

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN:

“Reproducción sistemática de clones de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.”.

POR:

MOISÉS ALEJANDRO CRUZ MEJÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2023

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



PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN:

“Reproducción sistemática de clones de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.”.

POR:

MOISÉS ALEJANDRO CRUZ MEJÍA

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN:

“Reproducción sistemática de clones de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.”.

POR:

MOISÉS ALEJANDRO CRUZ MEJÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Ing. Agr. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

Ing. Agr. MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO:

Ing. Agr. BALMORE MARTINEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Ing. Agr. M. Sc. JULIO CESAR ORTIZ PAVON

ASESORES

Ing. Agr. M. Sc. FIDEL ÁNGEL PARADA BERRÍOS

Ing. Agr. ELÍAS ANTONIO VÁSQUEZ OSEGUEDA

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADO DEL DEPARTAMENTO

Ing. Agr. OSCAR ALONSO RODRÍGUEZ GRACIAS

RESUMEN

El estudio se realizó de junio a diciembre del año 2022 en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas (VFCA), localidad 1, ubicado en el departamento de San Salvador, con coordenadas geográficas 13°43'09.29" Latitud Norte y 89°12'01.55" Longitud Oeste, a una altura de 687 metros sobre el nivel del mar (msnm), y en el vivero de la Estación Experimental y de Prácticas (VEEP), localidad 2, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ambos de la Universidad de El Salvador, con coordenadas geográficas 13°28'11.1" Latitud Norte y 89°05'13" Longitud Oeste, a una altura de 48 msnm, ubicado en el municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador.

El objetivo de la pasantía de investigación fue evaluar la técnica de injertación temprana en cacao en ambas localidades, empleando los siguientes injertos: enchape lateral temprano con amarre tipo momia, púa terminal temprano y enchape lateral tradicional.

Se utilizó un diseño de Bloques completos al azar con siete repeticiones y tres tratamientos, totalizando 315 plantas; evaluando las siguientes variables: porcentaje de prendimiento del injerto, número de brotes por injerto, diámetro del brote, largo del brote, número de hojas por injerto, largo y ancho de hojas del injerto, porcentaje de sobrevivencia del injerto y grados días de desarrollo (GGD). Para analizar los resultados se utilizó el programa estadístico InfoStat® con su análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Tukey para la comparación de medias; se determinó la correlación entre variables haciendo uso del coeficiente de la correlación de Pearson.

Como resultados se encontró que en la localidad 1 el mayor porcentaje de prendimiento fue para el injerto de enchape lateral tradicional (T₃) con 50%; el menor valor fue para el injerto de púa terminal temprano (T₁) con 10%. En la localidad 2 el mayor porcentaje de prendimiento fue con el injerto de enchape lateral tradicional (T₃) con 45% de prendimiento.

El injerto de enchape lateral tradicional es el más apropiado para la propagación de clones de cacao criollo.

Palabras claves: Cacao, clones, El Salvador, injerto, injertación temprana, enchape lateral, púa terminal, grados días de desarrollo, brotes, hojas.

INDICE	Página
RESUMEN.....	iii
Índice de figuras.....	v
Índice de cuadros.....	vii
Índice de anexos.....	viii
1. Introducción.....	1
2. Revisión bibliográfica	2
2.1 El cacao en El Salvador	2
2.2 Botánica del árbol de cacao	2
2.2.1 Descripción botánica de la flor.....	2
2.3 Reproducción del cacao.....	3
2.3.1 Reproducción sexual en cacao.....	3
2.3.2 Propagación asexual	4
2.3.2.1 Propagación por injerto	5
1) Enchape lateral.....	7
2) Injertación temprana	8
3) Injerto de parche.....	8
4) Microinjerto de parche	8
5) Microinjerto de púa terminal	8
2.3.2.2 Acodo aéreo.....	9
2.3.2.3 Esqueje o estaca.....	9
2.3.2.4 Propagación in vitro.	9
3. Materiales y métodos	9
3.1 Ubicación del estudio	9
3.2 Metodología de campo.....	10
3.3 Metodología estadística	19
3.3.1 Medición de variables antes del injerto.....	20

