

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN:**

“Identificación de árboles improductivos y cambio de copa en cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en la Facultad de Ciencias Agronómicas y Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador”

**POR**

Irvin Adalberto Oviedo Arévalo

Ciudad Universitaria, enero 2024

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



**PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN:**

“Identificación de árboles improductivos y cambio de copa en cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en la Facultad de Ciencias Agronómicas y Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador”

**POR**

Irvin Adalberto Oviedo Arévalo

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Ciudad Universitaria, enero 2024

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

**M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

**SECRETARIO GENERAL**

**Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO**

**MAECE. NELSON BERNABE GRANADOS ALVARADO**

**SECRETARIO**

**M.Sc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**F:** \_\_\_\_\_

**M.Sc. JULIO CESAR ORTIZ PAVÓN**

**DOCENTES DIRECTORES**

**F:** \_\_\_\_\_

**ING. AGR. M.SC. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS**

**F:** \_\_\_\_\_

**ING. AGR. ELÍAS ANTONIO VÁSQUEZ OSEGUEDA.**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION**

**F:** \_\_\_\_\_

**M.Sc. OSCAR ALONSO RODRÍGUEZ GRACIAS**

## RESUMEN

Con el propósito de evaluar la técnica del injerto malayo en cacao y el tipo de cobertura en la estación experimental y de prácticas que está situada en San Luis Talpa, La Paz, a 50 msnm, se realizó la investigación evaluando los diferentes tipos de cobertura del injerto que son: sin protección (SN), con bolsas de charamuscas(BC), bolsas de 25 libras(BL), plástico de Parafilm(PF), bolsas de residuo(BR). La injertación se realizó en noviembre del 2022 a un total de 40 árboles para cambio de copa, en la metodología estadística se utilizó un diseño estadístico de arreglo de parcelas divididas con bloques completamente al azar. Se evaluó las diferentes variables: porcentaje de prendimiento, Diámetro de vareta (cm), Longitud de vareta (cm), numero de yemas brotadas en vareta, prendimiento de injerto, Altura de injerto cm, Numero de hojas, grados días de desarrollo (GDD). Para los análisis se utilizó el programa de InfoStat® con el análisis de varianza (ANVA), y la prueba de Tukey para la comparación de medias. Como resultado se obtuvieron que el tipo de cobertura de papel film (PF) tuvo mejor prendimiento en un 75%. En segundo lugar, esta la cobertura de bolsas de polietileno para residuos (BR) y bolsas de polietileno de 25 libras (BL) con un 55% de prendimiento. Se concluye que el mejor tipo de envoltura es el plástico Parafilm que mantienen el microclima para el pegue y desarrollo óptimo de la vareta.

# ÍNDICE

Contenido	Páginas
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>3 MARCO TEÓRICO</b> .....	2
3.1 La cultura cacaotera de El Salvador .....	2
3.2 Clasificación botánica .....	2
3.3 Cacao Forastero .....	3
3.4 Cacao Criollo .....	3
3.5 Cacao Trinitario .....	3
3.6 Morfología de la planta de cacao .....	4
3.6.1 Raíz.....	4
3.6.2 Tronco y ramas .....	4
3.6.3 Hojas.....	5
3.6.4 Flor.....	5
3.6.5 Fruto .....	5
<b>4 MANEJO PARA EL CAMBIO DE COPA</b> .....	5
4.1 Tipos de podas.....	5
4.1.1 Poda de formación .....	6
4.1.2 Poda de mantenimiento.....	6
4.1.3 Poda fitosanitaria .....	6
4.1.4 Poda sostenimiento.....	6
4.1.5 Poda de rehabilitación .....	6
4.1.6 Cambio de copa.....	7
4.2 Factores genéticos que afectan la producción de cacao .....	8
4.2.1 Incompatibilidad sexual en cacao .....	8
4.3 Reproducción del cacao .....	9
4.3.1 Reproducción sexual.....	9
4.3.2 Propagación vegetativa o asexual .....	9
4.3.3 Injerto con yemas .....	9
4.3.4 Injerto malayo.....	10

<b>5 METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
5.1 Localización del experimento.....	11
5.2 Condiciones climáticas.....	11
5.3 Montaje del experimento .....	11
5.3.1 Identificación de árboles improductivos .....	12
5.3.2 Herramientas y equipos para la injertación .....	12
5.3.3 Desinfección de herramientas para la injertación .....	12
5.3.4 Identificación de árbol donante de varetas.....	13
5.3.5 Pasos de injertación (malayo) .....	14
5.4 Metodología estadística .....	15
5.4.1 Diseño experimental .....	15
5.4.2 Descripción de tratamiento .....	15
5.4.4 Tipos de envolturas y testigo utilizadas en el ensayo.....	16
5.4.5 Variables evaluadas.....	16
<b>6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>18</b>
6.1 Porcentaje de prendimiento .....	18
6.2 Números de yemas brotadas.....	19
6.4 Grados días de desarrollo (GDD).....	24
6.5 Diámetro de la vareta .....	26
6.6 Longitud de vareta .....	29
<b>7 CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>8 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>9 BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>33</b>
<b>10 ANEXOS .....</b>	<b>38</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	página
Figura 1. Clasificando el tipo de cacao	12
Figura 2. Identificación de árboles improductivo	12
Figura 3. preparación de varetas	12
Figura 4. yemas cativas en varetas lista para injertar	13
Figura 5. recolección de varetas	13
Figura 6. materiales ocupados para la injertación de cacao	13
Figura 7. Comportamiento del porcentaje de prendimiento del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en la Estación Experimental y de Prácticas.	18
Figura 8. Comportamiento del número de yemas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en la Estación Experimental y de Prácticas (Parcela grande).	20
Figura 9. Comportamiento del número de yemas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña).	20
Figura 10. Comportamiento del número de yemas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en la Estación Experimental y de Prácticas interacción).	21
Figura 11: Comportamiento del número de hojas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña).	22
Figura 12. Comportamiento del número de hojas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña).	22
Figura 13. Comportamiento del número de hojas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (interacción)	24
Figura 14. Comportamiento de los grados días de desarrollo GDD del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela grande).	24
Figura 15. Comportamiento de los grados días de desarrollo GDD del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña)	25



Figura 16. Comportamiento de los grados días de desarrollo GDD del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (interacción)	26
Figura 17. Comportamiento del diámetro del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela grande).	27
Figura 18. Comportamiento del diámetro del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña)	27
Figura 19. Comportamiento del diámetro del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (interacción).	28
Figura 20. Comportamiento del diámetro del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (crecimiento del injerto).	28
Figura 21. Comportamiento de la longitud del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela grande).	29
Figura 22. Comportamiento de la longitud del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña).	30
Figura 23. Comportamiento de la longitud del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (interacción).	30
Figura 24. Comportamiento de la longitud del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), en la Estación Experimental y de Prácticas (crecimiento del injerto)	31

## ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	página
Cuadro 1 Tipos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	2
Cuadro 2. Tabla de distribución de tratamiento	15

## ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	página
Anexo 1. Injertos de 5 meses	38
Anexo 2. Revisión y toma de datos en los injertos de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)	38
Anexo 3. Compatibilidad y incompatibilidad ilustrada en cacao	39
Anexo 4. Mapa de la plantación de cacao en la estación experimenta con la parcela de café	40
Anexo 5. Mapa de la distribución de cacao en la parcela agroecológica	41
Anexo 6. Cuadro de resumen de toma de datos	42
Anexo 7. resumen de análisis de varianza (anva de las tomas de datos 21, 28, 38, 42 y 152)	43
Anexo 8. análisis de Correlación de Pearson para todas las variables	44

## INTRODUCCIÓN

En El Salvador, el cacao se cultivaba desde el período precolombino. Los indígenas del territorio conocían muy bien su alto valor nutritivo para el organismo. La calidad genética del cacao cultivado por los indígenas en El Salvador es llamado criollo, el cual es considerado el tipo de cacao de mejor calidad por su fuerte aroma e intenso sabor (Alemán 2016).

Indistintamente el origen del cultivo de cacao, los españoles denominaron "criollos" a los cacaos originarios de México y Centroamérica, mientras que a los cacaos de Suramérica y el Caribe los denominaron "forasteros", incluyendo el cacao cultivado en África y Asia que fue introducido por los colonizadores europeos cuando este se popularizó en Europa (Alemán 2016)

Los problemas de los cultivos de cacao es la incompatibilidad entre planta o entre ella misma y los bajos niveles de producción que eso ocasiona una de las alternativas propuestas en esta investigación es hacer un cambio de copa a los árboles improductivos haciendo uso del injerto malayo con varetas obtenidas de árboles productivos y con las características deseadas. Determinar el número de injertos que puede recibir o permitir en un proceso de cambio de copa, así como identificar el mejor material de protección de los injertos.

### 3 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 La cultura cacaotera de El Salvador

En El Salvador, el cacao se cultivaba desde el período precolombino. Los indígenas del territorio conocían muy bien su alto valor nutritivo para el organismo. La calidad genética del cacao cultivado por los indígenas en El Salvador es llamado criollo, el cual es considerado el tipo de cacao de mejor calidad por su fuerte aroma e intenso sabor (Salquero 2020).

Antes de la llegada de los españoles a América, las plantaciones de cacao se extendían en todo el territorio salvadoreño. Con la conquista, las zonas de Sonsonate e Izalco concentraron las plantaciones de este cultivo. Sin embargo, la producción comenzó a disminuir a finales del siglo XVII por conflictos políticos, epidemias que redujeron la población indígena y la creciente competencia de grandes productores como Venezuela y Ecuador, que le restó competitividad al país (CENTA 2015).

#### 3.2 Clasificación botánica

Cuadro 1 Tipos de cacao (*Theobroma cacao* L.)

<b>Categoría taxonómica</b>	<b>Clasificación</b>
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Genero	Theobroma
Especie	Cacao L.

### **3.3 Cacao Forastero**

Tienen una gran potencia aromática, pero sin finura ni diversidad de sabores. Pueden ser ligeramente ácidos. Poco fino (relativo al sabor). Como variedades selectas del cacao criollo se encuentra el cacao del valle de Arriba o Nacional de Ecuador que, por su finura, a veces se confunde con la variedad criollo, también encontramos variedades más selectas de cacao forastero en Trinidad, Marañón (Brasil) y Venezuela. La variedad de cacao que se emplea para los chocolates considerados corrientes esta hecho de esta variedad. (Alianza Cacao 2016)

### **3.4 Cacao Criollo**

Se cultiva principalmente en México, Guatemala y Nicaragua en pequeñas cantidades. Venezuela, Colombia, Islas del Caribe, Trinidad, Jamaica e Isla de Granada. En Madagascar, Java e Islas Comores. Poseen un amargor suave, sabores ácidos y afrutados. Son poco astringentes, poseen una sutileza y delicadeza aromática. Pueden detectarse sabores a frutas ácidas (cítricos, frutas del bosque, etc.) y a pasas de Corinto. Como variedades selectas, algunas de ellas están localizadas en Venezuela como Chuao y Puerto Cabello y la variedad conocida como Porcelana, ya que sus semillas tienen ese color blanco; en Madagascar, al norte, se encuentra el Sambirano (Hipernova 2007).

### **3.5 Cacao Trinitario**

Se cultiva en países donde se encuentra la variedad criolla, generado naturalmente en Trinidad e Islas Antillas. En Java, Sri Lanka, Papua- Nueva Guinea y en Camerún, hay una producción importante, con aspectos de las variedades criollo y forastero. Es afrutado y perfumado. Tiene un amplio rango de sabores. Aromático y persistente en boca. Pueden apreciarse sabores a heno, roble miel y notas verdes (manzana, melón) (González 2017).

## **3.6 Morfología de la planta de cacao**

### **3.6.1 Raíz**

Posee dos tipos de raíz: una principal pivotante y unas raíces secundarias, de donde se originan los “pelos absorbentes”. La raíz principal es la encargada de perforar el suelo, darle un buen anclaje y sostenimiento a la planta. Cuando el suelo tiene buena profundidad la raíz principal puede penetrar hasta dos metros. Cuando el suelo no es muy profundo la raíz principal no penetra con facilidad y la planta puede sufrir problemas de volcamiento y mal desarrollo (USAID 2019).

### **3.6.2 Tronco y ramas**

Cuando la planta se origina a partir de una semilla sexual el tronco o tallo principal se desarrolla verticalmente hasta una altura de 0.80 a 1.50 metros en forma normal. Luego se abre dando origen a 3, 4 o 5 ramas, distribuidas al mismo nivel formando la horqueta, molinillo o verticilo (García 2011).

