

**Evaluación de cinco métodos de injertación en el cultivar de cacao (*Theobroma cacao* L.)
bajo condiciones de vivero en el municipio de San Vicente de Chucuri, Santander.**

Camilo Andrés Calderón Sanabria

**Universidad de Pamplona
Facultad de Ciencias Agrarias
Departamento de Agronomía
Programa de Ingeniería Agronómica.**

**Evaluación de cinco métodos de injertación en el cultivar de cacao (*Theobroma cacao* L.)
bajo condiciones de vivero en el municipio de San Vicente de Chucuri, Santander.**

Camilo Andrés Calderón Sanabria
1.102.723.345

**Trabajo de grado modalidad investigación presentado como requisito para optar al título
de Ingeniero Agrónomo**

Tutor externo

I. A. Diannefair Duarte Hernández

Tutor Académico

I. A. MSc. Walter Eliécer Zuleta Celedón

Universidad de Pamplona
Facultad de Ciencias Agrarias
Departamento de Agronomía
Programa de Ingeniería Agronómica
Pamplona 2019.

Agradecimientos

A la Universidad de Pamplona, la Facultad de Ciencias Agrarias y al programa de Ingeniería Agronómica por la oportunidad de adquirir una educación de calidad con personal capacitado en todas las áreas propias de nuestra carrera.

A la unidad técnica de la Federación Nacional de Cacaoteros del municipio de San Vicente de Chucuri, Santander, en cabeza del Ingeniero Agrónomo Diego Armando Gómez y al programa de investigación y su cuerpo técnico por el apoyo y la confianza brindada durante el desarrollo de la práctica.

Al Ingeniero Agrónomo MSc. Walter Zuleta Celedón por la orientación y a los jurados por sus correcciones.

Resumen

El presente trabajo se realizó en el municipio de San Vicente de Chucuri departamento de Santander bajo las directrices del programa de investigación de la Federación Nacional de Cacaoteros y tenía como objetivo evaluar el comportamiento de cinco métodos de injertación en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de vivero. Los tratamientos constaron de los siguientes métodos de Injertación: T1 púa terminal, T2 púa lateral, T3 parche en plantas de 3 meses, T4 parche en plantas de 2 meses y T5 injerto por aproximación. El proceso de injertación se realizó sobre plantas de patronaje Caucasia (CAU) – 39 con material del clon regional Fedecacao San Vicente (FSV) 41 proveniente de la granja experimental Villa Mónica propiedad de la Federación Nacional de Cacaoteros. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con 4 repeticiones por tratamiento y 25 plantas por repetición. Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de prendimiento al momento del destape, porcentaje de brotación 30 días después de la injertación, longitud del brote principal y emisión de hojas de manera quincenal a partir del momento del destape hasta los 90 días después de la injertación, la medición de las variables se realizó sobre el total de las plantas que conformaron el experimento. Al momento del destape el tratamiento que presentó mejor porcentaje de prendimiento fue el método de injertación por aproximación con un 94%, el mejor porcentaje de brotación a los 30 días de la injertación se obtuvo con el tratamiento de púa terminal con 98%, los mejores resultados relativos en las variables longitud del brote y número de hojas emitidas también se obtuvieron en este tratamiento, púa terminal con un promedio de 16,96 cm de longitud y 8 hojas al finalizar la medición, 90 días después de la injertación.

Tabla de contenido

Capítulo 1.....	1
Introducción	1
1. Problema.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	3
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
Capítulo 2.....	5
3. Marco Referencial	5
3.1. Antecedentes	5
3.1.1. Internacionales	5
3.1.2. Nacional	6
4. Marco contextual.....	8
4.1.1. San Vicente de Chucuri	8
4.1.2. Federación Nacional de Cacaoteros.....	9
4.1.3. Vivero Mata de Fique	9
4.2. Marco Teórico	9
4.2.1. El cultivo de Cacao	9

4.2.2.	Morfología del Cacao	11
4.2.3.	Clasificación taxonómica del cacao.....	12
	Tabla 1. Clasificación taxonómica del cacao (<i>Theobroma cacao</i> , L).....	12
4.3.	Condiciones de suelo requeridas para el cultivo de cacao	13
4.4.	El cultivo de cacao en Colombia.....	13
4.5.	Propagación asexual por injertación	14
4.5.1.	Métodos de injertación.....	14
4.6.	Marco Legal	16
	Capítulo 3.....	18
5.	Metodología	18
	Capítulo 4.....	24
6.	Resultados	24
6.1.	Porcentaje de prendimiento.....	24
6.2.	Porcentaje de brotación	25
6.3.	Longitud del brote principal.....	25
6.4.	Numero de hojas.....	26
7.	Conclusiones	28
8.	Recomendaciones.....	29
	Bibliografía	30
9.	Anexos.....	32

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cacao (<i>Theobroma cacao</i> , L).....	12
--	----

Lista de figuras

Figura 1. Injertación en púa terminal	19
Figura 2. Injerto de púa terminal.....	19
Figura 3. Injerto de púa lateral	20
Figura 4. Injertación en púa lateral	20
Figura 5. Injerto de parche	20
Figura 6. Injertación en parche	20
Figura 8. Injerto de aproximación.....	21
Figura 7. Injertación por aproximación	21
Figura 9. Porcentaje de prendimiento de los injertos.....	24
Figura 10. Porcentaje de brotación.	24
Figura 11. Longitud del brote principal.	26
Figura 12. Numero de hojas.....	27

Lista de anexos

Anexo 1. Distribución de tratamientos y repeticiones.....	32
Anexo 2. Formato para toma de datos.	33

Capítulo 1

Introducción

Con el aumento del área de siembra del cultivo de cacao, un 35 % en la última década surge la necesidad de evaluar y validar los procesos de propagación asexual con el fin de optimizar el desarrollo de las nuevas plantaciones (FEDECACAO, 2016).

Según FEDECACAO (2018) la selección y propagación asexual de clones regionales de alto rendimiento, tolerantes a plagas y enfermedades, se constituye a corto y mediano plazo como una alternativa que permitirá incrementar la productividad de la finca cacaotera, tanto a nivel de unidad como de la cosecha nacional.

El presente trabajo se desarrolló dentro de las actividades propuestas por el programa de investigación de la Federación Nacional de Cacaoteros y busca dar solución a cuestiones técnicas relacionadas con la propagación asexual y la obtención de nuevo material de siembra que permitirán soportar la dinámica creciente del sector cacaocultor.

Se realizó una evaluación de los métodos de injertación en púa terminal, púa lateral, parche, parche en plantas de dos meses y aproximación utilizado como material de propagación el clon FSV-41 y como patronaje se utilizó el material CAU-39.