3.3.2	Medición de variables después del injerto	22
4.	Resultados y discusión.....	26
4.1	Porcentaje de prendimiento del injerto	26
4.2	Grados Días de Desarrollo (GDD)	27
4.3	Porcentaje de sobrevivencia del injerto.....	29
4.4	Yemas activadas después del injerto	31
4.5	Número de brotes.....	32
4.6	Longitud de brote (cm)	34
4.7	Diámetros de brotes (cm).....	35
4.8	Número de hojas en brotes	36
4.9	Longitud de hoja (cm).....	37
4.10	Ancho de hoja (cm).....	39
4.11	Longitud y diámetro de varetas antes del injerto (cm)	40
5.	Conclusiones.....	44
6.	Recomendaciones	45
7.	Bibliografía	46
8.	Anexos	52

	Índice de figuras	Página
Figura 1.	A) y B) Frutos de cacao de almendra blanca colectados del Banco de Germoplasma – UES.	.....10
Figura 2.	Clones de cacao criollo: A) Clon "criollo UES" ubicado en parcela agroecológica - EEP, B) Clon "Jaime Arévalo" ubicado en banco de germoplasma-UES.	.....11
Figura 3.	A) Extracción de semillas de cacao criollo con radícula, B) Semillas de cacao obtenidas del Banco de Germoplasma- UES.	.....12
Figura 4.	Empanizado de semillas de cacao con aserrín previo a la siembra.	.....12
Figura 5.	Preparación de varetas 15 días antes del injerto, B) Vareta de cacao identificada para la injertación temprana.	.....14

Figura 6.	Varetas de cacao criollo preparadas 15 días antes del injerto.	.....14
Figura 7.	A) y B) Cortes en portainjertos y colocación de vareta para la injertación de enchape lateral temprano.	.....16
Figura 8.	A) Injerto de enchape lateral temprano con presencia de yema activada, B) Yema activada 15 días después del injerto y realización de corte en plástico.	.....16
Figura 9.	Injertación temprana en plantas de cacao de 1 mes de edad.	.....17
Figura 10.	A) Cortes en vareta y portainjerto, B) Amarre con plástico en injerto de púa terminal temprano.	.....18
Figura 11.	Procedimiento de la injertación de enchape lateral: A) Corte longitudinal en portainjerto, B) Colocación de vareta, C) Amarre y colocación de bolsa plástica.	.....19
Figura 12.	Medición de diámetro de tallo antes de la injertación: A) portainjerto con 1 mes de edad, B) portainjerto con 3 meses de edad.	.....21
Figura 13.	Medición de longitud de varetas (considerando solo lo indicado por la flecha)	.....21
Figura 14.	Prendimiento y formación de callo en injertación temprana (izquierda) y enchape lateral tradicional (derecha).	.....22
Figura 15.	Activación de yema 15 días después de la injertación.	.....23
Figura 16.	Número de brotes después de la injertación.	.....24
Figura 17.	Medición de longitud (izquierda) y diámetro de brote (derecha).	.....24
Figura 18.	A) Medición de la longitud de hoja del brote, B) Medición del ancho de hoja del brote.	.....25
Figura 19	Sobrevivencia de injertos dos meses después de la injertación: A) enchape lateral, B) enchape lateral temprano, C) Enchape lateral	.....25
Figura 20	Efecto de los tipos de injerto en el porcentaje de prendimiento de la vareta de cacao.	.....27
Figura 21	Prendimiento de injertos utilizando la técnica de injertación temprana: A) Injerto de púa terminal temprano, B) Injerto de enchape lateral temprano	.....27
Figura 22	Efecto de los tipos de injerto en los grados días desarrollo en brotes de cacao.	.....29