Las primeras ramas que se desprenden del tronco principal se llaman primarias de las cuales se derivan otras llamadas secundarias de estas las terciarias. Las ramas primarias y secundarias forman la copa del árbol (García 2011).

Los chupones en ocasiones se elevan por encima de la ramificación primaria del tallo principal, formando estratos y produciendo el crecimiento indeseable de la planta. Cuando no se podan en la época oportuna, crecen demasiado, dándole mucha altura y mala formación al árbol. Si la planta es producida por métodos asexuales a partir de una yema injertada en un patrón, el crecimiento es diferente al de la planta reproducida por semilla sexual. Igual ocurre cuando la planta es producida a través de estacas o ramillas enraizadas. En este caso el tallo principal se asemeja a una rama primaria, es decir, no crece verticalmente, pero si es una rama enraizada antes de la horqueta también forma horqueta. Las plantas injertadas o enraizadas también se llaman plantas clonadas, reproducidas vegetativamente o por métodos asexuales (Valenzuela 2012).

### **3.6.3 Hojas**

Son de forma alargadas y tamaño medio; se desprenden de las ramas. La hoja está unida a la rama por el pecíolo. Entre el pecíolo y la rama se encuentra un abultamiento pequeño llamado yema axilar (Valenzuela 2012).

### **3.6.4 Flor**

Las flores del cacao se encuentran distribuidas a lo largo del tronco y de las ramas, agrupadas en sitios llamados cojines florales. La flor del cacao es caulinar, es decir, se produce el tronco, ramas y tallos leñosos (Roque 2011).

La flor del cacao es hermafrodita; posee ambos sexos: masculino y femenino. El órgano masculino está formado por estambres. Una flor posee 5 estambres verdaderos de color blanco y 5 falsos de color morado. En la cabeza de los estambres blancos se encuentra el polen. El órgano femenino es el pistilo formado por el estigma, el estilo y el ovario (Roque 2011).

### **3.6.5 Fruto**

La mazorca o fruto de cacao es una baya protegida en su parte externa por una cáscara o pericarpio. En su parte interna se encuentran los granos o semillas ordenados en hileras, alrededor de un eje central llamado placenta. Los granos están cubiertos por una baba o mucilago que se desprende o se encuentra en el proceso de beneficiado. El mucilago tiene azúcares que los microorganismos descomponen dando origen a cambios químicos que suceden durante su fermentación (Aguilar 2005).

## **4 Manejo para el cambio de copa**

### **4.1 Tipos de podas**

La poda en el cultivo de cacao es una práctica de manejo que permite formar la arquitectura del árbol para mejorar la productividad y facilitar las labores del cultivo. Consiste en una serie de intervenciones para balancear el desarrollo vegetativo y productivo de los árboles, con el fin de lograr una mayor eficiencia fotosintética y adecuada distribución de los nutrientes a las áreas de producción y órganos de crecimiento (Infocacao 2015).

#### **4.1.1 Poda de formación**

Se efectúa desde el primer año de edad del árbol, y consiste en dejar un solo tallo y observar la formación de la horqueta o verticilo, el cual debe formarse aproximadamente entre los 10 y 16 meses de edad de la planta, con el objeto de dejar cuatro o más ramas principales o primarias para que formen el armazón y la futura copa del árbol. Estas ramas principales serán la futura madera donde se formará la mayoría de las mazorcas, lo mismo que en el tronco principal. (Pérez 2017)

#### **4.1.2 Poda de mantenimiento**

Desde los dos o tres años de edad los árboles deben ser sometidos a una poda ligera por medio de la cual se mantenga el árbol en buena forma y se eliminen los chupones y las ramas muertas o mal colocadas, se deben realizar dos veces al año. El objetivo de esta poda es conservar el desarrollo y crecimiento adecuado y balanceado de la planta del cacao (Fedecacao 2014).

#### **4.1.3 Poda fitosanitaria**

Se deben eliminar todas las ramas defectuosas, secas, enfermas, desgarradas, torcidas, cruzadas y las débiles que se presenten muy juntas. Debe comprender también la recolección de frutos dañados o enfermos (Anecacao 2017).

#### **4.1.4 Poda sostenimiento**

En este tipo de poda se realizan una serie de intervenciones o acciones con el objetivo de organizar y balancear la estructura productiva del árbol que permitan el desarrollo normal de las actividades de manejo del cultivo sin afectar la capacidad productiva de las plantas, (Anecacao 2017).

#### **4.1.5 Poda de rehabilitación**

Consiste en la aplicación de diferentes métodos, prácticas o técnicas para habilitar las funciones y la productividad de una planta o cultivo, que fue abandonado por acciones como: problemas naturales (sequías, vientos), agronómicos (poda, manejos fitosanitarios, abandono, poco acompañamiento técnico), entre otros. Se busca entonces, bajar la incidencia de enfermedades, recuperar la producción

genética. La poda, el manejo de la luz y la nutrición son muy importantes en esta metodología de habilitar la vocación productiva del cultivo. Otras prácticas como la recuperación del sistema agroforestal, las resiembras y el cambio de algunas copas, son complementarias y ayudan a mejorar la productividad a mediano plazo (Sáenz 2007).

#### **4.1.6 Cambio de copa**

Las plantaciones candidatas a ser renovadas muchas veces son heterogéneas: presentan árboles de diferentes edades, diferentes arquitecturas, diferentes variedades o clones y con muchos años sin manejo adecuado. Por ende, es importante evaluar cual es la mejor estrategia de renovación para cada árbol individualmente. Principalmente, la arquitectura del árbol y la mensura de las ramas y tallos. Las actividades de renovación deben iniciarse culminada la campaña de cosechas (comúnmente conocida como época de descanso) y antes de la producción de flores (Andrés 2010).

Es una técnica que permite renovar las plantaciones viejas, improductivas y todas aquellas que han sido establecidas con material genético susceptible a enfermedades. El impacto conseguido a través de esta práctica es el aumento de la producción y la calidad del cacao, generando mejores ingresos. La disminución de la altura de los árboles de cacao a través de esta práctica facilita la realización de los trabajos de manejo y cosecha. (Alcides 2016).

El proceso de cambio de copa da lugar a modificar la estructura de la plantación. Como efecto de la eliminación de las copas altas y densas que presentan los árboles viejos de cacao, se abren espacios y se puede incorporar cultivos temporales para la seguridad alimentaria (ej. plátano, yuca), otras especies como árboles maderables, frutales, plantas medicinales y para artesanías, dando como resultado final una plantación diversificada y con cacao renovado (Alcides 2016).

Dentro de las plantaciones viejas e improductivas existe un pequeño porcentaje de árboles destacables por su productividad y características fenotípicas deseables. Estos deben ser identificados y señalados por los productores que conocen el



desempeño de la plantación en general y de cada planta. Este grupo de árboles deben ser resguardado como fuente de material genético y no deben ser objeto de cambio de copa, solamente deben recibir un manejo de podas y disminución de la altura. El conocimiento de los propietarios acerca de los árboles destacables, debe ser complementado con la determinación de los índices productivos, que son el índice de semilla y el índice de mazorca (Andrés 2010).

El cambio de copa debe realizarse en plantas que presenten los siguientes problemas: Con la edad las plantas de cacao disminuyen su potencial productivo debido al deterioro de sus tejidos, fuerte afectación por enfermedades en sus ramas principales y follaje, excesiva altura, que constituye un obstáculo para un manejo eficiente especialmente el control sanitario y la cosecha. La baja productividad, representan pérdidas para la familia, debido a que ocupan terreno e insumos sin generar beneficios (Andrés 2010).

## **4.2 Factores genéticos que afectan la producción de cacao**

Es la incapacidad de gametos funcionales (grano de polen y ovulo) de efectuar la fecundación en combinaciones particulares del o entre genotipos (Aranzazu 2008).

### **4.2.1 Incompatibilidad sexual en cacao**

la estructura de la flor parece impedir la autopolinización, pues las anteras recurvadas hacia afuera están rodeadas por las conchas(cogullas) de los pétalos y separadas del estigma por los estaminodios (Aranzazu 2008).

**Autocompatibilidad:** La planta es autocompatible, cuando las flores de una planta son debidamente polinizadas, con una efectividad mayor al 30% considerado en condiciones experimentales, por polen de la misma flor o por polen de flores del mismo árbol (Ramírez 2019).

**Autoincompatibilidad:** Se da cuando la flor no acepta su propio polen o polen de flores del mismo árbol (Dubón 2016).

**Intercompatibilidad:** Se reconoce que es un cruce intercompatible cuando las flores de una planta son fecundadas con polen de otra planta en porcentaje mayor o igual al 30% (López 2015).

**Interincompatibilidad:** Se dice que es un cruce inter incompatible, cuando la flor no puede ser fecundada con polen de otra planta en un porcentaje menor a 30% (Aranzazu 2008).

### **4.3 Reproducción del cacao**

#### **4.3.1 Reproducción sexual**

La propagación sexual es la forma más generalizada y fácil de reproducir el cacao. Consiste en utilizar la semilla seleccionada de los árboles que han sido elegidos como los mejores. A estos árboles se les llama árboles élites, árboles madres o árboles productores de semillas porque tienen mejores cualidades en cuanto su vigor y forma de desarrollo, la producción y la resistencia a enfermedades y plagas (Vásquez 2010).

#### **4.3.2 Propagación vegetativa o asexual**

Los métodos más usados para la propagación asexual del cacao son: injertos, acodos y estacas enraizadas, estos se utilizan cuando se desea reproducir fielmente una planta. Dentro de estos métodos los injertos son los más utilizados, los cuales se pueden realizar en plantas originales de semilla, o bien en árboles adultos considerados no deseables en la plantación por una circunstancia determinada, pero que tengan características que permitan dicho procedimiento (Nello 2018).

#### **4.3.3 Injerto con yemas**

Es una de las técnicas más empleadas. Las yemas se deben tomar de aquellos brotes que se encuentren en árboles sanos, vigorosos y productivos. Las varetas de yemas deben ser aproximadamente de la misma edad que los patrones, pero las yemas deben ser firmes y listas para entrar en desarrollo activo. El injerto de yema no debe hacerse en época de lluvias ya que se puede favorecer el desarrollo de enfermedades fúngicas (Nello 2018).

#### **4.3.4 Injerto malayo**

Es una técnica que consta de hacer un corte en forma de Y en el tronco del cacao para colocar la vareta de la variedad de interés y sirve para realizar cambios de copa. Se deben seleccionar árboles de cacao adultos, de baja producción, con raíces y tallo en buen estado sanitario (Márquez 2006).

Esta técnica permite mantener características idénticas de la planta madre. En pocas palabras, se trata de una clonación, de forma tal que la planta comienza a producir a temprana edad. Antes de realizar el proceso de injerto, se debe seleccionar los mejores árboles que son considerados élites, de los cuales se van a extraer las yemas para reproducirlos (García 2001).

En el injerto malayo se ha comprobado que el inicio de la floración es mucho más rápido, encontrado cojines florales desde 1 año después de ser injertado, debido al vigor y la potencia del árbol que hace la función de patrón. (Márquez 2006)

Luego de realizar la labor de injertar, bien sea en vivero o en sitio definitivo, después de 15 días se realiza el destape para observar el prendimiento, a través de la activación de las yemas vivas. (Ramos et al 2015)

Se realizar corte de forma en bisel y bien finito para evitar retención de agua en la zona del injerto y corte a ras del injerto para lograr que el injerto logre ubicarse en forma vertical del patrón y formar un árbol nuevo (Ramos et al 2015)

#### **4.3.5 Envolturas protectoras de injertos**

Los tipos de envoltura utilizados en injertos son para generar un efecto invernadero en la vareta e impedir la entrada de agua o que la vareta se mueva. (Bermúdez 2021).

Algunas de los materiales usados son: bolsas plásticas de diferentes tamaños o también el papel film que es utilizado en la cocina para hermetizar los alimentos (Bermúdez 2021).

## **5 Metodología**

### **5.1 Localización del experimento**

El estudio se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas con coordenadas geográficas 13°28'11.1" latitud Norte, 89°05'13" longitud Oeste, con una elevación de 50 msnm ubicada en el municipio de San Luis Talpa departamento de La Paz. El tiempo estipulado para el estudio realizado fue de año y medio dando inicio el 24 de junio del 2022 y finalizando el 24 de diciembre del 2023.