1. Problema

1.1. Planteamiento del problema

El manejo del cultivo de cacao en Colombia se caracteriza por el uso de bajos niveles de tecnología en plantaciones sembradas a partir de semillas híbridas, con densidades de siembra entre 600 a 700 árboles por hectárea, tal consideración genera una productividad inferior a los 500 kilogramos/hectárea/año (FEDECACAO, 2016).

Según FEDECACAO (2008) en Colombia los híbridos de cacao se propagaron de manera generalizada desde mediados del siglo XX hasta los inicios del siglo XXI, condición que contribuyó a una heterogeneidad de las poblaciones teniendo en cuenta que dentro de los progenitores híbridos se tenían clones de baja calidad y dificultades reproductivas.

Actualmente Colombia cuenta con materiales de alto rendimiento destacados en el mundo por su denominación de cacaos finos de sabor como es el caso de los clones FSV-41 y FSV-155 que obtuvieron el premio al mejor cacao del mundo en el salón del chocolate París 2019 pero existe la necesidad de suplir una demanda insatisfecha, según cifras de FEDECACAO (2016) Sur América, centro de origen de la especie solo produce un 16% del total mundial.

El poco alcance que han tenido las nuevas tecnologías en cuanto a propagación han limitado el aumento de la áreas productivas, según FEDECACAO (2016) en la última década el área sembrada en Colombia se incrementó un 35 %, pero aún no se desarrolla de manera sustancial el potencial productivo del país el cual solo representa un 3.6% del total mundial, cifras bajas teniendo en cuenta su ubicación geográfica.

Los clones de alto rendimiento manejados bajo la denominación de sistema agroforestal puede alcanzar cifras superiores a los 3.000 kilogramos/hectárea/año, por este motivo surge la necesidad de implementar nuevas tecnologías enfocadas a la producción de estos materiales

teniendo como base los métodos de injertación, que favorecen el desarrollo de las nuevas plántulas reduciendo el tiempo de espera para su siembra en sitio definitivo y garantiza la conservación de las características del clon propagado, eliminando la dispersión genética que puede generar la propagación sexual de materiales desconocidos.

1.2. Justificación

El cacao es uno de los cultivos alimenticios que desde el punto de vista tecnológico e industrial ha tenido un avance más lento. Una de las razones se debe a su carácter altamente minifundista y las características de incompatibilidad genética que lo caracterizan.

En el aspecto de su reproducción en los últimos años el productor está regresando a su etapa de inicio del cultivo, después de la revolución genética, con la recombinación de genes para la obtención de plantas clonadas con el fin de mejorar la producción, resistencia a enfermedades y la calidad. Las investigaciones giran de nuevo a la práctica de reproducción asexual por medio de injertos y estacas enraizadas (Batista, 2009).

En Colombia la producción anual de cacao en grano se obtiene de la explotación de alrededor de 90.000 hectáreas sembradas en 24.500 fincas. El rendimiento promedio por hectárea cosechada se estima en 450 kilogramos de cacao en grano. Las causas del bajo rendimiento obtenido por hectárea actualmente se relaciona con cuatro aspectos que afectan el cultivo: la avanzada edad de las plantaciones sembradas, el tipo de material de propagación utilizado cacaos híbridos y comunes con bajos niveles de tolerancia a insectos plagas y enfermedades, la baja densidad de árboles en producción por hectárea y las dificultades que tiene el agricultor para poner en práctica las recomendaciones de manejo integral del cultivar (FEDECACAO, 2018).

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento de cinco métodos de injertación en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de vivero en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander.

2.2. Objetivos Específicos

- Comparar el efecto de cinco métodos de injertación sobre el porcentaje de prendimiento y brotación en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de vivero, en el municipio de San Vicente de Chucuri, Santander.
- Determinar cuál de los métodos de injertación presenta mejor desarrollo teniendo en cuenta la emisión de hojas y longitud del brote.

Capítulo 2

3. Marco Referencial

3.1. Antecedentes

3.1.1. Internacionales

En un trabajo llevado a cabo por Oblitas (2019) se evaluaron diferentes técnicas de injertación en cinco clones de cacao (*Theobroma cacao L*) en el distrito de Carajuro, provincia Utcubamba, región Amazonas, Perú.

Los tratamientos constaron de cuatro técnicas de injerto, II (Injerto inglés de doble lengüeta), IH (Injerto de hendidura), IL (Injerto de púa lateral), IT (Injerto de parche) sobre cinco clones de cacao, CCN-51 (Colección Castrol Naranjal), ICS-95 (Imperial College Selection), TSH-565 (Trinidad Selection Híbrido), IMC-67 (Iquitos Marañón Collection Amazónico), UF-613 (Compañía United Fruit).

El diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento evaluadas fueron las siguientes: Prendimiento del injerto 45 días después del injertado, número de hojas 90 días después del injertado, diámetro del injerto 90 días después del injertado, altura del injerto 90 días después del injertado.

Con 45 días de prendimiento del injerto se obtuvo el mayor porcentaje con la técnica de injerto lateral y el clon ICS-95: 83.33 %, el mayor número de hojas de 6.94 hojas de ICS-95: IL (Injerto de púa lateral), diámetro del injerto de: 3.00 cm de ICS-95: II (Injerto inglés de doble lengüeta), y la mayor altura de 73.00 cm de UF-613: IT (Injerto de parche).

En un estudio realizado por Gamboa et al., (2017) en Rio Negro, Satipo, Junin, Perú. Se evaluó el comportamiento en vivero de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao L.*) como patrones, se usaron los genotipos: IMC-67, VRAE-99, TSH-565 y UF-221; para las plumas

(púas): VRAE-99, VRAE-15, TSH-565 y CCN-51. El estudio tuvo dos ensayos, para el primero se usó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos (1 genotipos = 1 tratamiento) con 80 repeticiones (1 planta = 1 repetición), se evaluó altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas, a los 60, 90, 120, 150 y 180 días después del repique (ddr). Para el segundo ensayo, también con una DCA, se tuvieron 16 tratamientos con 20 repeticiones (1 planta = 1 repetición), donde se evaluaron el porcentaje de prendimiento, diámetro del patrón, número de brotes, longitud del brote más largo y número de hojas en el brote más largo, a los 30, 60 y 90 días después del injerto. Los genotipos usados como patrones, tuvieron un comportamiento diferente, el más destacado UF-221. El patrón VRAE-99 se comportó como portainjerto que causan enanismo, ya que, a pesar de la menor longitud del brote, el número de hojas fue mayor para aquellos injertos que tuvieron como patrón a este genotipo.