Figura 23	Efecto de los tipos de injerto en el porcentaje de sobrevivencia de las varetas de cacao.	.....31
Figura 24	Efecto de tres tipos de injerto en el desarrollo de número de yemas activadas en varetas de cacao.	.....32
Figura 25	Efecto de los tipos de injerto en el desarrollo de número de brotes en varetas de cacao.	.....33
Figura 26	Efecto de los tipos de injerto en la longitud de brote en varetas de cacao.	.....34
Figura 27	Efecto de los tipos de injerto en el diámetro de brote en varetas de cacao.	.....36
Figura 28	Efecto de los tipos de injerto en el desarrollo de número de hojas por brote en varetas de cacao.	.....37
Figura 29	Efecto de los tipos de injerto en la longitud de hoja en brotes de cacao.	.....38
Figura 30	Efecto de los tipos de injerto en el desarrollo del ancho de hoja en brotes de cacao.	.....40
Figura 31	Longitud de varetas de cacao antes del injerto.	.....41
Figura 32	Diámetro de varetas de cacao antes del injerto.	.....42

Índice de cuadros

		Página
Cuadro 1.	Promedios de longitud y diámetro de varetas de cacao antes del injerto.	.....15
Cuadro 2.	Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación (VFCA y VEEP).	.....20
Cuadro 3.	Distribución de los bloques y tratamientos en campo (VFCA y VEEP).	.....20

Índice de anexos

		Página
Anexo 1.	Medidas resumen de las variables en estudio (Localidad 1)	.....52
Anexo 2.	Medidas resumen de las variables en estudio (localidad 2)	.....54
Anexo 3.	Correlaciones de Pearson para las variables después de la injertación (localidad 1)	.....56
Anexo 4.	Correlaciones de Pearson para las variables después de la injertación (localidad 2)	.....56
Anexo 5.	Correlaciones de Pearson para variables antes de la injertación (Localidad 1)	.....57
Anexo 6.	Correlaciones de Pearson para variables antes de la injertación (localidad 2)	.....57
Anexo 7.	Mapa actualizado de la plantación de cacao en parcela del cafetal-EEP	.....58
Anexo 8.	Mapa actualizado de la plantación de cacao en parcela de níspero y zapote-EEP	.....59
Anexo 9.	Mapa actualizado de la plantación de cacao en parcela agroecológica-EEP	.....60
Anexo 10.	Mapa actualizado de la plantación de cacao (área del establo-EEP)	.....61

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) presentó su mayor auge de producción en el siglo XVI, pero la disminución de la población indígena, la carga impositiva y el consecuente abandono de las plantaciones provocó su disminución y la entrada de nuevos cultivos que sustituyeron las zonas de plantación, por consecuencia se produjo la pérdida de la diversidad genética de aquellos materiales denominados “criollos” o de aroma fino (MAG 2018).

La FAO (2014) menciona que la pérdida de la diversidad genética reduce las opciones para la gestión sostenible de una agricultura resiliente ante entornos adversos y condiciones meteorológicas que fluctúan rápidamente.

Datos obtenidos del Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2018 - 2019 muestran que el área sembrada total de cacao en El Salvador fue de 10,332 manzanas (7,232.4 hectáreas) en sistemas agroforestales, lo que indica que el país tiene potencial de producir grano de cacao de especialidad y alta calidad (USAID 2019).

Tradicionalmente el cacao se ha reproducido a través de semilla sexual, dando como resultado una alta segregación genética, lo cual ha generado una producción de frutos heterogénea y muchas veces plantas improductivas (Calderón y Zetino 2019).

Como resultado a esta problemática se han realizado diferentes estudios sobre la multiplicación asexual en el cultivo de cacao, utilizando técnicas como la propagación in vitro, acodos aéreos, estacas, microinjertación, injertación temprana, injertación tradicional, entre otras. Dichas técnicas permiten multiplicar una planta con características de interés comercial como: mayor producción, adaptación a diferentes condiciones climáticas, tolerancia a plagas y enfermedades.

La presente investigación tiene como objetivo la reproducción de clones de cacao criollo utilizando la técnica de injertación temprana en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas y de la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 El cacao en El Salvador

Cultivado a escala nacional el cacao tiene el potencial de aumentar la biodiversidad del país, restaurar ecosistemas degradados, mejorar la calidad de los recursos de suelo y agua, para fomentar el potencial de adaptación de cara a los fenómenos meteorológicos extremos actuales y futuros (Alianza Cacao 2020).