### **5.2 Condiciones climáticas**

La temperatura y precipitación son los factores más importantes para el desarrollo óptimo de las plantas de cacao. Las plantas reaccionan en forma muy sensible a la cantidad de agua en el suelo. El cultivo requiere lluvias uniformemente repartidas a lo largo del año. Las temperaturas mínimas medias son de 18 - 21°C, las máximas de 30 - 32 °C. El cacao puede resistir periodos secos de hasta 3 meses (con precipitaciones < 100 mm). Pero se contaba con riego por goteo en las dos parcelas.

### **5.3 Montaje del experimento**

Para montaje del experimento, se establecieron dos bloques, el primer bloque en la parcela agroecológica que está ubicada atrás del edificio de CETAG y a la par de la conejera, el bloque dos se estableció en la parcela llamada café y cacao. Se injertaron un total de 40 árboles y 100 injertos.

### 5.3.1 Identificación de árboles improductivos

Se seleccionaron árboles con características improductivas y un bajo rendimiento de producción que sea menos de 40 mazorcas por cosecha, para realizarle el cambio de copa, así como se analizaron diferentes características como cantidad de frutos bajos, desarrollo lento. Se marcaron con una cinta y posteriormente con pintura amarilla, la cantidad de 20 árboles por parcela que se generó, un total de 40 árboles improductivos seleccionados para cambio de copa.



Figura 1 Clasificando el tipo de cacao



Figura 2 Identificación de árboles improductivos.

### 5.3.2 Herramientas y equipos para la injertación

Los materiales utilizados son: tijera, navaja de injertar, alcohol al 70%, piedra de afilar, bolsas de charamuscas, bolsas de 25 libras, papel Parafilm, bolsas de residuos o basura, papel periódico, cuaderno, cinta métrica, pie de rey, liquidpaper y pita.

### 5.3.3 Desinfección de herramientas para la injertación

Las herramientas desinfectadas fueron: la tijera que se utilizó para el corte de las varetas y la navaja de injertar, se les roció alcohol al 70% a las herramientas utilizadas en la injertación.



Figura 3 Materiales ocupados para la injertación de cacao.

### 5.3.4 Identificación de árbol donante de varetas

Se seleccionaron los árboles más productivos en la Facultad de Ciencias Agronómicas y en la Estación Experimental y de Prácticas. Los árboles seleccionados fueron de Jaime Arévalo JA-3A, Cáceres CPS14-Cáceres, CPS13-Cáceres, CPS12-Cáceres y el árbol de cacao de semilla A2 que se encuentra en el polideportivo UES, se procedió a preparar varetas de las ramas más vigorosas y sanas, se le quitaron todas las hojas de las ramas procurando dejar el peciolo que es un indicador de punto óptimo de la vareta, cuando el peciolo se cae con solo tocarlo y cuando la vareta tenga las yemas laterales activas. Se esperó aproximadamente 15 días para su punto óptimo de ser usadas, se cortaron y se envolvieron en papel periódico, se humedeció para su transporte. Se cortaron 105 varetas en total.



Figura 4 Preparación de varetas



Figura 5 Yemas activas en varetas lista para injertar

Las varetas preparadas estuvieron listas en un periodo de 15 días. Se cortaron con una longitud de 30 cm y un diámetro aproximado de 1 cm se colocaron en papel periódico y se humedeció y se transportaron hacia la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.



Figura 6 Recolección de varetas

### 5.3.5 Pasos de injertación (malayo)

- Se analizaron las condiciones y características de cada árbol seleccionado y se clasificaron en productivos e improductivos
- Posteriormente se seleccionaron 40 árboles improductivos para el ensayo.
- Se procedió a una desinfección del equipo utilizado para la injertación
- Se midió la altura de los árboles del nivel del suelo hasta los 40 cm de altura y se homogenizó a esa altura todos los injertos.
- Se procedió a hacer un corte horizontal de aproximadamente 5 cm y dos cortes verticales en paralelo de 4 cm, se cortó la parte superior de corte horizontal en forma de media luna.
- Se preparó la varetas con un corte de 45° y cortes de corteza a los dos extremos de unos 3 cm
- Se colocaron las varetas en el corte que se preparó en el árbol, se sujetó con pita y se recubrió de plástico.



- Se colocaron las diferentes coberturas que llevaron las varetas.
- Se dejaron por un tiempo hasta que las yemas empezaron a brotar. Se le quitaron la cobertura y se empezó a tomar datos.



- Se tomaron los datos posteriormente después de los 15 días.
- Se recolectaron y se analizaron los datos estadísticamente en el programa de InfoStat.

## 5.4 Metodología estadística

### 5.4.1 Diseño experimental

El diseño aplicado en este ensayo fue de parcelas divididas en un arreglo de bloques completamente al azar, con 20 tratamientos (ver cuadro 2). Se utilizaron un total de 40 plantas, distribuidos en dos bloques. La cantidad total de varetas por el estudio estadístico fueron de 100 varetas, con 12 grados de libertad. Se aplicó una prueba de análisis de varianza (ANVA) para conocer si se obtuvieron diferencias significativas o no, se aplicó la prueba de tukey para conocer la diferencia entre las medias obtenidas, así como el análisis de correlación de Pearson. Se ocupó el programa estadístico InfoStat con un nivel de significancia del 5%.

### 5.4.2 Descripción de tratamiento

En la metodología estadística se seleccionaron los árboles con características de improductivos para aplicarles un cambio de copa para el análisis estadístico los tratamientos quedaron distribuidos de la siguiente manera. (cuadro 2)

Cuadro 2. Tabla de distribución de tratamiento

TRATAMIENTOS	
T1: 1 Injerto sin bolsa	T11: 3 Injerto sin bolsa
T2: 1 Injerto Bolsa de charamusca	T12: 3 Injerto Bolsa de charamusca
T3: 1 Injerto Bolsas de 25 libras	T13: 3 Injerto Bolsas de 25 libras
T4: 1 Injerto Papel film	T14: 3 Injerto Papel film
T5: 1 Injerto Bolsas de residuos	T15: 3 Injerto Bolsas de residuos
T6: 2 Injerto sin bolsa	T16: 4 Injerto sin bolsa
T7: 2 Injerto Bolsa de charamusca	T17: 4 Injerto Bolsa de charamusca
T8: 2 Injerto Bolsas de 25 libras	T18: 4 Injerto Bolsas de 25 libras
T9: 2 Injerto Papel film	T19: 4 Injerto Papel film
T10: 2 Injerto Bolsas de residuos	T20: 4 Injerto Bolsas de residuos



### 5.4.3 Toma de datos

Las primeras tomas y observaciones se realizaron a los 15 días de haber iniciado el ensayo, la segunda toma de datos se realizó a los 21 días, la tercera toma de datos a los 28 días, la cuarta toma de datos se realizó a los 42 días y la última toma se realizó a los 152 días.

### 5.4.4 Tipos de envolturas y testigo utilizadas en el ensayo.

**Bolsas de polietileno de 7x20cm (BC):** son las comúnmente llamadas bolsas de charamusca.

**Bolsa de polietileno de 38x63cm (BL):** comúnmente llamadas bolsas de 25 libras.

**Papel o plástico film (PF):** es el plástico utilizado en alimentos que sirven para proteger y envolver comida en bandejas

**Bolsa de polietileno de 53x71cm (BR):** son las bolsas de residuos semitransparentes que son ocupadas para ponerlas en botes de basura.

**Injerto sin protección (SN):** Son los injertos que no se le aplicó ninguna protección.

### 5.4.5 Variables evaluadas.

#### Porcentaje de prendimiento.

El porcentaje de prendimiento se tomó después de 15 días y posteriormente se hizo otra toma de datos a los 42 días cuando ya se observó la presencia de callo en la unión de la vareta y el árbol que estuviera sano.

#### Grados días de desarrollo (GDD)

La toma de datos de esta variable se efectuó con ayuda de un termómetro. Se registró la temperatura en grados centígrados diariamente dos veces al día, la primera toma a las 7 am y a la segunda 2pm, hasta que todos los injertos de los tratamientos estuvieron brotados. La ecuación ocupada para obtener el dato es:

$$GDD = \sum T^{\circ} \bar{X} - T^{\circ} b$$

donde:

$\Sigma$ = sumatoria

$T^{\circ}\bar{X}$ = temperatura promedio diaria ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T^{\circ}b$ = temperatura base( $^{\circ}\text{C}$ ) en el tropico es 12

### **Número de yemas brotadas en vareta**

Se contabilizó el número de yemas brotadas a partir de la primera toma de datos y las condiciones que debían tener es que las yemas estuvieran emergidas y de color verde.

### **Número de hojas**

Se contabilizaron de forma directa y se registró las hojas que estaban desarrolladas.

### **Longitud de vareta cm**

Con una cinta métrica se midió desde el punto de cicatrización hasta el punto más alto de las yemas brotadas se comenzó a tomar los datos desde los 15 días posteriores de la injertación.

### **Diámetro de vareta cm**

Se tomo desde los 15 días posteriores de la injertación la toma de dato, se utilizó un vernier, los datos obtenidos se registraron en una tabla de apuntes.

## 6. Resultados y Discusión

### 6.1 Porcentaje de prendimiento

El registro de datos se comenzó a generar a partir de la brotación de las varetas injertadas. El prendimiento del injerto se evaluó a los 28, 42 y 152 días después de realizada la práctica, cuando se analizó la parcela grande que se refiere a número de injertos colocados en un tallo, se encontró que los árboles en la parcela donde se realizaron tres injertos, se obtuvo el 50% de éxito en el prendimiento del injerto, seguido de los árboles de la parcela donde se realizaron cuatro injertos con 45%, siendo finalmente, los árboles de la parcela de dos injertos que presentó 35% de éxito. (Figura 7<sup>a</sup>) Calderón Alcaraz (1998) afirma, que este tipo de injertación en árboles con madera leñosa es exclusivo para árboles adultos, principalmente para reconstrucción o cambios de variedades (cambio de copa), practicándose en ramas de diverso diámetro, que formen la estructura primaria o armazón del árbol recepado, por otra parte, Hartmann y Kester (1997) reporta que la unión se forma por completo mediante células que se desarrollan después de que se ha efectuado la operación del injerto, además debe resaltarse que la unión del injerto se logra por medio de contenido celulares conservando cada una de ellas (patrón y vareta) su propia identidad genética.

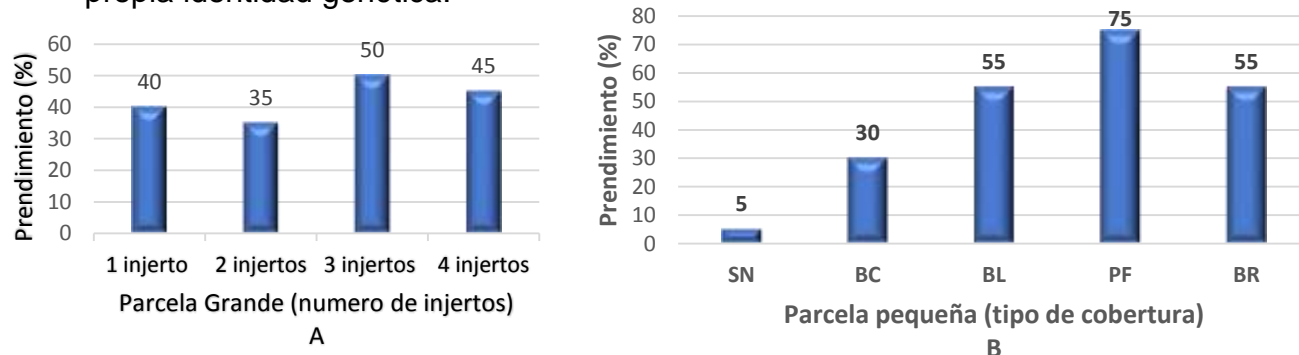


Figura 7. Comportamiento del porcentaje de prendimiento del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Estación Experimental y de Prácticas.