3.1.2. Nacional

En un trabajo realizado por Sarmiento et al., (2011) en el departamento del Caquetá (Amazonia colombiana) se evaluó el desempeño agronómico en fase de vivero de tres clones de cacao. Se utilizaron 400 plántulas del clon de patronaje IMC-67 para evaluar el crecimiento, la circunferencia y el número de hojas, previo a ser injertado. Cuando las plántulas tenían aproximadamente 2 cm de circunferencia, se injertaron con los clones de copa ICS- 39, ICS-95 y CCN-51 y se evaluó su desarrollo en un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos (clones) y cuatro repeticiones con 20 plántulas cada unidad experimental. El crecimiento del clon de patronaje y de los injertos de copa, se estimó a partir de la pendiente de regresión lineal simple de las variables con respecto al tiempo de evaluación. Las plántulas del clon de patronaje crecieron a un ritmo de 1,97 cm cada 14 días y su circunferencia a un ritmo de

0,08 cm cada 14 días. Para los clones, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas en la velocidad de crecimiento, la circunferencia o el número de hojas ($P < 0,05$), siendo el promedio $3,70 \pm 0,54 \text{ cm} \cdot 15\text{d}^{-1}$; $0,23 \pm 0,04 \text{ cm} \cdot 15\text{d}^{-1}$ y $7,00 \pm 1,80 \cdot 15\text{d}^{-1}$, respectivamente. Se concluyó que el clon de patronaje IMC-67 demoró cuatro meses para alcanzar la circunferencia necesaria para ser injertado y que los clones de copa evaluados tuvieron un desarrollo similar bajo condiciones de vivero en el piedemonte amazónico colombiano.

4. Marco contextual

El proyecto se llevó a cabo en el vivero Mata de Figue vereda Centro, en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander. Bajo las directrices del programa de investigación de la Federación Nacional de Cacaoteros – Fondo Nacional del Cacao.

4.1.1. San Vicente de Chucuri

El municipio de San Vicente de Chucurí está enmarcado entre las coordenadas: 6° 52'57" latitud N y 73° 24' 46" O, se ubica en la provincia de Yariguies centro occidente del departamento de Santander, subregión de mares, a una distancia de 85 kilómetros de la ciudad de Bucaramanga, capital departamental. (Alcaldía San Vicente de Chucurí, 2018)

San Vicente de Chucurí comprende tierras ubicadas entre los 200 y los 3.000 msnm y posee cuatro pisos térmicos:

- Piso térmico cálido. Localizado entre los 0 y 1000 msnm, con una zona de transición hasta 400 metros. La temperatura media anual es superior a 24°C.
- Piso térmico templado. Corresponde a altitudes comprendidas entre los 1100 y 2300 msnm con una zona de transición de aproximadamente 300 metros, sobre este piso se dan la mayoría de actividades agrícolas de importancia económica del municipio.
- Piso térmico frío. Aparece entre los 2200 – 2800 msnm con una zona de transición de \pm 200 metros, los gradientes térmicos diarios y anuales son muy marcados, con variaciones de hasta 18°C/día.
- Piso térmico páramo. Corresponde a unas fracciones mínimas cerca de los divorcios de agua sobre la Serranía de los Yariguies (Alcaldía San Vicente de Chucurí, 2018).

4.1.2. Federación Nacional de Cacaoteros

La Federación Nacional de Cacaoteros es una organización de carácter gremial fundada en 1960 dedicada a la investigación, la transferencia de tecnología y la comercialización para el fomento del cultivo del cacao, mejorando las condiciones de vida del productor, generando procesos técnicos eficientes integrales y dinámicos de desarrollo agroindustriales como una actividad rentable, sostenible y competitiva a nivel nacional con la participación de personal competente (FEDECACAO, 2018).

4.1.3. Vivero Mata de Figue

Ubicado en la vereda Centro del municipio de San Vicente de chucuri, cuenta con un área aproximada de 5.000 m², es un vivero productor y distribuidor de los siguientes materiales de cacao: ICS-60, 1, 39 Y 95, CCN-51, EET-8, FLE-2 y FLE-3, FSV-41, FEC-2, TSH-565 y SCC-61.

4.2. Marco Teórico

4.2.1. El cultivo de Cacao

El cacao (*Theobroma cacao*, L.), es una especie del género *Theobroma*, de la familia Malvaceae, la cual cuenta con más de 22 especies. Es originaria de Sudamérica y domesticada en Mesoamérica (Avendaño et al., 2011).

El sistema tradicional de clasificación que aún se emplea indica que existen básicamente tres tipologías de cultivares a partir de los cuales se desprenden las variedades, híbridos y clones que hoy se siembran a nivel mundial: los denominados criollos, forasteros y trinitarios.

Los cacaos del tipo “forastero” dominan la producción y el comercio mundial de granos, son originarios de la cuenca amazónica y son producidos en los cuatro continentes cacaoteros (África, Asia, América y Oceanía). Se caracterizan por tener frutos generalmente ovalados y

cortos, con colores que varían entre el verde y amarillo al madurar, son de superficie lisa, con corteza gruesa y lignificada en su interior. Tienen granos pequeños y aplanados, colores que van desde púrpura oscuro e intenso hasta el violeta pálido, dependiendo del contenido de sus taninos. Sobre este tipo de cacao descansa la gran biodiversidad de la especie en base a la población silvestre; sin embargo, se ha determinado que la base genética de la población cultivada es reducida, pues depende en alto porcentaje del subtipo forastero amelonado.

Los “trinitarios” son tipos generados por la hibridación de criollos por forasteros. Son muy heterogéneos genéticamente y morfológicamente, aunque no es posible delimitarlos a través de características externas comunes, las plantas son robustas con frutos verdes o pigmentados y con semillas que van del violeta oscuro al rosa pálido. Su origen se establece en Trinidad y Tobago y se presume que la hibridación fue el resultado de un proceso de cruzamiento espontáneo y natural; aunque, de origen antrópico. Hoy su cultivo está ampliamente extendido en América y en algunos países de África (Trinidad y Tobago, Venezuela, Ecuador, México, Centro América, Camerún, Samoa, Sri Lanka, Java y Papúa Nueva Guinea) y representa alrededor del 15% de la producción mundial. Sus granos bien procesados junto a los provenientes de cacaos criollos son reconocidos en el mercado por su calidad (Sanchez et al., 2017).

Los criollos son los más finos caracterizados por su agradable sabor y exquisito aroma.