La Alianza Cacao de USAID con The Howard G. Buffett Foundation, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y Catholic Relief Services (CRS) apoya a aproximadamente 6,500 pequeños productores para reactivar la producción y la exportación del cacao en El Salvador. El proyecto busca impulsar la agricultura y el crecimiento económico en 109 municipios al convertir a El Salvador en productor y exportador de cacao de aroma fino y de alta calidad. A través de asistencia técnica a pequeños productores, aproximadamente 6,500 hectáreas de cacao serán cultivadas bajo diversos sistemas agroforestales (USAID 2019).

2.2 Botánica del árbol de cacao

El cacao es un árbol semicaducifolio de hasta 12 metros de altura, y en cultivo se mantienen normalmente de 4 a 8 m. El tallo es glabro o parcialmente pubescente en ejes jóvenes; la corteza es oscura en tonalidades de gris a café; las ramas son cafés y finalmente vellosas; las hojas son coriáceas simples, enteras, angostamente ovadas a ovado elípticas, ligeramente asimétricas, de 17 a 49 cm de largo y de 7 a 14 cm de ancho, alternas y glabras (Dostert *et al.* 2011).

2.2.1 Descripción botánica de la flor

La flor es caulinar y cimosa, es decir que se produce a lo largo del tronco, ramas y tallos leñosos agrupadas en sitios llamados cojinetes florales. Las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas; los sépalos son verdosos blancos o rosa claro; los pétalos son un poco más largos que los sépalos de color amarillentos; los estambres son 10 y lineares, cinco estambres fértiles se alternan con cinco estaminodios; el ovario es anguloso ovado, ligeramente pentagonal y pentámero (Dostert *et al.* 2011).

Un cojinete floral contiene 40 a 60 flores, pero solamente un pequeño porcentaje (1.5% al 6%) se desarrollan en fruto. 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 (FHIA 2019).

La polinización se da en su mayoría por insectos (entomófila), y su principal polinizador es la mosca llamada *Forcipomyia* sp., perteneciente al orden de los dípteros (Compañía Nacional de Chocolates 2021).

2.3 Reproducción del cacao

Pese a que las plantas de cacao presentan un sistema de entrecruzamiento alógamo, se ha documentado una clara distinción entre sistemas de autoincompatibilidad de los genotipos forasteros y de autocompatibilidad de los criollos; sin embargo, existen reportes de segregación hacia los dos sistemas de polinización por parte de los dos genotipos. Las plantas que descienden de estos sistemas de entrecruzamiento son un importante reservorio de genes que potencialmente pueden exhibir las características de sus parentales, siendo la calidad sensorial una de las más importantes (aroma, sabor y textura), además, hay mejora de las características agronómicas de rendimiento y tolerancia a enfermedades, tal como ocurre en las variedades Trinitario (Ruiz 2014).

2.3.1 Reproducción sexual en cacao

La reproducción sexual consiste en utilizar la semilla obtenida del fruto (mazorca) seleccionada de los árboles que presenten características de interés como: vigorosos, buena forma, desarrollo adecuado, buena producción y tolerancia a plagas y enfermedades (Ávila *et al.* 2013).

En algunas plantaciones de cacao pueden encontrarse árboles que forman mazorcas, pero que no llegan a madurar, también pueden encontrarse situaciones que las que no produzcan mazorcas. Esta condición se le atribuye a baja fertilidad del suelo, falta de agua, esterilidad esporofítica, esterilidad gametofítica o incompatibilidad (Enríquez 1999).

La compatibilidad sexual la estudian botánicos y la relacionan con mecanismos de recombinación genética, selección y evolución de las especies. Algunos clones de cacao son compatibles, se llevan bien y forman frutos (FHIA 2019).

La compatibilidad es una característica deseable porque facilita los cruzamientos y el cuajamiento de frutos además de hacer posible la siembra de clones individuales en áreas uniformes. Por el contrario, la incompatibilidad ha sido asociada a una menor producción (IICA 2017).