Asimismo, cuando se analizó las parcelas pequeñas referidas al tipo de protección de los injertos (figura 7B), el material de protección que resultó con mayor éxito en el prendimiento fue el papel Film (PF) con un 75% de éxito. Seguido de las bolsas

con polietileno semi transparente de 53 x 71 cm (BR) con 55% de éxito, de igual forma, cuando se usó la bolsa de 38 x 63 cm (BL) presentó 55% de éxito en el prendimiento también. Al respecto, Bermúdez (2021) observó que, cubriendo el injerto con una película transparente autoadherente, se ha logrado mejor protección que con la bolsa y un mayor éxito en el prendimiento del injerto, como menciona Zambrano (2010) que se amarra levemente la unión del injerto para que no se mueva la vareta. Se coloca una bolsa que cubra la vareta la que debe estar sujeta en la parte inferior del injerto ligeramente floja, para escurrir el agua y que tenga mayor éxito de prendimiento también, Barrios (2000) dice que se debe atar bien la cinta plástica en el injerto, evitando de esta forma que el injerto se mueva, al tiempo que queda protegido de la desecación. HIDALGO (2009), usando bolsa plástica, le permitieron obtener altos porcentajes de prendimiento, así mismo, RAMIREZ (2005), recomienda cubrir el injerto con bolsa plástica que evite la entrada de agua de riego o de lluvia y la deshidratación del injerto durante el proceso de prendimiento, generando el efecto de una cámara húmeda que favorece la unión de las partes.

## **6.2 Números de yemas brotadas**

Al realizar el Análisis de Varianza (ANVA) para esta variable, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los factores por separado, ni en las interacciones, en ninguno de los cuatro muestreos realizados a los 21, 28, 42 y 152 días después de realizado el injerto (ddi).

Al analizar las medias en cada uno de los muestreos para el factor parcela grande se observó una gran fluctuación en los muestreos a medida que transcurría el tiempo. Al principio de la brotación, los árboles de la parcela con cuatro injertos presentaron 4.32 yemas brotadas, en el tercer muestreo a los 42 ddi, fueron los árboles de la parcela con un injerto los que sobresalieron con 4.12 yemas brotadas ddi y en el último muestreo a los 152 ddi finalmente los árboles de la parcela con tres injertos, presentaron un promedio de 2.38, los que fueron superior en brotación de las yemas al terminar el período de muestreo. La situación presentada se explica porque en cada muestreo hubo varetas que no tuvieron éxito completo en el injerto y éstas

iban muriendo, lo cual se notaba por su apariencia pardo a negruzca y flácidas. Por otra parte, hubo yemas que en un inicio no brotaron y que en el último muestreo ya estaban emergidas, mostrando una tardanza en su brotación, probablemente, porque en el momento del injerto no estaban activas, no obstante, por la calidad del injerto practicado y su éxito, éstas encallaron y brotaron a su debido tiempo.



Figura 8. Comportamiento del número de yemas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Estación Experimental y de Prácticas (Parcela grande).

Con respecto al factor parcela pequeña en los promedios se refleja que en los tres muestreos los tratamientos sin protección presentaron desde 0.96 hasta 6.45 yemas brotadas, observando que al final de los 152 ddi, solamente sobrevivió un injerto de todos (0.96), es importante destacar que cuando se utilizó bolsa de residuos (BR) desde el primer muestreo las varetas permanecieron en buenas condiciones, de igual forma el papel Film (PF) y la bolsa de 25 libras (BL) con promedios desde 1.75 hasta 5.6 yemas brotadas (Figura 9).

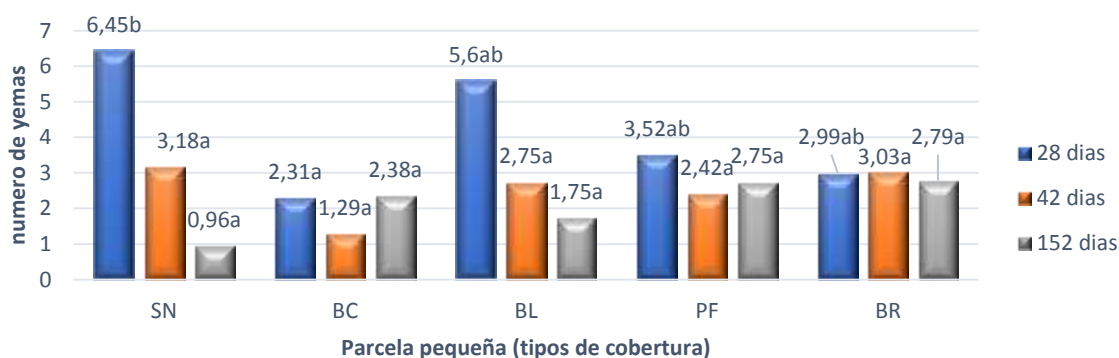


Figura 9. Comportamiento del número de yemas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña).

Al analizar las interacciones de factores y sus respectivas medias, se encontró que la interacción formada por árboles de la parcela con tres injertos y la bolsa de polietileno de 38 x 63 cm (correspondiente al T<sub>13</sub>) fueron los que presentaron un valor de 5.50 número de yemas brotadas, mientras que los T<sub>4</sub>, T<sub>17</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>19</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>15</sub> y T<sub>11</sub> presentaron promedios entre 3.50-4.77 yemas brotadas, considerando que la protección de los injertos es importante para el éxito en el prendimiento del injerto y su brotación adecuada (Figura 10) según, Aragón (2010) Cuando el vendaje es total, el desatado se realiza de 15 a 20 días. Si la yema mantiene el color marrón claro, significa que el injerto se ha prendido y cuando el vendaje es parcial la cinta plástica puede quitarse a partir de los 30 días de injertado. Braudeau, (1975) señala, que el desarrollo de las yemas y el número de brotaduras foliares están en estrecha relación con la temperatura como factor determinante, también la intensidad de las radiaciones solares (periodos equinocciales).

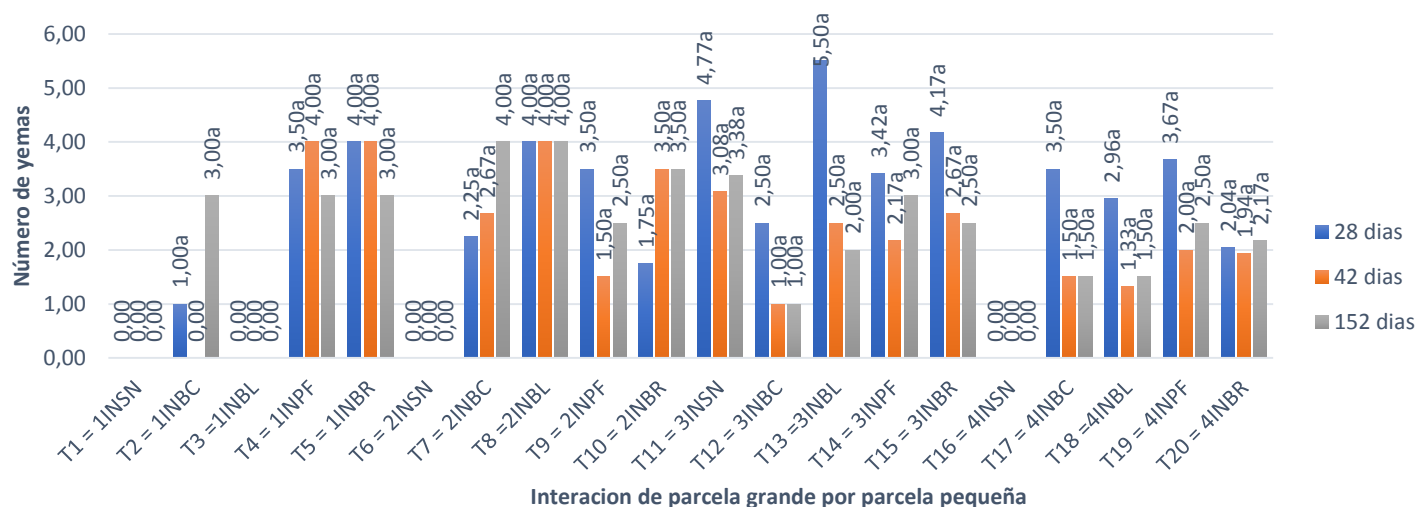


Figura 10. Comportamiento del número de yemas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Estación Experimental y de Prácticas interacción).

### 6.3 Número de hojas brotadas

Al analizar el ANVA, no se encontró diferencias significativas en los factores por separado ni en las interacciones, pero al observar las medias en cada uno de los muestreos (28, 42 y 152 ddi), en las “parcelas grandes” se observó una variación en los promedios de número de hojas, donde el factor donde se realizó 1 y 2 injertos

mostraron mayor crecimiento de hojas con valores de 6.02 y 5.52 respectivamente; al final de los tres muestreos el factor con un injerto presenta los mayores valores hasta de 18.17 hojas, levemente rebasado por los árboles con tres injertos y 18.18 hojas, encontrándose además los árboles de 4 injertos con 17.18 hojas.

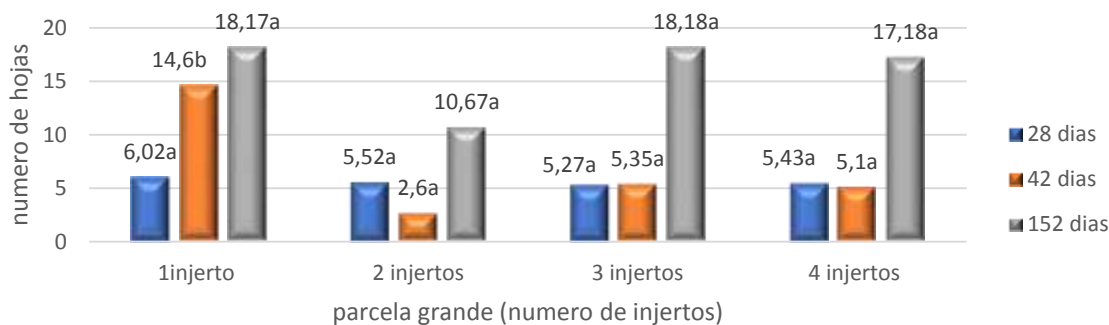


Figura 11. Comportamiento del número de hojas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña).

Con respecto al factor “la parcela pequeña”, encontramos que en el segundo y tercer muestreo (28 y 42 ddi), los tratamientos cubiertos con bolsa de 25 libras (BL) presentaron el mayor número de hojas, pero en el último muestreo el papel Film (PF) el que sobresalió con mayor número de hojas, no obstante, los diferentes tipos de protección generaron valores entre 14.37 y 20.88 número de hojas, presentando inferioridad en la cantidad de hojas cuando no se protegieron.

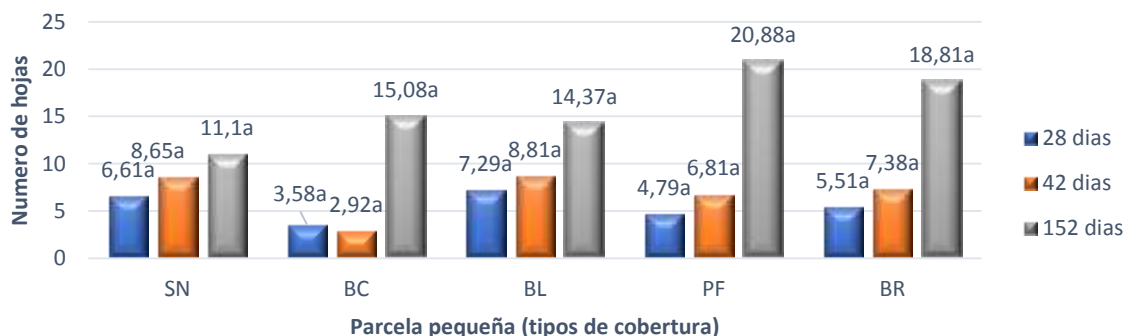


Figura 12. Comportamiento del número de hojas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao* L, en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña).

Cuando se analizaron las interacciones entre factores el tratamiento 8 ( $T_8= 2$  injertos con bolsa de 25 lbs) fue el que presentó el mayor número de hojas seguido del  $T_{20}$  con 27.25 hojas, pero en términos generales el resto de tratamientos mostraron valores entre 6.00-26.33 hojas, siendo el tratamiento testigo y los tratamientos sin protección los que finalmente murieron, exceptuando el  $T_{11}$  (3 injertos sin protección), el cual presentó 23.38 hojas. Al respecto, De Azcón y Talón (2003), mencionan que la emergencia de hojas y su tamaño se asocia a un aumento en la producción de etileno, probablemente hay acumulación de esta hormona dentro de la bolsa. Luján *et al* (2016) describe que el etileno tiene acción sobre diversos procesos, entre ellos reporta que se rompe la dormición de las yemas, promueve crecimiento diferencial de los pecíolos, siendo mayor en la cara superior de las hojas e incrementa el grosor de tallos jóvenes.