El tipo criollo fu el único cultivado en Colombia hasta 1885 cuando se introdujo el llamado cacao pajarito de origen amazónico, cuya mazorca es de tipo calabacillo.

Se caracterizan por presentar tronco erecto, con poca ramificación lateral, con tendencia al crecimiento vertical. El fruto es muy rugoso, con 10 surcos profundos, su cascara es delgada fácil

de quebrar. Las semillas son rollizas, casi redondeadas cuyos cotiledones frescos son de color blanco o rosado (FEDECACAO, 2016).

4.2.2. Morfología del Cacao

4.2.2.1. Raíz

Posee dos tipos de raíces, una principal pivotante y unas raíces secundarias de donde se desprenden 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 2 metros.

Las raíces secundarias se encuentran en los primeros 30 centímetros del suelo y son las encargadas de tomar los nutrientes y el agua que la planta necesita (FEDECACAO, 2016).

4.2.2.2. Hojas

Son de forma alargada y tamaño medio, se desprenden de las ramas. Están unidas a la rama por el peciolo. Entre el peciolo y la rama se encuentra un abultamiento pequeño llamado yema axilar (FEDECACAO, 2016).

Las hojas de cacao son perennes, coriáceas y acartonadas, grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de 20 a 35 centímetros de largo por 4 a 15 centímetros de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálida en el envés.

4.2.2.3. 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 en el tronco, ramas y tallos leñosos.

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 se denomina pistilo, formado por el estigma, el estilo y el ovario. La función de las flores es la reproducción. El grano de polen cae sobre el estigma y baja por el estilo hasta el ovario, cuando esto sucede, se realiza el fenómeno llamado fecundación y empieza la formación del fruto (FEDECACAO, 2016).

4.2.2.4. Fruto

La mazorca o fruto de cacao, es una baya protegida en su parte externa por una cascara o pericarpio en su parte interna, se encuentran los granos o semillas ordenados en hileras alrededor de un eje central llamado placenta. Una mazorca contiene de 20 a 50 granos.

El tiempo que dura la mazorca desde la polinización de la flor hasta su madurez, varía entre 150 y 180 días, dependiendo del origen genético y del clima en el que se desarrolla (FEDECACAO, 2016).

4.2.3. Clasificación taxonómica del cacao

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cacao (*Theobroma cacao*, L).

Reino	Vegetal
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clases	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Dilleniidae</i>
Orden	<i>Malvales</i>
Familia	<i>Malvaceae</i>
Género	<i>Theobroma</i>

Especie	<i>Theobroma. Cacao</i>
---------	-------------------------

Fuente: (Avendaño et al., 2011).

4.3. Condiciones de suelo requeridas para el cultivo de cacao

Profundidad: Aunque tolera suelos con una profundidad de 0.60 m, lo mejor es seleccionar suelos con una profundidad de entre 0.8 y 1.5 m (FEDECACAO, 2016).

Textura: Mediana (franco, franco-arcilloso, franco-arenoso): 30 a 40% de arcilla, 50% de arena y 10 a 20% de limo. Requiere suelos bien estructurados con porosidad de 10 a 66%, con buena retención de humedad (FEDECACAO, 2016).

Drenaje: Un buen drenaje es esencial y deseable (FEDECACAO, 2016).

Acidez: Los suelos deben de tener un pH de 6 a 7 y un contenido de materia orgánica mayor a 3%, con una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 9 como mínimo (FEDECACAO, 2016).

Capacidad de intercambio catiónico: Debe ser superior a 12 meq por 100 g de suelo en la superficie y más de 5 meq en el subsuelo (FEDECACAO, 2016).

Fertilidad: Requiere suelos con una fertilidad media a alta, con un contenido de boro y calcio que supere a las 0.2 ppm, magnesio y potasio mayor a 2 y 0.24 meq por 100 g de suelo, respectivamente. La saturación de bases debe ser mayor a 35% (Sanchez et al., 2017).

4.4. El cultivo de cacao en Colombia

Según datos de FEDECACAO (2018). Colombia cuenta con un área de siembra aproximada de 90.000 hectáreas cultivadas en 24.500 fincas con una producción de 60.535 toneladas de cacao en grano seco.

Los principales departamentos productores son: Santander con 22.424 toneladas, Arauca 5.629 toneladas, Huila 3.787 toneladas, Antioquia 4.391 toneladas, Tolima 3.547 toneladas, Nariño

2.876 toneladas y Norte de Santander 1.814 toneladas, teniendo al departamento de Santander como el mayor productor a nivel nacional (FEDECACAO, 2016).

4.5. Propagación asexual por injertación

En la propagación vegetativa no se genera el cruzamiento sexual entre un árbol madre y un padre; así, la injertación es uno de los tipos de procesos de multiplicación del cacao más sencillo y eficaz. El injerto resulta de la extracción de las yemas, que son partes del árbol que se encuentran en la base o axila de las hojas y que su función consiste en producir ramas. Estas se injertan sobre los patrones que, básicamente, son plantas que se encuentran en semillero o sobre los chupones basales de una planta adulta. El injerto del cacao debe realizarse en patrones con alta vigorosidad y buena sanidad. Los árboles más viejos se pueden injertar, haciéndose en los chupones que estén presentes o los inducidos por medio de la poda (Sanchez, et al., 2017).

Las yemas son estructuras de crecimiento del árbol, dispuestas en los tallos para formar ramas y hojas. En la injertación, las yemas son extraídas del tallo y colocadas sobre la planta llamada patrón.

Una rama con varias yemas se le conoce con el nombre de vareta. La yema que se requiere injertar debe venir de clones probados por su alta productividad, tolerancia a las enfermedades y plagas; además, de adaptación al ambiente y calidad (Sanchez et al., 2017).

4.5.1. Métodos de injertación

4.5.1.1. *Injerto por aproximación*

También es llamado injerto de pechito con pechito. Utiliza dos (2) o más yemas, tiene las ventajas de desarrollar varios brotes a la vez en un mismo injerto, mejorando su porcentaje de prendimiento, la planta se desarrolla más rápidamente con respecto a otras técnicas (FEDECACAO, 2004).

Consiste en implantar lateralmente un trozo de vareta sobre el patrón, teniendo cuidado de no dañar las yemas, luego se amarra firmemente. Se suelta a los 20 días de realizada la injertación y se revisa su prendimiento pasados 8 a 15 días (FEDECACAO, 2004).