La incompatibilidad es la incapacidad de gametos funcionales (grano de polen y ovulo) de efectuar la fecundación en combinaciones particulares del o entre genotipos. Esta condición es un factor genético de tipo esporofítico, regido por un proceso bioquímico donde el tubo polínico presenta rechazo en el ovario de la flor receptora y en muy pocos casos en el estigma (Ramírez 2019).

Según MOCCA (2021), existen 4 tipos de compatibilidad:

- Autocompatibles. Árboles de cacao que reciben polen de sí mismos, se fecundan y son capaces de producir mazorcas.
- Autoincompatibles. Árboles de cacao cuyo polen no pueden fecundarse a sí mismos.
- Intercompatibles. Árboles de cacao que a través del intercambio de polen pueden fecundarse entre sí.
- Interincompatibles. Cuando el polen de la flor de una planta no consigue fecundar los óvulos de las flores de otras plantas.

2.3.2 Propagación asexual

En la propagación asexual o vegetativa no se genera la fusión de gametos, es decir, no existe cruzamiento sexual entre un árbol madre y un padre; en cambio, se utilizan partes vegetativas de la planta, tales como: varetas, estacas, ramas, flores u otras estructuras capaces de generar una nueva planta, estas no implican cambios en su constitución genética (Gárate *et al.* 2020).

Batista (2009) menciona que las plantas obtenidas por propagación asexual ofrecen una alta confiabilidad en la autenticidad de las características genéticas que se

desean multiplicar; son de alta precocidad, producen buenos rendimientos y sobre todo uniformidad en las características del producto deseado.

Al propagar asexualmente una planta (ramas de cacao o por injerto), permite multiplicar individuos con características genotípicas y fenotípicas similares a la planta madre, la cual sembrada bajo las mismas condiciones medio ambientales va a producir en el mismo grado que su progenitor (Quiroz y Mestanza 2010).

Los métodos más comunes de propagación asexual son: injertos, acodos aéreos, estaca o propagación in vitro (embriogénesis somática).

2.3.2.1 Propagación por injerto

El injerto es el método más generalizado de propagación vegetativa del cacao, se recurre a esta práctica cuando se desea multiplicar fielmente las características de los árboles que se han seleccionado, evitando así la variación sobre todo en el comportamiento productivo que normalmente ocurre con la reproducción por semillas (FHIA 2005).

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) utilizan injertos de parche o de lengüeta, de yema terminal o de púa. La injertación temprana y microinjertación son las técnicas más novedosas en la propagación de cacao (Villalta *et al.* 2013).

Condezo (2013) menciona que la injertación permite transferir y mantener las características genéticas favorables de la planta madre tales como precocidad, tolerancia a plagas y enfermedades, alta productividad, calidad y rusticidad. El éxito de esta técnica dependerá de una buena planificación, logística, destreza y conocimiento del injertador respecto a la obtención y conservación de las varetas, además del momento óptimo de la injertación.

La factibilidad del injerto exige la presencia simultánea de dos tipos de condiciones: una de ellas es la habilidad del injertador para poner en contacto las partes adecuadas de la anatomía vegetal que posibilitan la soldadura durante un tiempo lo suficientemente largo para que la misma se produzca; la segunda condición depende de factores genéticos y consiste en la afinidad existente entre los organismos o las partes a unir (Valentini y Arroyo 2003).

La afinidad comprende la facultad de permanencia de la unión entre las partes vegetales en forma satisfactoria a través del tiempo. Al igual que la afinidad, la compatibilidad depende del grado de parentesco botánico entre las partes a unir, pero en este caso existen diferentes grados, por lo que pueden observarse variados síntomas de incompatibilidad tanto en su forma como en su momento de presentación, pudiendo llegar al caso extremo de provocar la muerte de los árboles (Valentini y Arroyo 2003).