Cuando realizamos el análisis de Correlación de Pearson, se encontró una alta correlación positiva de  $r=0.78$  entre las variables número de yemas brotadas y número de hojas, demostrando que al aumentar el número de yemas brotadas también se incrementa el número de hojas pues son variables estrechamente dependientes, como esta enlazados con los GDD que es el inicio de la brotación de la yema. Beltrán y Córdoba, (2012), mencionan que la brotación de yemas y nuevas hojas es termoperiódica y tiene lugar cuando la temperatura media sobrepasa cierto valor y está asociado con un rango amplio de la temperatura diaria.



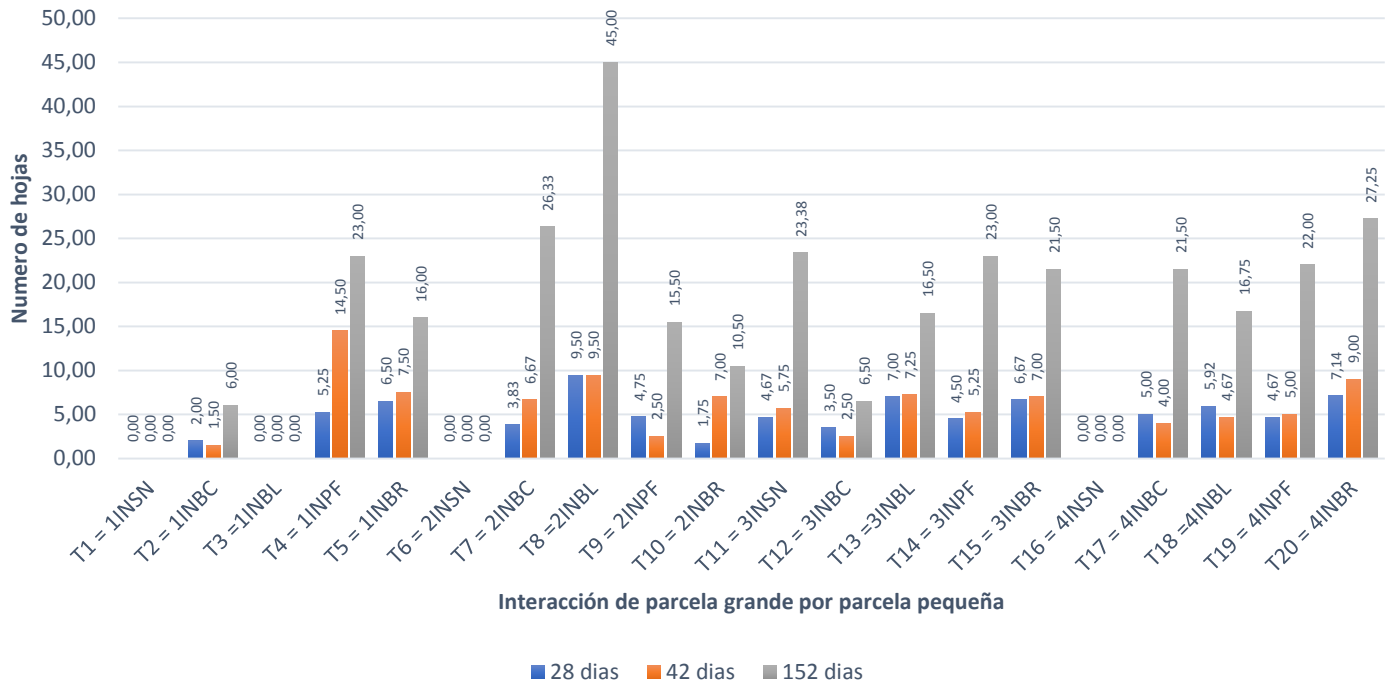


Figura 13. Comportamiento del número de hojas del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L*, en la Estación Experimental y de Prácticas (interacción)

### 6.4 Grados días de desarrollo (GDD)

Con respecto a esta variable, al analizar el ANVA, se encontró diferencias estadísticas significativas en la “parcela grande”. Al revisar los promedios se muestra que los árboles con 4 injertos tardaron 251.29 GDD, para brotar (Figura 14).

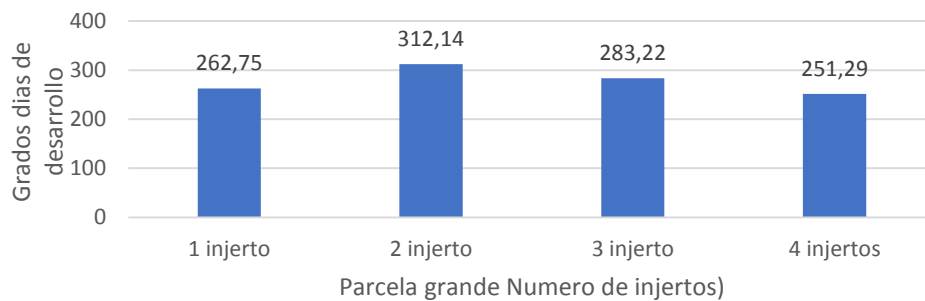


Figura 14. Comportamiento de los grados días de desarrollo GDD del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L*, en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela grande).

Por otra parte, al analizar los promedios de la “parcela pequeña”, se observa que los injertos protegidos con la bolsa de 7 x 20 cm (BC) fueron los que acumularon menos unidades calor para brotar (266.14 GDD). Romero y Moreno (2012), describe que los GDD son el método más aceptable para predecir el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas, logrando de esta manera determinar el período de tiempo y las condiciones climáticas necesarias para el desarrollo de un evento fenológico específico.

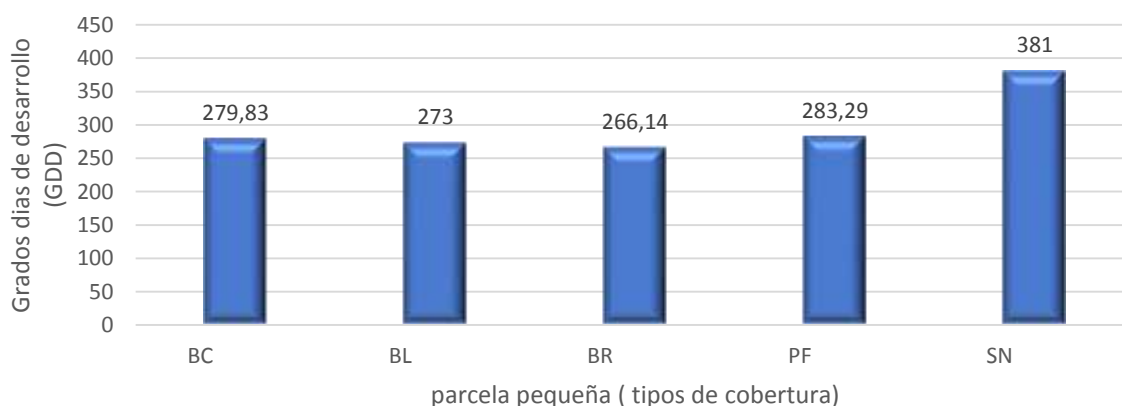


Figura 15. Comportamiento de los grados días de desarrollo GDD del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L.*, en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña)

Y en los tratamientos con las “interacciones” se encontró que T<sub>17</sub> (4 injertos con bolsa de BC, 7 X 20 cm), T<sub>18</sub> (4 injertos con bolsa de BL, 38 x 63 cm), T<sub>19</sub> (4 injertos con papel Film PF) y T<sub>20</sub> (4 injertos con bolsa de BR, 53 x 71 cm), fueron los injertos que tardaron menos en brotar con valores entre 239-265 GDD, considerando que estas fueron las unidades calor que tardaron las varetas en brotar después del éxito en el injerto, calculando que se refiere a un aproximado de 20 a 30 días después del injerto.

Pero en términos generales en la presente investigación se encontró un intervalo de 239-281 GGD (unidades calor) para brotar, muy similar a lo reportado por Romero y Moreno (2012) quienes encontraron un intervalo entre 233-395 GDD, en injertos en plantas de vivero, la acumulación de calor necesaria para la brotación en 20-30 días. Nos dice Snyder (1985) que los GDD son la acumulación de requerimientos de calor para completar una etapa fenológica determinada, porque el crecimiento

vegetativo de una planta o porción de ella, está influenciado por las temperaturas prevalcientes en el ambiente.

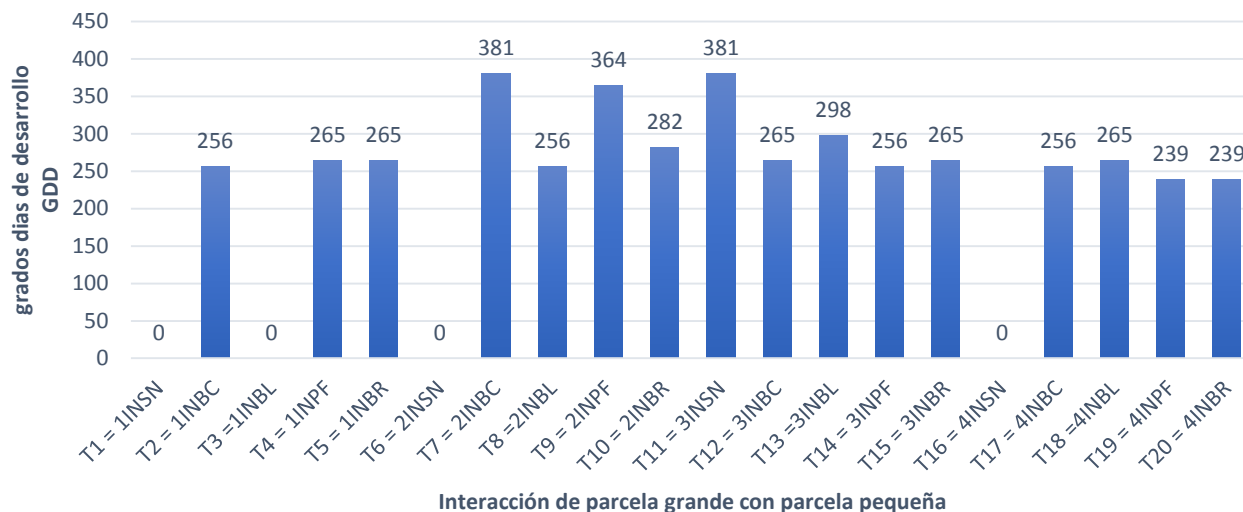


Figura 16. Comportamiento de los grados días de desarrollo GDD del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao* L, en la Estación Experimental y de Prácticas (interacción).

### 6.5 Diámetro de la vareta

Cuando los datos registrados para esta variable se sometieron al Análisis de Varianza (ANVA), no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los muestreos realizados, ni en los factores por separados e interacciones. Pero por lo relevante de los resultados en los promedios es importante analizarlos. Con respecto a las “parcelas grandes”, las varetas en los árboles con 4 injertos, presentaron los mas altos diámetros en el tercero y cuarto muestreo con valores de 0.71 y 0.99 cm respectivamente.



Figura 17. Comportamiento del diámetro del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L.*, en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela grande).

Cuando revisamos los promedios de las varetas injertadas en los árboles de las “parcelas pequeñas”, encontramos en el muestreo final, que la protección con bolsa para residuos, bolsas de 7 x 20 cm y el papel Film, mostraron los valores mayores con promedios de 0.92 cm, 0.93 cm y 0.95 cm respectivamente.