4.5.1.2. *Injerto de parche o en "T" invertida*

Esta técnica utiliza solamente una yema en el proceso, ayudando a economizar material cuando este es escaso, pero requiere de más destreza por parte del injertador. Consiste en realizar dos cortes verticales y uno atravesado en la corteza del patrón formando una "U" también se puede hacer un corte horizontal y una vertical, en toda la mitad del corte horizontal, esto a manera de 'T' invertida. Alrededor de la yema se hacen cuatro cortes a manera de rectángulo con la yema en el centro, la cual junto con pedazo de corteza se separa de la vareta y se ubica sobre el corte que se hizo en el patrón, procediendo a amarrarla con la cinta que se suelta pasados 15 días, el patrón se despunta pasados 8 días (FEDECACAO, 2004).

4.5.1.3. *Injertación de cuña o hendidura*

Este tipo de injerto es el resultado de la adaptación del método de injertación usado en aguacate y se trabaja con las yemas más jóvenes de la vareta. Se puede realizar en almácigo o en sitio definitivo. También puede usarse en chupón basal de árboles adultos. El patrón se corta a una altura de 20 cm, a la vareta se le hacen dos cortes laterales a manera de punta, luego se le aplica una incisión en el centro al patrón y en este corte se inserta la punta de la vareta. Posteriormente se amarra con firmeza y se le pone una bolsa plástica y encima de esta una de papel. Veinte días después se le quitan las bolsas sin soltar el injerto y diez días después se suelta completamente (FEDECACAO, 2004).

4.6. Marco Legal

Resolución ICA No. 003434 (28 Nov. 2005).

Por medio de la cual se establecen normas para la producción, distribución y comercialización de material de propagación de cacao.

Resuelve:

ARTÍCULO 1.- Establecer normas para la producción, distribución y comercialización de materiales de propagación de cacao y plántulas reproducidas vegetativamente (ICA, 2005).

ACUERDO No. 186 Que compila y actualiza el reglamento académico estudiantil de pregrado de la Universidad de Pamplona.

CAPÍTULO VI. TRABAJO DE GRADO.

ARTÍCULO 35.- Definición de Trabajo de Grado: En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite:

- a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad.
- b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas.
- c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones.
- d. Formular y evaluar proyectos.
- e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión.

ARTÍCULO 36.- Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en:

- Pasantía de Investigación: es la que se realiza en un grupo de investigación reconocido por Colciencias. Con la propuesta, el estudiante debe presentar el Cronograma de Trabajo y la carta de aceptación del Grupo y un informe avalado por el Director del mismo (Universidad de Pamplona, 2005).

Capítulo 3

5. Metodología

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el vivero Mata de Fique ubicado en la vereda Centro en municipio de San Vicente de Chucuri, Santander a una altura media de 960 m.s.n.m. Se estableció un diseño experimental de bloques distribuido completamente al azar el cual contó con 5 tratamientos.

- T1 Injerto de púa terminal.
- T2 Injerto de púa lateral
- T3 Injerto de parche
- T4 Injerto de parche en plantas de 2 meses
- T5 Injerto por aproximación.

Cada tratamiento contó con 4 repeticiones con 25 unidades experimentales (25 plantas) por repetición para un total de 500 unidades experimentales (ver anexo 1).

El proceso de injertación se realizó sobre patronaje Caucasia (CAU) – 39 con material del clon regional Fedecacao San Vicente (FSV) – 41 proveniente de la granja experimental Villa Mónica del municipio San Vicente de Chucuri, propiedad de la Federación Nacional de Cacaoteros.

Los métodos a evaluar de acuerdo al protocolo de ejecución de actividades desarrollado por el programa de investigación FEDECACAO (2019) fueron los siguientes:

Injertación de púa terminal: Este método de injertación inicia con la eliminación de la parte aérea del patrón, dejando las hojas en la parte inferior. Se realizó un corte de 3-4 centímetros en el centro del tallo generando una división, se procedió a preparar un segmento de vareta con 2 a 3 yemas, luego se realizó un corte tipo cuña con las mismas dimensiones del corte hecho previamente en el patrón, la unión del patrón y segmento de varetas se envolvió con cinta de

injertar y se cubrió con una bolsa plástica. El destape se llevó a cabo 20 días después de la injertación (figura 1 y 2).



*Figura 1. Injertación en púa terminal.
Fuente: Archivo personal*



*Figura 2. Injerto de púa terminal.
Fuente: Archivo personal.*

Injertación de púa lateral: Se realizó un corte superficial en la corteza del patrón de 3 a 4 centímetros dejando en la parte inferior un pequeño fragmento en el cual se apoya el extremo del injerto, Se seleccionó un segmento de vareta con de 2 a 3 yemas y se realizó un corte en bisel del mismo tamaño del hecho previamente en el patrón y una vez ubicado de forma correcta se realizó el amarrado con cinta. El destape se llevó a cabo 20 días después de la injertación (figura 3 y 4).



*Figura 3. Injerto de púa lateral.
Fuente: Archivo personal.*

*Figura 4. Injertación en púa lateral.
Fuente: Archivo personal.*

Injertación de parche convencional: Se seleccionó una yema con buen desarrollo y se extraerá de la vareta realizando un corte rectangular de la corteza a su alrededor, el corte hecho en la corteza del patrón deberá coincidir con el segmento de la vareta que contenga la yema para garantizar su unión, una vez ubicada la yema se procederá a realizar el amarre con la cinta de injertar. El destape se llevará a cabo a los 15 días después de la injertación (Figura 5 y 6).



*Figura 5. Injertación en parche.
Fuente: Archivo personal.*



*Figura 6. Injerto de parche.
Fuente: Archivo personal.*

Injertación de parche en plantas de 2 meses: Este método se evaluó en plantas de 2 meses de edad y se utilizó el método de injertación en parche (Figura 5 y 6).

Injertación por aproximación: Se seleccionó un segmento de vareta con 2 a 3 yemas, se eliminó la corteza de la parte opuesta, se hizo el corte con las mismas dimensiones en el patrón dejando una lengüeta en la parte inferior en la cual se apoya el segmento de la vareta. El destape se llevó a cabo 20 días después de la injertación (Figura 7 y 8).



*Figura 7. Injertación por aproximación.
Fuente: Archivo personal.*



*Figura 8. Injerto de aproximación.
Fuente: Archivo personal.*

El destape de los injertos de púa terminal, púa lateral y aproximación se realizó a los 20 días después de la injertación, el destape de los injertos de parche convencional y de parche en plantas de 2 meses se realizó a los 15 días después de la injertación de acuerdo al protocolo de ejecución de actividades desarrollado por el programa de investigación (FEDECACAO, 2019).