En forma breve, la cicatrización de la unión del injerto es como sigue (Álvarez 2019):

- El tejido recién cortado de la vareta, con capacidad de actividad meristemática, se coloca en contacto seguro y que coincidan con el tejido similar recién cortado del portainjerto, de manera que las regiones cambiales se unan.
- Las capas externas expuestas de células de la región cambial tanto de la vareta como del portainjerto producen células de parénquima, formando lo que se llama tejido callo.
- Algunas células de este callo de nueva formación se diferencian en nuevas células cambiales.
- Estas nuevas células cambiales producen nuevo tejido vascular, xilema hacia el interior y floema hacia el exterior, estableciendo así conexión vascular entre el injerto y el portainjerto.
- La cicatrización de la unión del injerto se forma por completo mediante células que se desarrollan después de que se ha efectuado la injertación.
- Entrelazamiento de células de parénquima (tejido de callo) por el portainjerto y el injerto.
- Nuevo xilema y floema a partir del nuevo cambium vascular producido en el puente de callo.

Álvarez (2019) menciona que el patrón está enraizado y se encarga de absorber el agua y las sustancias nutritivas, así como la síntesis de otras sustancias como aminoácidos y sustancias necesarias para el crecimiento; mientras que la variedad injertada se encarga de realizar la fotosíntesis para conseguir la energía necesaria y de la fabricación de carbohidratos.

Nieto y Borys (1999) mencionan que la absorción y traslocación de elementos minerales del portainjerto al injerto es una forma para cuantificar el grado de compatibilidad, ya que, dependiendo de la cantidad de los elementos en los tejidos de la planta, puede ser una forma para evaluar el grado de formación de los tejidos vasculares en el punto de unión del injerto.

- **Tipos de injerto utilizados en cacao**

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) han avanzado en sus investigaciones sobre el mejoramiento genético y propagación de clones de alta calidad, y utilizan técnicas de injerto como: injerto de parche o de lengüeta, injerto de yema terminal o de púa, siendo éstos los más utilizados en la propagación de cacao. Asimismo existen otras técnicas novedosas como la injertación temprana y microinjertación (Villalta *et al.* 2013).

Existen diferentes tipos de injerto utilizados para la propagación de cacao, algunos de ellos son los siguientes:

- 1) Enchape lateral**

La FAO (2021) menciona que el injerto consiste en extraer una vareta terminal de aproximadamente 10 cm de largo cuya base se corta en bisel con una longitud de 2 cm a 4 cm, del lado opuesto se realiza un corte similar pero más pequeño; posteriormente se siguen los siguientes pasos:

- A un lado del tallo del portainjerto se hace un corte parecido, dejando una lengüeta de corteza en la base.
- El injerto se coloca en el portainjerto así preparado y se amarra con una cinta de polietileno, dejando la punta del injerto al descubierto.
- En época de lluvias la yema se cubre con una cubierta blanca (bolsa) de polietileno para evitar que el agua se introduzca entre el injerto y el portainjerto.

2) Injertación temprana

Es una técnica de reciente dominio que permite reducir el tiempo para la obtención de plantas injertadas de cacao (7 a 8 meses en el injerto convencional, a 4 a 5 meses en el injerto temprano) (Ramos *et al.* 2015).

Esta técnica permite injertar los patrones en fases tempranas de crecimiento con el fin de obtener clones listos para la siembra en el menor periodo de tiempo posible, favoreciendo la calidad y reduciendo gastos innecesarios en la explotación comercial (Palencia y Mejía 2004).

3) Injerto de parche

En el portainjerto se hace un corte horizontal de tal manera que permita levantar con la punta de la navaja la corteza, luego en la vareta que posee las yemas se hacen cuatro cortes alrededor de la yema seleccionada de las mismas dimensiones de la realizada en el portainjerto. Colocada la yema se procede al amarre con cinta plástica Parafilm (Palencia y Mejía 2004).

4) Microinjerto de parche

Según Palencia y Mejía (2004) se realiza un corte horizontal en ángulo de 45° y un segundo corte se inicia dos centímetros arriba del primero, siguiendo en forma de raspado hacia debajo de tal manera que intercepte el primer corte removiendo el pedazo de corteza. En la vareta se realiza un primer corte inclinado en forma horizontal por debajo de la yema y un segundo corte por encima, se sigue hacia abajo por detrás de la yema hasta interceptar el primer corte, se coloca la porción de la yema obtenida, se amarra y se observa en 8 días.