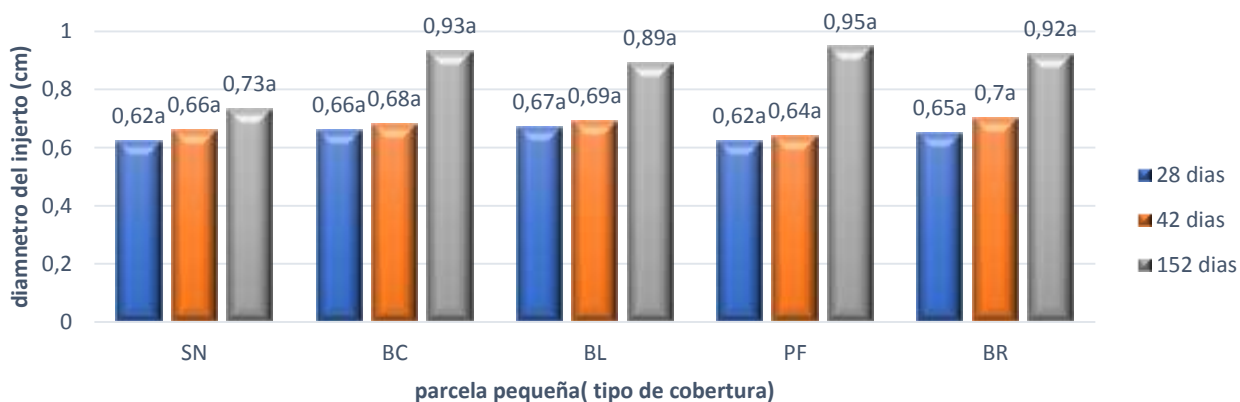


Figura 18. Comportamiento del diámetro del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L.*, en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña)

Al analizar los promedios de las interacciones encontramos que los tratamientos T17, T14, T15, T4, T8, T19, T20 y T7, muestran promedios desde 0.93-1.38 cm y todos son con protección de las varetas y con 1-4 injertos por árbol, por lo tanto, se considera importante la protección de los injertos para los cambios de copa en árboles de cacao.

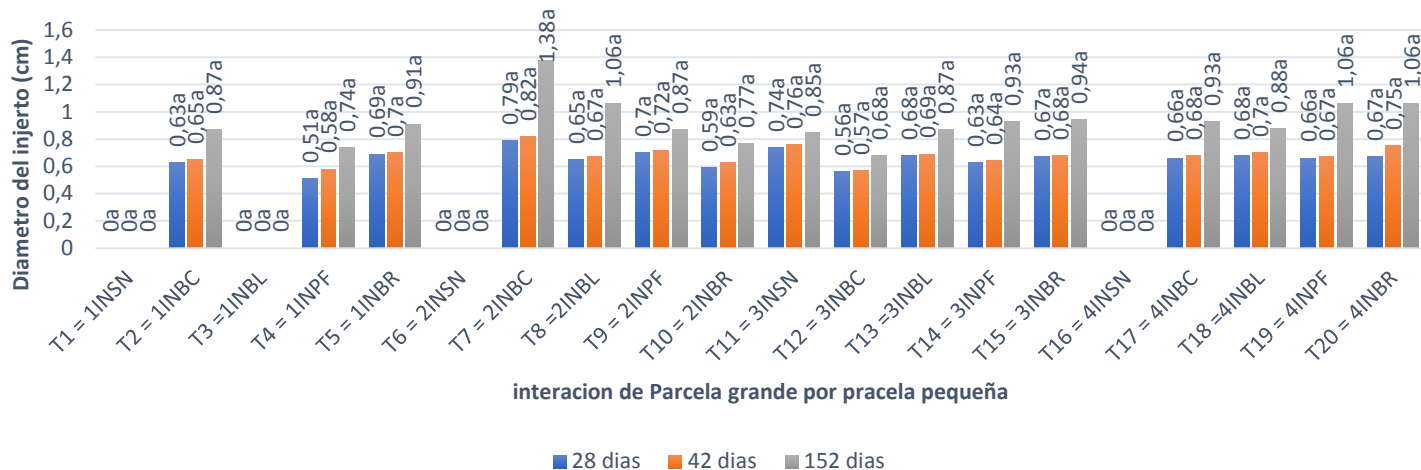


Figura 19. Comportamiento del diámetro del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao* L, en la Estación Experimental y de Prácticas (interacción).

Asimismo, al revisar los promedios del incremento de diámetro, es decir, las diferencias entre el último muestreo menos el primero encontramos que el T7 (2 Injertos y bolsa 7 x 20 cm), el T8 (2 injertos y bolsa de 38 x 63 cm) y el T4 (1 injerto papal Film) con los valores mayores de ganancia de tejido con un aumento de 0.68, 0.56 y 0.55 cm, siendo los primeros tratamientos de 2 injertos con bolsa de 7 x 20 y con bolsa de 25 libras respectivamente (Figura 20).

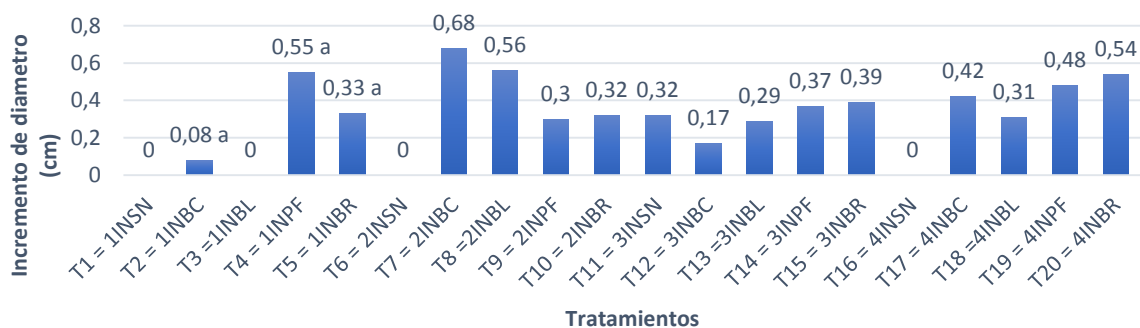


Figura 20. Comportamiento del diámetro del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao* L, en la Estación Experimental y de Prácticas (crecimiento del injerto).

Cuando realizamos el análisis de Correlación de Pearson, se encontró una alta correlación positiva de  $r=0.74$  entre las variables número de hojas y diámetro de la varetta, demostrando que al aumentar el diámetro de la varetta también se incrementa el número de hojas pues son variables estrechamente dependientes.

Parada-Berríos et al (2016) obtuvo resultados similares al evaluar la protección en plántulas de *Brossimum alicastrum*, afirmando que el uso de bolsa plástica genera un ambiente de alta humedad relativa en los injertos creando un ambiente adecuado alrededor de la unión del injerto, donde se conserva una elevada humedad, porque el nuevo tejido de callo originado en la región cambial está formado por células de pared delgada y turgentes que con facilidad pueden secarse y morir, si no se protegen.

### 6.6 Longitud de varetta

El Análisis de Varianza para esta variable no generó diferencias estadísticas significativas en ninguno de los muestreos, ni en los factores por separados, ni en la interacción de los mismos, no obstante, en el segundo muestreo se presentó diferencias estadísticas por efecto de los bloques.

Al analizar los promedios de las “parcelas grandes”, observamos que los árboles que se les realizó tres y cuatro injertos fueron los que crecieron más en los últimos tres muestreos, siendo más evidente en el muestreo a los 152 días, donde los árboles con 3 y 4 injertos presentaron 40.14 y 45.50 cm de largo respectivamente.



Figura 21. Comportamiento de la longitud del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L*, en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela grande).

Con respecto a la “parcela pequeña” hubo mejor desarrollo en los árboles con protección, sobresaliendo a los 152 días con valores entre 38.67-45.92 cm de longitud, siendo el menos desarrollado el único que sobrevivió de los que no se protegieron.

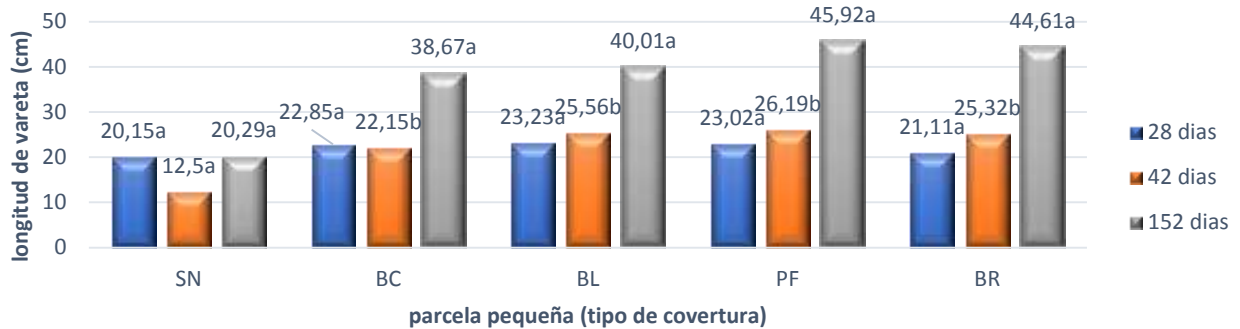


Figura 22. Comportamiento de la longitud del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L.* en la Estación Experimental y de Prácticas (parcela pequeña).

En cuanto a las interacciones entre factores los tratamientos más sobresalientes en la longitud de sus varetas fueron: T<sub>15</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>17</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>18</sub>, T<sub>19</sub>, T<sub>7</sub> y T<sub>20</sub>, con valores desde 47.00 cm hasta 60.94 cm de largo ya consideradas como ramas perfectamente desarrolladas (Figura 22).

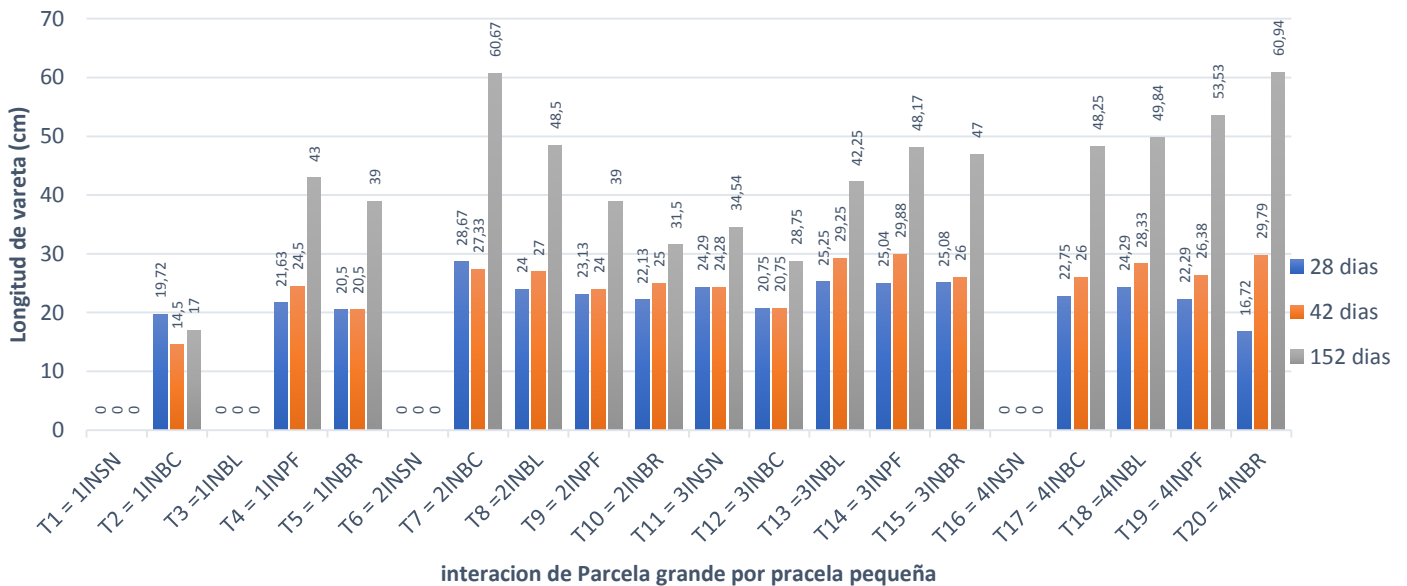


Figura 23. Comportamiento de la longitud del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L.* en la Estación Experimental y de Prácticas (interacción).

Además al analizar los promedios del incremento de altura encontramos al T<sub>20</sub> (4 injertos y bolsa de residuos) y T<sub>7</sub> (2 injerto y bolsa de 7 x 20 cm), como los tratamientos con la mayor ganancia de altura con valores de 38.75 y 38.34 respectivamente.

