz	0.92495	0.0028
Longitud de vareta - altura del injerto	0.94806	0.0011
Longitud de vareta - peso seco hoja	0.8826	0.0085
Longitud de vareta- peso seco tallo	0.97733	0.0001
Longitud de vareta- número de hojas	0.89967	0.0058
Longitud de vareta- peso específico hoja	0.92751	0.0026
Volumen de tallo -peso fresco tallo	0.77971	0.0387
Volumen de tallo -volumen de raíz	0.93426	0.0021
Volumen de tallo - longitud de raíz	0.81081	0.0269
Volumen de tallo - número de hojas	0.79068	0.0343
volumen de tallo- peso seco tallo	0.79969	0.0309
Peso fresco tallo - volumen de raíz	0.7612	0.0468
Peso fresco tallo - longitud de raíz	0.90625	0.0049
Peso fresco tallo- número de brotes	0.80121	0.0303
Peso fresco tallo- altura de injerto	0.89326	0.0067
Peso fresco tallo - número de hojas	0.96064	0.0006
Peso fresco tallo - peso seco hojas	0.76823	0.0436
Peso fresco tallo- peso seco tallo	0.97026	0.0003
peso fresco tallo- peso especifico	0.78102	0.0382
Volumen de raíz - volumen de tallo	0.93426	0.0021
Volumen de raíz - longitud de raíz	0.77824	0.0393
Volumen de raíz- número de brotes	0.87825	0.0093
Volumen de raíz - número de hojas	0.83211	0.0202
Volumen de raíz- peso seco tallo	0.80798	0.0279
Peso fresco de raíz- peso seco de raíz	0.92846	0.0025
Longitud de raíz- altura del injerto	0.82257	0.0231
Longitud de raíz- número de hojas	0.86452	0.012
Longitud de raíz -peso seco de tallo	0.93703	0.0018
Longitud de raíz - peso específico de hoja	0.8935	0.0067
Peso fresco de hoja-diámetro de injerto	0.8544	0.0143
Numero de brotes- altura del injerto	0.78285	0.0374
Numero de brotes-número de hojas	0.87902	0.0092
Numero de brotes- peso seco tallo	0.77146	0.0422 ₆₁

Altura del injerto- número de hojas	0.84888	0.0157
Altura del injerto- peso seco de hojas	0.91774	0.0036
Altura del injerto- peso seco de tallo	0.90331	0.0053
Altura del injerto- numero de brotes	0.78285	0.0374
Altura del injerto-peso específico de hoja	0.87001	0.0109
Numero de hojas- peso seco de hojas	0.79191	0.0338
Numero de hojas - peso seco tallo	0.93998	0.0016
Peso seco de hojas-peso seco tallo	0.80375	0.0294
Peso seco de hojas-peso específico de hoja	0.88439	0.0082
Peso seco tallo- peso específico de hoja	0.86433	0.0121
Peso seco de tallo- prendimiento	0.77398	0.0411
Prendimiento- Área foliar	0.94381	0.0014
GDD 1- área foliar	0.95476	0.0008
GDD1 -Prendimiento	0.95476	0.0024

ANEXO 6. Identificación del agente fitopatógenos *Botriodiplodiasp.*



a) *Botriodiplodiasp* visto al microscopio.

b) Daños ocasionados en las plantas de cacao.

ANEXO 7. Presupuesto parcial de los tratamiento en estudio.

Detalle	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Precio de vareta	\$510	\$510	\$510	\$510	\$510	\$510	\$510
Tamizado de sustrato	\$10	10	10	10	10	10	10
Llenado de bolsa	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15	\$15
Mano de obra para injertar	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300
Bolsa de charamusca	\$0	\$3.5	\$0	\$3.5	\$0	\$0	\$0
Papel parafilm®	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$17.63	\$17.63
Bolsa para amarre	\$1.75	\$1.75	\$2	\$1.75	\$2	\$1.75	\$1.75
Total	\$836.75	\$840.25	\$837	\$840.25	\$837	\$854.38	\$854.38

ANEXO 8. Crecimiento de los tratamientos en vivero 120 días después del injerto de la Tesis denominada: “Evaluación de diferentes técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento, en fase de vivero”.



- a) Enchapado lateral con envoltura a la mitad, con bolsa.
- b) Enchapado lateral con envoltura como momia.
- c) Púa Terminal con envoltura a la mitad más bolsa.
- d) Púa Terminal con envoltura como momia.
- e) Púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm®
- f) Enchapado Lateral con envoltura a la mitad más Parafilm®