5) Microinjerto de púa terminal

El método consiste en decapitar la planta portainjerto a 1 cm por encima de los cotiledones y cortar el tallo por el centro, realizando una incisión de aproximadamente 3 cm por debajo de los cotiledones. Luego colocar la púa y hacer coincidir el cambium de la púa con el portainjerto, amarrar y rotular (Calderón y Zetino 2019).

Las semillas para el desarrollo de plantas a usar como portainjerto se seleccionan de árboles tolerantes a plagas y enfermedades, resistentes a sequía y vigorosos. Las semillas obtenidas para portainjertos preferiblemente se obtienen de frutos de polinización libre. Además, estos deben estar sanos y con un programa de fertilización adecuado, no mayor de 5 meses de edad (Quiroz y Mestanza 2010).

Otros tipos de propagación asexual en cacao son:

2.3.2.2 Acodo aéreo.

Técnica en la que se produce una planta nueva tomando partes de un solo árbol, el cual aporta la copa y la raíz; consiste en la estimulación de raíces en el tallo o ramas del árbol de cacao sin separarlo de la planta madre durante el periodo de desarrollo (Gárate *et al.* 2020)

2.3.2.3 Esqueje o estaca.

Técnica en la que se produce una planta nueva tomando partes de ramas de árboles que luego se colocarán en sustrato para facilitar el enraizamiento (Gárate 2020).

2.3.2.4 Propagación in vitro.

La embriogénesis somática es el procedimiento por medio del cual se obtienen embriones sin la intervención de células gaméticas y presentan una morfología y un desarrollo similares a los embriones sexuales obtenidos por la fecundación, pero a diferencia de éstos, presentan una constitución gamética idéntica a la de la planta de origen (Gárate *et al.* 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó de junio a diciembre del año 2022 en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas (VFCA), localidad 1, ubicado en el departamento de San Salvador, con coordenadas geográficas 13°43'09.29" Latitud Norte y 89°12'01.55" Longitud Oeste, a una altura de 687 metros sobre el nivel del mar (msnm), y en la Estación Experimental y de Prácticas (VEEP), localidad 2, de la Facultad de

Ciencias Agronómicas, ambos de la Universidad de El Salvador, con coordenadas geográficas 13°28'11.1" Latitud Norte y 89°05'13" Longitud Oeste, a una altura de 48 msnm, ubicado en el municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador.

3.2 Metodología de campo

- **Desarrollo de portainjertos**

El desarrollo de 500 plántulas de cacao para portainjerto se estableció en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas hasta cumplir 25 a 35 días después de la emergencia para realizar la injertación temprana, y de 3 a 4 meses para realizar la injertación tradicional. Debido a que el crecimiento de las plantas no fue homogéneo en los primeros días, se consideró un rango de más días para obtener un mayor número de plantas con desarrollo parecido, luego se seleccionaron por grupos aquellas plantas con características similares de desarrollo (altura y diámetro de tallo).

- **Selección y recolección de frutos**

Los frutos (mazorcas) de cacao seleccionados para la propagación por semillas fueron obtenidos de árboles criollos de almendra blanca en la Estación Experimental y de Prácticas, específicamente de las parcelas en asocio cacao-frutales; y del Banco de Germoplasma de cacao de árboles criollos (clon Cáceres y clon Jaime Arévalo) ubicado en la Universidad de El Salvador.



Figura 1. Frutos de cacao de almendra blanca colectados del Banco de Germoplasma UES.



Figura 2. Clones de cacao criollo: A) Clon “criollo UES” ubicado en parcela agroecológica EEP; B) Clon “Jaime Arévalo” ubicado en Banco de Germoplasma UES.

- **Caracterización inicial de los frutos de cacao cosechados**

Las mediciones que se tomaron en los frutos destinados para siembra por semilla para la obtención de portainjertos fueron: Peso total de frutos, peso promedio de frutos, peso de la cascara de la mazorca.