Porcentaje de prendimiento de los injertos

Como primer objetivo se planteó el comparar el efecto de cinco métodos de injertación sobre el porcentaje de prendimiento y brotación en plántulas de cacao bajo condiciones de vivero, para dar cumplimiento a este objetivo, una vez realizado el destape, se hizo una revisión visual del estado de cada uno de los injertos y mediante la siguiente fórmula se calculó el porcentaje de prendimiento para cada tratamiento.

$$PP = \frac{IP}{IR} \times 100$$

Donde:

PP: Porcentaje de prendimiento

IP: Injertos prendidos

IR: Injertos realizados

El tamaño de la muestra incluyó el total de plantas injertadas.

Porcentaje de brotación

Se cuantificó el número de injertos que presentaron emisión de brotes luego de 30 días de realizada la Injertacion, a partir de estos se calculó el porcentaje de brotación para cada tratamiento, el tamaño de la muestra comprendió el total de plántulas injertadas.

$$PB = \frac{IP}{IB} \times 100$$

Donde:

PB: Porcentaje de brotación

IP: Injertos prendidos

IB: Injertos con brotes

El tamaño de la muestra incluyó el total de plantas injertadas.

Medición de longitud del brote principal y número de hojas

Con el planteamiento del segundo objetivo se buscó determinar cuál de los cinco métodos de injertación presentaba mejor desarrollo al final de la investigación, para esto se tomaron datos de las siguientes variables morfológicas al total de las plantas injertadas.

Longitud del brote principal

Se seleccionó un brote por cada planta injertada al cual se le midió su longitud en centímetros cada 15 días a partir del destape hasta cumplir 90 días.

Numero de hojas

Se contabilizó de manera quincenal el número de hojas emitidas por el brote seleccionado hasta cumplir 90 días.

El tamaño de la muestra para la medición de estas variables comprendió el total de las plantas injertadas, 100 plantas por tratamiento.

Los resultados obtenidos se recopilaron en el formato para consolidado de datos (ver anexo 2) y se graficaron con el fin de conocer el comportamiento relativo de cada uno de los métodos de injertación.

Metodología adaptada del protocolo realizado por el Programa de Investigación de la Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO, 2019).

Capítulo 4

6. Resultados

6.1. Porcentaje de prendimiento

La figura 9 muestran el porcentaje de prendimiento para cada tratamiento el cual se calculó a partir de los datos tomados en el momento del destape, el mejor resultado se obtuvo en el tratamiento 5, injerto por aproximación con un porcentaje de prendimiento del 94 % seguido por el tratamiento 1 púa terminal con 88%, tratamiento 3 injerto de parche 87%, tratamiento 2 púa lateral 63%, estos datos coinciden con lo expuesto por Guevara (2005) que afirma “Los injertos de hendidura (púa terminal y lateral) muestra mayor confiabilidad y prendimiento debido a que se garantiza la brotación de al menos una de las tres yemas presentes” el resultado más bajo se obtuvo en el método de injertación temprana con un 53% de prendimiento, este valor puede estar relacionado con la edad del patrón, el diámetro del tallo y la falta de experiencia de los injertadores en este tipo de método en plantas de 2 meses, coincidiendo con Adriazola (2013) en que el éxito del injerto depende de la práctica del operario y de su conocimiento.

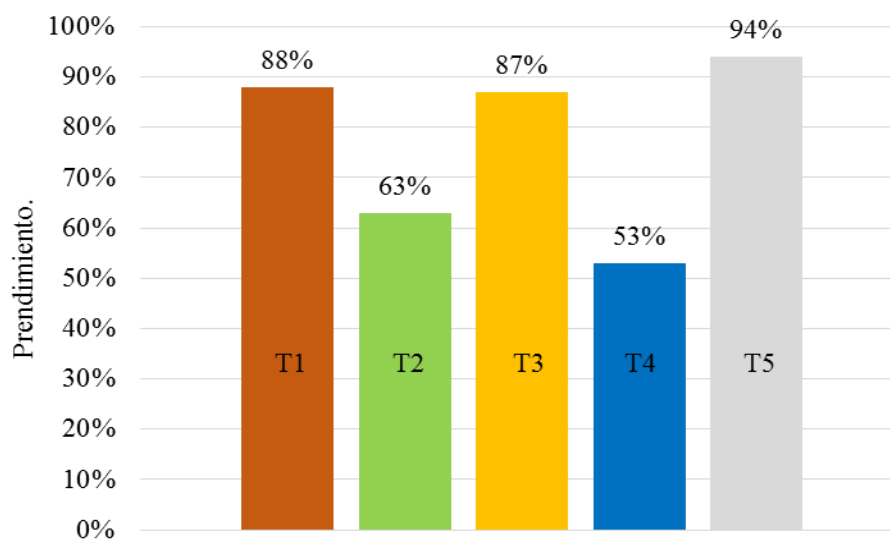


Figura 7. Porcentaje de prendimiento al momento del destape. Fuente: Archivo personal

6.2. Porcentaje de brotación

La figura 10 muestran el porcentaje de brotación para cada uno de los tratamientos el cual fue medido 30 días después del proceso de injertación, los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos 1, 2 y 5 con un valor de 98, 91 y 93%, respectivamente, en estos métodos de injertación se presenta mayor contacto entre los cortes del patrón y el injerto lo que puede significar un mejor movimiento de nutrientes, por el contrario el tratamiento que presentó menor porcentaje de brotación fue el método de injertación temprana en plantas de dos meses con un 36%.

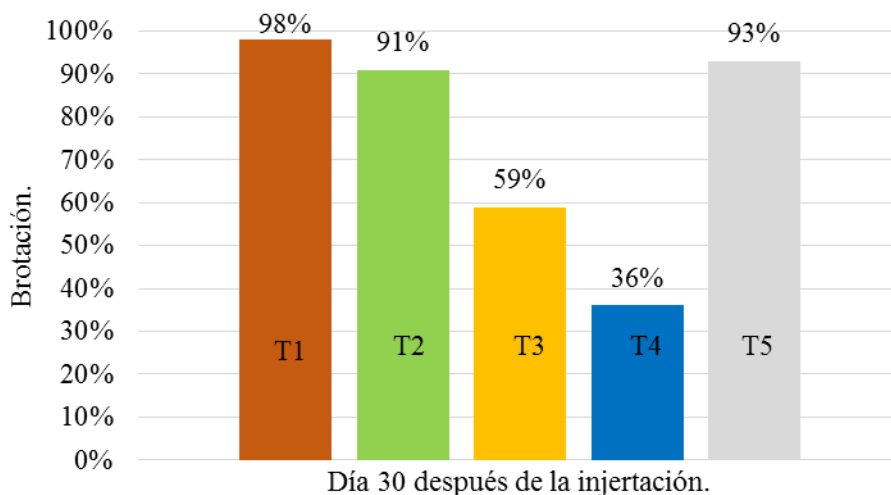


Figura 8. Porcentaje de brotación. Fuente: Archivo personal.