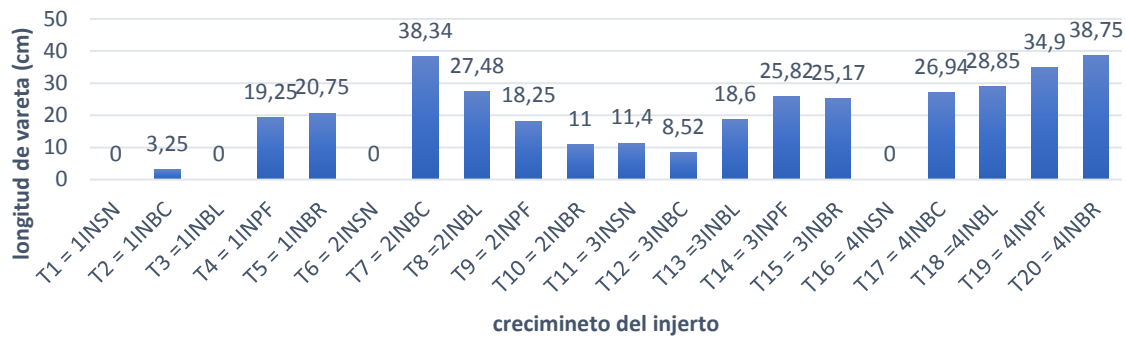


Figura 24. Comportamiento de la longitud del injerto en el cambio de copa árboles improductivos de cacao *Theobroma cacao L.*, en la Estación Experimental y de Prácticas (crecimiento del injerto)

Cuando realizamos el análisis de Correlación de Pearson, se encontró una alta correlación positiva de  $r=0.87$  entre las variables diámetro de la vareta y longitud de la vareta, al aumentar el diámetro de la vareta incrementa la longitud de la vareta,  $r=0.73$  longitud de la vareta y número de hojas, al aumentar la longitud de la vareta, se incrementa el número de hojas, son variables estrechamente dependientes. Como dice (Hardy, 1960) que en términos generales cuanto mayor sea el diámetro del patrón y el de la vareta, más vigoroso y más rápido será el crecimiento del injerto. Nos dice VERA y LOPEZ (2007) que el crecimiento en la longitud del brote en injertos, sea más exitoso con Longitud brote en técnicas de injertación, debe tomarse en cuenta el uso de material vegetativa de buena calidad y además que la operación se realice en menos de tres minutos, GRANDEZ (2005), quien afirma que el desarrollo longitudinal del brote no se manifiesta por el tipo de injerto, sino por las hormonas reguladoras de crecimiento. Por lo tanto, en la injertación se debe contar con portainjertos y varetas muy selectas, producidas bajo estándares de manejo adecuado.



## **7 Conclusiones**

No se encontraron diferencias significativas en el estudio, se determinó que los mejores tratamientos fueron, el de 3 injertos seguido del de 4 con promedios de 50% y 45%, así como la protección con papel film que nos dio un porcentaje sobresaliente a las demás con 75%

La protección de los injertos fue determinante en el éxito de los mismos, considerando que los mejores materiales de protección fueron superiores, las que se cubrían totalmente, como lo son la bolsa de 25 libras, así como la de papel film y la de bolsas de residuos que generaban un microclima más adecuado para la cicatrización de la vareta y el patrón.

## **8 Recomendaciones**

Para obtener resultados óptimos en el prendimiento se debe considerar la preparación de la vareta aproximadamente 14 días antes de la injertación.

Se recomienda usar protecciones que cubran toda la vareta e injertar entre 2 a 4 varetas por árbol para garantizar un éxito mayor del 50%.

Se recomienda realizar injertos malayos cuando la producción es baja, por diferentes factores, se aplica un cambio de copa a los árboles improductivos, ya que esta técnica el injerto produce en un tiempo más corto que el injerto en vivero.

## 9 Bibliografías

- Aguilar, A. 2005. Estudio de prefactibilidad para la producción artesanal de chocolates. (en línea) Consultado 11 abril 2022 disponible en: [https://censalud.ues.edu.sv/CDOCDeployment/documentos/Estudio\\_prefactibilidad\\_para\\_produccion\\_artesanal\\_de\\_chocolates.compressed.pdf](https://censalud.ues.edu.sv/CDOCDeployment/documentos/Estudio_prefactibilidad_para_produccion_artesanal_de_chocolates.compressed.pdf)
- Alemán, G. 2016. Cadena cacao cosechando conocimientos en Centroamérica (en línea) consultado el 2 de abril del 2022 disponible en: <https://cadenacacaoca.info/>
- Alianza Cacao, 2016. Requisitos en cacao (En línea) consultado el 30 de marzo del 2022 disponible en: <http://www.alianzacacao.org/es/page/como-participo>
- Anecacao (Asociación Nacional de Exportadores de Cacao, Ecuador). 2017. manejo práctico de podas en cacao para el mejoramiento de la producción. Ecuador: Disponible en: [http://www.anecacao.com/uploads/SEMINARIOS/EL-ORO/james-quiroz.pdf] Consultado en junio 2020
- Antolínez, G. 2012. Guía Técnica para el Cultivo del Cacao, V Edición. FEDECACAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia. 190 p.
- Aragón, P. 2010. Práctica del injerto y tipos de injertos en cacao, guía técnica del cultivo de cacao, el Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG. 20 p
- Aranzazu, H. 2008. Compatibilidad e intercompatibilidad de materiales universales y regionales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia (FEDECACAO). (diapositivas). Venezuela, oct. De 2008. 42 diapositivas.
- Arévalo, M; Gonzales, D; Maroto, S; Delgado, T; Montoya, P. 2017. Manual Técnico del Cultivo de Cacao: Buenas Practicas para America Latina. San José, Costa Rica. 136 p.
- Azcón, J; Talón, M. 2003. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid. ES. Mc Graw Hill. 522 p.
- BARRIOS, R. 2000. El injerto en el *Theobroma Cacao* L., método económico para la renovación de plantaciones viejas, Suelo tico (Costa Rica) 87-89 p.
- Beltran, J. & Cordoba, R. (2012). Comportamiento ecofisiológico de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), propagados mediante tres métodos de injertación. Universidad de Tolima, facultad de ingeniería Agronomica. Ibagué - Tolima: Universidad de Tolima.
- Bermúdez, J. 2021 injertación, mejoramiento genético en cacao (en línea) progresacaribe, consultado 8 octubre 2023. disponible en <https://progresacaribe.info/injertacion-en->



- González, D. 2017. BUENAS PRÁCTICAS DEL MANEJO DEL CACAO, San José, C.R.: IICA. (en línea) Consultado 3 abril 2022 disponible en <file:///C:/Users/usuario/Downloads/BVE17089191e.pdf>
- Gutiérrez, M. 2007. Selección de Plantas con Potencial Semillero. Informe de Consultoría. GTZ-PDRS/GOREPiura.
- Hardy, F. 1960. Manual de Cacao. Turrialba, Costa Rica : Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/300fd12d-70fd-45b7-a68a-ee1052815625/content>
- Hartmann, H; Kester, D. 1997. Propagación de plantas principios y práctica. Sexta edición. Compañía editorial continental S.A de C.V México. p 760
- HIDALGO, L. 2009. Efecto de técnicas y sistemas de protección en la injertación de sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.), bajo condiciones de vivero. Tesis Ing. Agrónomo, San Martín, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 104p.
- Hipernova, C. 2007. El cacao: plantaciones, producción, polinización, plagas, variedades, composición y efectos del cacao. (en línea) consultado el 10 de abril del 2022 disponible en: <http://www.hipernova.cl/Notas/EICacao.html>
- Infocacao (Comité Nacional Cadena de Cacao, Honduras) 2015. Podas en el cultivo de cacao. Boletín N°3 de octubre. Consultado 26 noviembre 2022, Disponible en [\[http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao\\_pdfs/infocacao/InfoCacao\\_No3\\_Oct\\_u\\_2015.pdf\]](http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No3_Oct_u_2015.pdf).
- López, M. 2015. Presentación de resultados: Evaluación de la diversidad genética de cacaos en Honduras a través de marcadores moleculares SSR y SN'P. FHIA, PROCACAO, USDA, World Cocoa Foundation.
- Luján, SV., Rissola, MG., Chindamo, M. y Manfreda, VT. 2016. Efectos de la hormona vegetal etileno en diversas especies vegetales. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (en línea) consultado 25 noviembre 2022. Disponible en <https://www.unicen.edu.ar/content/efectos-de-la-hormona-vegetal-etileno-en-diversas-especies-vegetales>.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). s. f. Práctica del injerto y tipos de injertos en cacao. 20 p.
- Márquez, J. 2006. Manual técnico de propagación del cacao. La Habana, Cuba, 49 p. Palencia, G. 2000. Propagación del árbol de cacao. In consultado el 29 de junio del 2023 disponible en: [file:///C:/Users/oviedo/Downloads/Injertos%20y%20otras%20tecnicas%20de%20propagacion%20del%20cacao%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/oviedo/Downloads/Injertos%20y%20otras%20tecnicas%20de%20propagacion%20del%20cacao%20(2).pdf)

- Mendoza, I. 2009. Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales. Guía Técnica para Promotores. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio de El Castillo, PRODESOC Río San Juan. IPADE, Managua, Nicaragua. 70 p
- Nello, N. 2018. Guía técnica para la restauración en El Salvador Sistemas agroforestales de cacao Guía técnica para la restauración en El Salvador, 4. San José, Costa Rica: UICN-ORMACC. xii, 24 p
- Orozco, C; Barranco, J. 2005. Evaluación de cinco clones de cacao, Theobroma cacao L. a cuatro edades diferentes del patrón en etapa de vivero, en la Estación Experimental Caribia. Santa Marta. Tesis Ing. Agr. Universidad de Magdalena, Facultad de Ingeniería. 68 p.
- Parada-Berríos, FA; Barrera-Santos, DA; Quintanilla, JR. 2016. Propagación vegetativa de ojushte (*Brosimum alicastrum* Swartz) utilizando modificaciones de dos técnicas de injerto y su incidencia en el éxito del prendimiento. Informes Técnicos: Rescate y desarrollo de germoplasma de ojushte con alto potencial genético de rendimiento, nutricional y comercial. Universidad de El Salvador. Financiado por PRESANCA II/CSUCA. 126 p.
- Paredes, M. 2000. Rehabilitación – Renovación en Cacao. Lima, PE, USAID. 55 p.
- Pérez, M. 2017. Podas en Cacao, FUNDACIÓN MCCH (en línea), consultado 8 abril 2022 disponible en: [http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Podas\\_en\\_cacao.pdf](http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Podas_en_cacao.pdf)
- Ramírez, A. 2016. Una estrategia validada para renovar las plantaciones e incrementar la productividad, la Cooperación Técnica Alemana-GIZ y el Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG. El Salvador, San Salvador. 37 p
- Ramírez, O. 2019. COMPATIBILIDAD SEXUAL DE CULTIVARES DE CACAO PARA DESARROLLAR PROPUESTAS DE PLANTACIONES CON ARREGLOS POLICLONALES (en línea) Tela, Atlántida, Honduras. Consultado el 28 de junio del 2023. disponible en: <http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Lunes%2029%20abril/7-%20Compatibilidad%20Sexual%20en%20Cacao.pdf>
- Ramírez, T. 2005. El injerto de púa: Un excelente método para la propagación vegetativa del rambután (*Nephelium lappaceum*, L.). La Lima, Cortes, Honduras C.A. FHIA. Programa de Diversificación.
- Ramos, YM; Rivas García, AT y Villata Cartagena LB. 2015. Evaluación de diferentes tipos de injerto en Cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento en fase de vivero. Tesis. Ing. Agr. Universidad de El Salvador. San Salvador, SV. P44-45.
- Romero, C. 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.
- Roque, J. 2011. Hoja botánica: Cacao Theobroma cacao L. Lima, Perú (en línea) consultado el 31 de marzo del 2022 disponible en: [http://www.botconsult.com/downloads/Hoja\\_Botanica\\_Cacao\\_2012.pdf](http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf)
- Sáenz, B. 2007. Un acercamiento a la ecofisiología del cacao. Bogotá, Colombia. 32 pp.
- Salquero, M. 2020. Historia del Cacao Salvadoreño (en línea) consultado 29 marzo 2022 disponible en <https://guanacos.com/cacao-salvadoreno/#:~:text=Historia%20del%20Cacao%20Salvadore%C3%B1o%20%E2%80%93%201524,conocida%20como%20%E2%80%9CLos%20Izalcos%E2%80%9D>.
- Sánchez, V. 2014. Programa de Gestión Rural Empresarial, Sanidad y Medio Ambiente PROGRESA CARIBE (en línea) consultado 20 marzo 2023 disponible en <https://progresacaribe.info/about/>
- Snyder, L. 1985. Hand Calculating degree days. Agricultural and Forest Meteorology. 35: 353-358.
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2019. Alianza cacao El Salvador (en línea). Consultado el 5 de abril de 2022 Disponible en: <https://www.usaid.gov/documents/1862/alianza-cacao-el-salvador>
- Valenzuela, J. 2012. EL CULTIVO DE CACAO (en línea) consultado 4 abril 2022 disponible en: <https://www.fedecacao.com.co/>
- Vásquez, N. 2010. Reproducción sexual del cacao, CATIE ,Turrialba, Costa Rica 48 p.
- Vidal, L. 2002. Aislamiento y cuantificación de Catequinas involucradas con la incompatibilidad en injertos de Guanábano (Annona muricata L.). Tesis para obtener el grado de Doctorado en Ciencias. Área: Biotecnología. 146 p
- WCF (World Cocoa Foundation) 2012. Cocoa market Update. WCF. Washington, D.C. Estados Unidos de América. 6 p
- Zambrano, L. 2010. establecimiento, manejo y capacitación en vivero de cacao (theobroma cacao l) utilizando dos tipos de injertos en la comunidad de naranjal ii del cantón quininde provincia de esmeraldas, universidad técnica de manabí facultad de ingeniería agrícola, portoviejo - manabí – ecuador 34 p