6.3. Longitud del brote principal

La figura 11 se presentan los resultados de la medición de la longitud del brote principal la cual se realizó de manera quincenal a todas las plantas que conformaron el ensayo a partir del destape del injerto, al momento de la última toma de datos la cual se realizó 90 después de la injertación, se pudo observar un crecimiento relativamente mayor por parte de tratamiento 1 púa terminal el cual presentó un longitud promedio de 16,96 centímetros, los resultados más bajos se obtuvieron

con el método de parche en plantas de 2 y 3 meses, la baja uniformidad en la brotación pudo afectar el promedio de la longitud de los brotes.

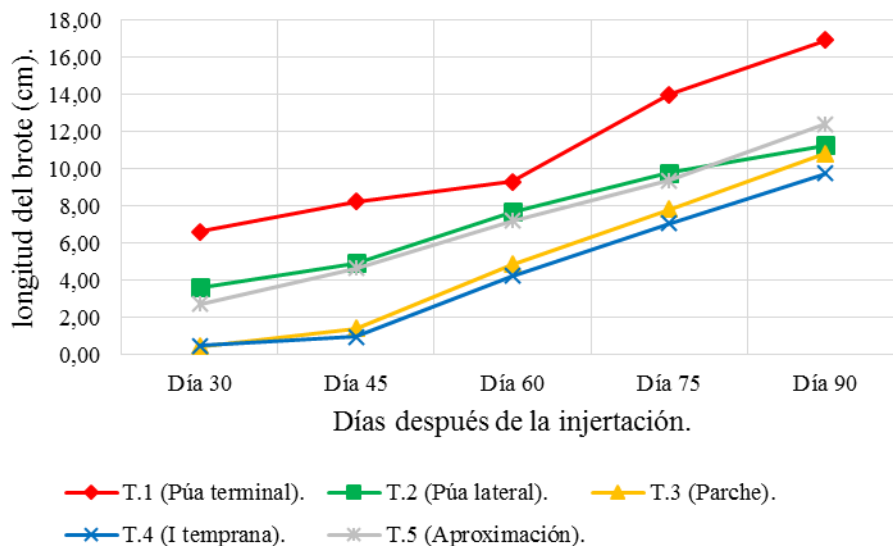


Figura 9. Longitud del brote principal. Fuente: Archivo personal

6.4. Numero de hojas

En figura 12 se presentan los resultados de la medición del número de hojas la cual se contabilizó de manera quincenal la cantidad de hojas emitidas por el injerto en cada una de las plantas que conformaban el ensayo, al finalizar la toma de datos el método de injertación de púa terminal presentó los mejores resultados con un promedio de 8 hojas seguido por los injerto de púa lateral y aproximación que presentaron iguales resultados con un promedio de 7 hojas, los injertos por parche tanto en plantas de 3 meses como en plantas de 2 meses presentaron un desarrollo de hojas relativo similar con 5 hojas por tratamiento, este resultado coincide con observado por Oblitas (2019) quien obtuvo una emisión promedio 4,47 hojas para el método de parche a los 90 días y 6,94 para el método de púa lateral.

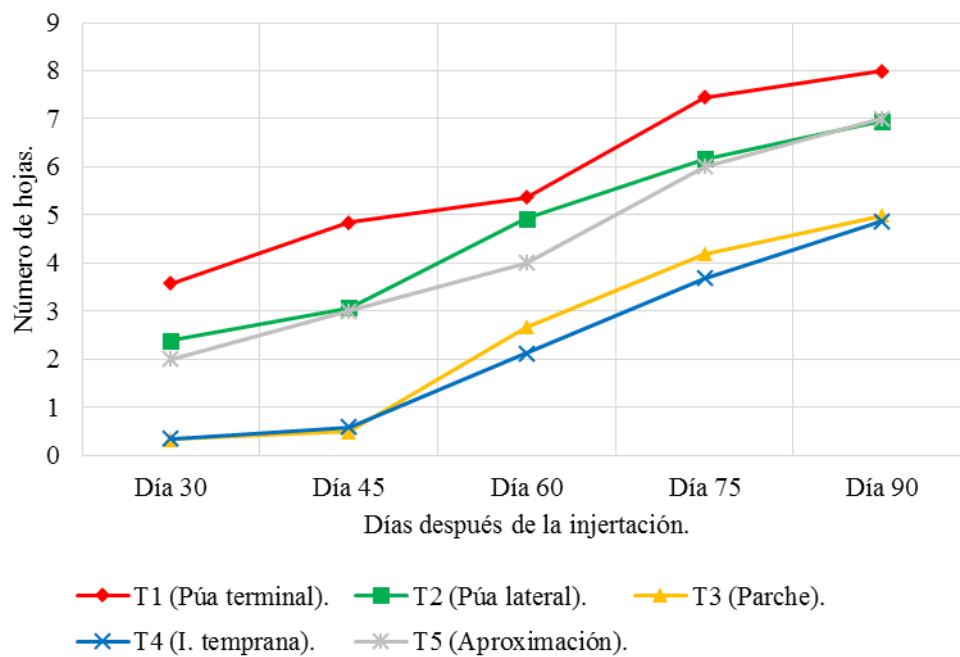


Figura 10. Numero de hojas. Fuente: Archivo personal.

7. Conclusiones

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo en la presente investigación se puede concluir lo siguiente.

- El tratamiento de injertación por aproximación presentó un porcentaje de prendimiento relativamente superior a los demás tratamientos con un 94% de efectividad.
- El porcentaje de prendimiento más bajo se obtuvo con el método de injertación de parche en plantas de 2 meses con un 53%.
- El porcentaje de brotación fue relativamente similar en los tratamientos de púa terminal, aproximación y púa lateral con un 98, 93 y 91% respectivamente.
- La medición de longitud del brote principal demostró un mayor crecimiento en el tratamiento de púa terminal con un promedio de 16,96 cm 90 días después de la injertación.
- Finalizada la toma de datos se observó una emisión de hojas relativamente mayor en el tratamiento de púa terminal con un promedio de 8 hojas.

8. Recomendaciones

- Plantear una metodología que permita calcular el tiempo de desarrollo requerido desde el momento de la injertación en cada método hasta la siembra en el sitio definitivo.
- Continuar con la investigación una vez sembradas las plantas en sitio definitivo para comparar el efecto de cada método de injertación en la arquitectura de la planta.
- Validar el método de injertación más eficiente con el fin de ajustar las recomendaciones dadas en la guía técnica de la Federación Nacional de Cacaoteros.

Bibliografía

- Adriazola, J. (2013). Majeo tecnico del cultivo de cacao para la provincia de Leonzino Prado. Tingo María, Perú.
- Alcaldía San Vicente de Chucurí. (2018). Nuestro municipio. Recuperado de:
<http://www.sanvicentede-chucuri-santander.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
consultado el 10 de septiembre de 2019.
- Arvelo, M. Á., González, D., Marote, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. Recuperado de:
<https://www.iica.int/es/publications/manual-t%C3%A9cnico-del-cultivo-de-cacao-pr%C3%A1cticas-latinoamericanas> consultado el 16 de septiembre de 2019.
- Avendaño, J. C., Villareal, J. M., Campos, E., Gallardo, R., Aguirre, J. F., Sandoval, A., & Espinosa, S. (2011). Diagnostico del cacao en Mexico. Texoco: Grupo publicitario imagen digital.
- Batista, L. (2009). Guia tecnica del cultivo de cacao. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF). Santo Domingo, República Dominicana.
- Echeverri, J. (2013). Tecnología moderna en la produccion de Cacao: Manual para productores organicos. San Jose, Costa Rica.
- FEDECACAO. (2004). Modulos Tecnicos. Bogota D.C. Colombia.
- FEDECACAO. (2016). Guía técnica para el cultivo de cacao; sexta edicion (pág. 22-32). Bogotá, D.C. Colombia.
- FEDECACAO. (2018). Historia fedecacao. Recuperado de
<https://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/institucional/historia> consultado el 07 de septiembre de 2019.

FEDECACAO. (2018). Programa de Investigación Fedecacao. Recuperado de:

<https://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-04-23-20-00-31/investigacion>
consultado el 07 de septiembre de 2019.

Gamboa, R., Saravia, D., Borjas, R., Alarcón, G., Alvarado, L., & Julca, A. (2017).

Comportamiento en Vivero de Diferentes Patrones y Plantas Injertadas De Cacao
(Theobroma cacao L.) en Rio Negro, Satipo, Junín, Perú.

Guevara, A. (2011). Efecto de dos tipos de injerto de hendidura con tres tipos de vara yemera y
con dos tipos de protección en cacao. Tingo María, Perú.

Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2005). Resoluciones Oficinas Nacionales. Recuperado
de: <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/2005.aspx?page=3> consultado el 30 de agosto de 2019

Oblitas, F. L. (2019). Evaluación de técnicas de injertado en cinco clones de cacao (Theobroma
cacao L) en el distrito de Cajaruro, provincia Utcubamba, región Amazonas,
Lambayeque, Perú.

Ortiz, J. (2018). Técnicas de injertación aplicadas en viveros de cacao (Theobroma cacao L.) en
el Cantón Naranjal, Provincia del Guayas. Guayaquil, Ecuador.

Sarmiento, S., Gamboa, A., & Velazquez, J. (2011). Desempeño agronómico de tres clones de
cacao en fase de vivero en la Amazonia Colombiana. Florencia, Colombia.

Universidad de Pamplona. (2005). Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado. Recuperado
de: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_1/recursos/universidad/consejo_superior/acuerdos/2005/30062009/acuerdo_186_02122005.pdf consultado el 02
de septiembre de 2019.

9. Anexos.

Anexo I. Distribución de tratamientos y repeticiones.

T: 2 - R: 1	T: 4 - R: 4	T: 1 - R: 1
T: 3 - R: 3	T: 3 - R: 2	T: 1 - R: 3
T: 3 - R: 2	T: 2 - R: 2	T: 1 - R: 2
T: 5 - R: 2	T: 4 - R: 1	T: 1 - R: 4
T: 5 - R: 4	T: 3 - R: 4	
T: 5 - R: 3	T: 2 - R: 3	
T: 5 - R: 1	T: 4 - R: 3	
	T: 3 - R: 1	
	T: 2 - R: 4	

Tratamientos.
T1. Púa terminal.
T.2 Púa lateral.
T.3 Parche.
T.4 I. temprana
T.5 Aproximación.

Fuente: Archivo personal.

Anexo 2. Formato para toma de datos.

FEDERACION NACIONAL DE CACAOTEROS FONDO NACIONAL DEL CACAO		PROGRAMA DE INVESTIGACION CONSOLIDADO PARA TOMA DE DATOS EVALUACION DE METODOS DE INJERTOS EN CACAO						ACTIVIDAD
PROYECTO 5. PRACTICAS AGRONOMICAS PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCCION DEL CACAO. 5. PROPAGACION EN CACAO								
TIPOS DE INJERTACION EN VIVERO								
Lectura: <u>2</u>		Dia: <u>30</u>		Fecha: <u>14-08-2019</u>		Tipo de Injerto: <u>Púa terminal</u>		
TRAMIENTOS Y REPETICIONES	YEMAS	INJERTOS PRENDIDOS		EMISION DE BROTES		ALTURA DEL INJERTO AL SUELO	LONGITUD DEL BROTE	NÚMERO DE HOJAS
		SI	NO	SI	NO	cm	cm	N°
R:1	1				X	20		
	2		X			24	6	4
	3					21	1	
	4					23	0.5	
	5							
	6		X			26	1.1	6
	7					19	1.0	5
	8					21	3.5	3
	9							
	10		X			25	4.5	8
	11					25	9	5
	12					24	1.2	5
	13					22	1.0	5
	14					20	9	6
	15					25	5.5	5
	16					21	2	5
	17					23	4	6
	18					22	1.1	6
	19					22	3	6
	20					26	3.5	3
	21					22	2	3
	22					24.5	6.5	4
	23					23	2.5	4
	24					19	5	4
	25					22	6.5	4
T:1	1					25	1.0	5
	2					25.5	1	5
	3					23	8.5	5
	4					20	8.5	4
	5					25	3.3	4
	6							
	7		X					
	8		X			24.5	1.0	6
	9					22	9	6
	10							
	11		X					
	12		X					
	13					24.5	9	5
	14					22	1.5	5
	15					24	1.0	5
16					21	2	3	
17					24	8	5	
18					19	1	1	
19					22	1.3	1	
20					24.5	5	3	
21					24	7	6	
22					22	7	5	
23					25.5	10	5	
24					25	9	5	
25					21	8	3	
T1 Púa terminal								
OBSERVACIONES:								
Nombre del Técnico Responsable								

Fuente: Archivo personal.