## 10 Anexos

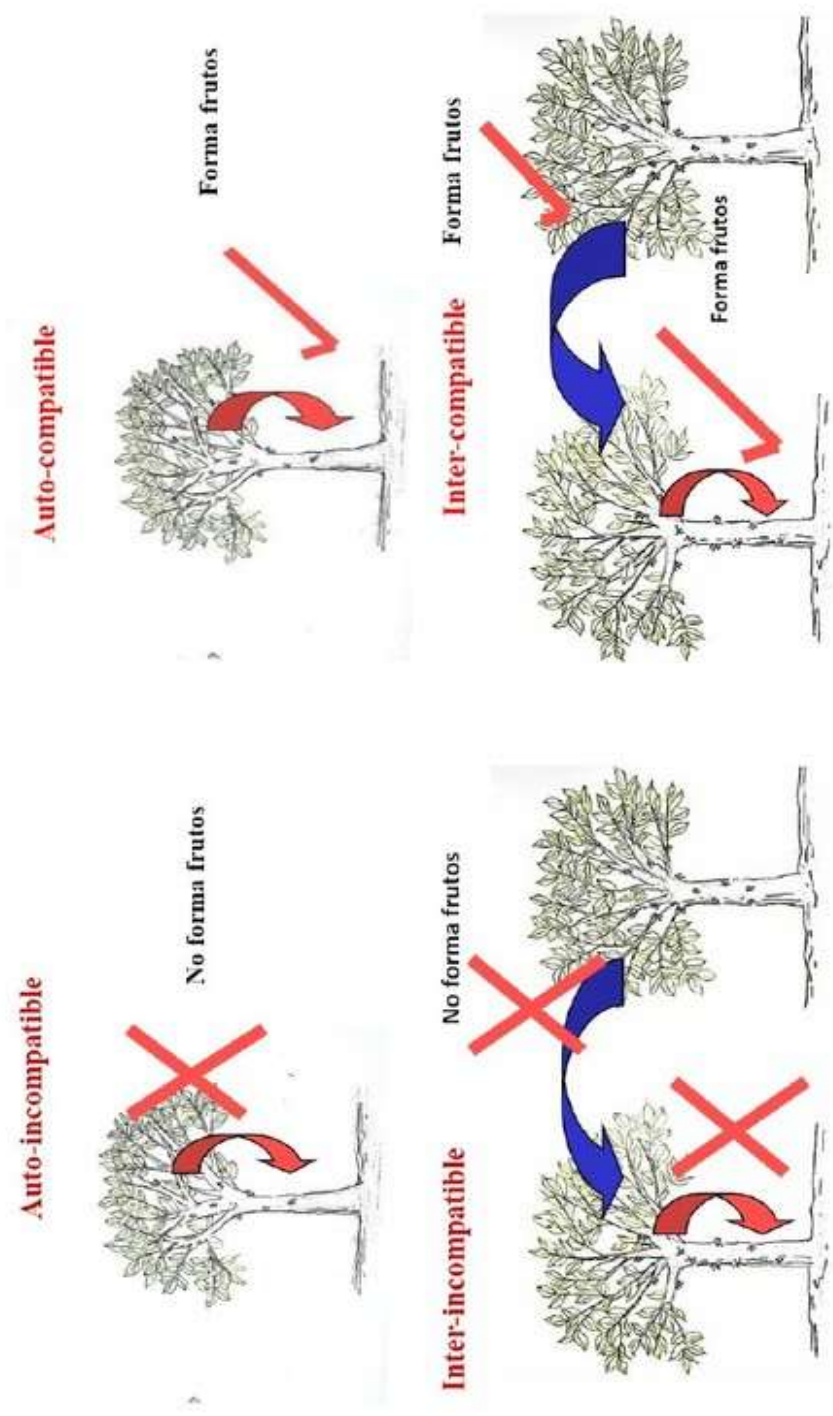
Anexo 1. injertos en un periodo de 5 meses



Anexo 2. Revisión y toma de datos en los injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.)



Anexo 3. compatibilidad e incompatibilidad ilustrada en cacao





Anexo 4. Mapa de la plantación de cacao en la estación experimenta con la parcela de café.

		Número de surcos																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<b>Número de plantas</b>																							
14																							TrS
13		TrS		TrS	TrS	TrS	TrS	TrS		TrS	TrS	TrS	TrS	TrS			TrS					TrS	CTr
12		TrS		TrS	CTr	CTr	TrS	TrS			TrS	TrS	TrS	CTr			TrS	TrS		CTr		CTr	CTr
11				TrS	TrS	TrS	TrS	TrS			TrS		TrS	CTr	CCr	TrS	TrS	TrS		TrS		TrS	TrS
10					CCr	CTr	CTr	CTr		TrS	CTr	CTr	CTr	CTr	CTr	TrS	TrS	TrS		TrS		CTr	TrS
9					CTr	TrS				TrS	TrS	TrS	TrS	TrS	CTr	TrS				TrS		CTr	CTr
8					CTr	CTr				TrS			CTr	CTr	CTr	TrS				CCr		CTr	CTr
7					TrS	CTr	TrS			TrS			CTr	CTr	CTr	TrS				TrS		TrS	CTr
6					CTr	CTr	TrS						CTr	CTr	CTr	TrS				TrS		CTr	CTr
5					CTr	CTr	TrS			TrS			CTr	CTr	CTr	TrS				TrS		TrS	CTr
4					CTr	CTr	TrS						CTr	CTr	CTr	TrS				TrS		TrS	TrS
3	TrS				CTr	CTr	TrS			TrS			CTr	CTr	CTr	TrS				TrS		CCr	CCr
2	TrS				CTr	CTr	TrS			TrS			TrS	TrS	CTr	TrS	TrS	TrS		TrS		CTr	CCr
1	TrS				CCr	TrS	TrS			TrS			TrS	TrS	CTr	TrS	TrS	TrS	TrS	TrS		TrS	CTr

CrS (criollo por semilla)  
 CCr (Clon criollo)  
 TrS (Trinitario por semilla)  
 CTr (Clon Trinitario)





Anexo 7. resumen de análisis de varianza (anva de las tomas de datos 21, 28, 38, 42 y 152 días).

Variables	C.M.E	C.V.	R <sup>2</sup>	factor A ("parcela grade")		factor B ("parcela pequeña")		interacción AxB	
<b>toma de datos a los 21 días</b>									
Longitud de vareta cm	9.88	15.15	0.86	0.1417	NS	0.6222	NS	0.0633	NS
numero de yemas en vareta	3.77	66.28	0.63	0.2772	NS	0.4567	NS	0.5972	NS
Numero de hojas	3.41	48.78	0.83	0.2423	NS	0.6059	NS	0.0839	NS
diámetro de injerto	0.01	14.09	0.88	0.3394	NS	0.4177	NS	0.0147	*
<b>toma a los 28 días</b>									
Longitud de vareta cm	6.15	10.93	0.8	0.0366	*	0.6494	NS	0.2611	NS
numero de yemas en vareta	1.85	41.86	0.73	0.0744	NS	0.2839	NS	0.4346	NS
Numero de hojas	6.08	48.61	0.74	0.8033	NS	0.1805	NS	0.4224	NS
GDD	230.74	5.44	0.96	0.0002	**	0.3758	NS	0.0004	**
diámetro de injerto	0.01	12.2	0.76	0.1441	NS	0.349	NS	0.1821	NS
<b>toma a los 42 días</b>									
Longitud de vareta cm	6.96	10.37	0.89	0.301	NS	0.1347	NS	0.2759	NS
numero de yemas en vareta	0.63	33.9	0.87	0.2435	NS	0.0637	NS	0.1758	NS
Numero de hojas	5.51	40.81	0.82	0.3248	NS	0.1563	NS	0.136	NS
diámetro de injerto	0.004	9.46	0.77	0.5205	NS	0.3103	NS	0.2289	NS
<b>toma a los 152 días</b>									
Longitud de vareta cm	309.6	41.17	0.61	0.2707	NS	0.9378	NS	0.8168	NS
numero de yemas en vareta	0.82	35.86	0.81	0.2067	NS	0.5244	NS	0.4805	NS
Numero de hojas	289.71	89.67	0.64	0.4864	NS	0.8734	NS	0.7028	NS
diámetro de injerto	0.06	26.85	0.61	0.3983	NS	0.9963	NS	0.5256	NS
Incremento de diámetro	0.06	68.45	0.55	0.4329	NS	0.9973	NS	0.7507	NS
Incremento de longitud del injerto	354.33	85.81	0.55	0.3048	NS	0.9590	NS	0.9029	NS

**Anexo 8. análisis de Correlación de Pearson para todas las variables.**

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Diámetro de vareta cm	Diámetro de vareta cm	27	1.00	<0.0001
	Longitud de vareta cm	27	0.87	<0.0001
	numero de yemas en vareta	27	0.25	0.2012
	Numero de hojas	27	0.74	<0.0001
	GDD	27	0.07	0.7399
	diámetro de injerto dif	27	0.93	<0.0001
	longitud de la vareta dif	27	0.87	<0.0001
Longitud de vareta cm	Diámetro de vareta cm	27	0.87	<0.0001
	Longitud de vareta cm	27	1.00	<0.0001
	numero de yemas en vareta	27	0.16	0.4249
	Numero de hojas	27	0.73	<0.0001
	GDD	27	-0.16	0.4130
	diámetro de injerto dif	27	0.84	<0.0001
	longitud de la vareta dif	27	0.98	<0.0001
numero de yemas en vareta	Diámetro de vareta cm	27	0.25	0.2012
	Longitud de vareta cm	27	0.16	0.4249
	numero de yemas en vareta	27	1.00	<0.0001
	Numero de hojas	27	0.43	0.0270
	GDD	27	0.08	0.6766
	diámetro de injerto dif	27	0.29	0.1467
	longitud de la vareta dif	27	0.15	0.4455
Numero de hojas	Diámetro de vareta cm	27	0.74	<0.0001
	Longitud de vareta cm	27	0.73	<0.0001
	numero de yemas en vareta	27	0.43	0.0270
	Numero de hojas	27	1.00	<0.0001
	GDD	27	-0.16	0.4146
	diámetro de injerto dif	27	0.78	<0.0001
	longitud de la vareta dif	27	0.71	<0.0001
GDD	Diámetro de vareta cm	27	0.07	0.7399
	Longitud de vareta cm	27	-0.16	0.4130
	numero de yemas en vareta	27	0.08	0.6766
	Numero de hojas	27	-0.16	0.4146
	GDD	27	1.00	<0.0001
	diámetro de injerto dif	27	-0.06	0.7644
	longitud de la vareta dif	27	-0.19	0.3372
diámetro de injerto dif	Diámetro de vareta cm	27	0.93	<0.0001
	Longitud de vareta cm	27	0.84	<0.0001
	numero de yemas en vareta	27	0.29	0.1467
	Numero de hojas	27	0.78	<0.0001
	GDD	27	-0.06	0.7644
	diámetro de injerto dif	27	1.00	<0.0001
	longitud de la vareta dif	27	0.85	<0.0001
longitud de la vareta dif	Diámetro de vareta cm	27	0.87	<0.0001
	Longitud de vareta cm	27	0.98	<0.0001
	numero de yemas en vareta	27	0.15	0.4455
	Numero de hojas	27	0.71	<0.0001
	GDD	27	-0.19	0.3372
	diámetro de injerto dif	27	0.85	<0.0001
	longitud de la vareta dif	27	1.00	<0.0001