- **Preparación del sustrato**

Se utilizó tierra negra con estiércol de ganado vacuno descompuesto en proporción 3:1 (3 partes de tierra por una de estiércol).

- **Llenado de bolsas**

Previo al llenado de bolsas el sustrato se llevó a capacidad de campo. Las medidas de las bolsas de polietileno negro fueron de 6 x 9 pulgadas para la injertación temprana y 8 x 14 pulgadas para la injertación tradicional.

- **Ubicación y ordenamiento de bolsas**

Las bolsas se ubicaron en el propagador de plantas del vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas sobre una mesa de concreto revestida con plástico de polietileno negro de 175 micras de grosor, de 4 m de ancho por 100 m de largo, para mantener el riego por capilaridad.

- **Selección de semillas**

Se seleccionaron semillas sanas, sin plagas o enfermedades, y sin germinar al interior de la mazorca de cacao.

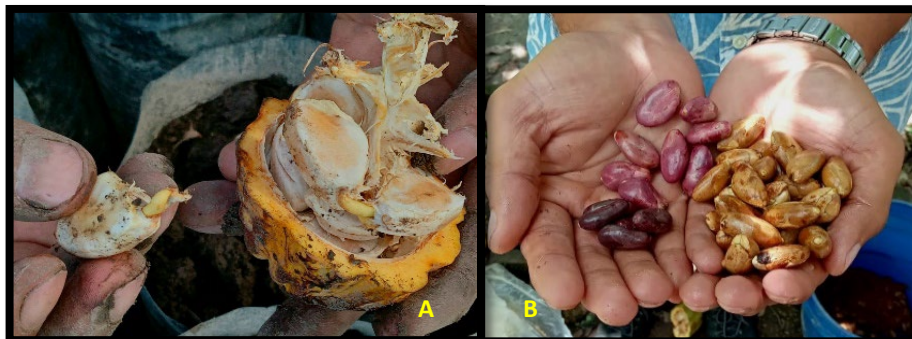


Figura 3. A) Semillas de cacao criollo, B) Semillas de cacao criollo y trinitario obtenidas del Banco de Germoplasma UES.

- **Tratamiento de semillas de cacao antes de la siembra**

El tratamiento que recibieron las semillas fue únicamente el empanizado con aserrín fino, para extraer la humedad del mucilago y evitar la proliferación de hongos que puedan afectar la germinación de las semillas.



Figura 4. Empanizado de semillas de cacao con aserrín antes de la siembra.

- **Siembra de semillas de cacao**

La siembra se hizo en el centro de la bolsa y sobre la superficie del sustrato, las semillas se colocaron acostadas de manera horizontal y se cubrieron con sustrato. Posteriormente se aplicó riego abundante.

- **Riego y desmalezado**

El riego se realizó una vez por semana agregando una lámina de agua de aproximadamente 2.54 cm al cantero que contenía las plantas. El desmalezado se realizó de forma manual una vez cada dos semanas durante toda la etapa del vivero.

- **Fertilización de portainjertos**

El fertilizante se aplicó a los 25 días después de la siembra en dosis de 5 g de Bocashi por planta que se destinaron para la injertación temprana, y a las plantas destinadas para la injertación tradicional se aplicó 5 g de fertilizante 18-46-0 a los 15 días después de la emergencia, y a los 20 días después de la primera fertilización se aplicó 5 g de fertilizante 15-15-15.

- **Control de plagas y enfermedades**

El monitoreo de plagas y enfermedades se realizó dos veces por semana, en la mañana y por la tarde. El control se realizó de manera curativa, se aplicó insecticida Connect en dosis de 1.5 ml.L-1 + el fungicida Amistar en dosis de 1 ml.L-1 a todas las plantas.

- **Identificación árboles de cacao clonales y criollos para obtener varetas**

Se realizaron varias visitas a la Estación Experimental y de Prácticas con el objetivo de observar e identificar plantas clonales y criollas plantadas por semilla con buena producción y buen desarrollo. Para la obtención de varetas se seleccionaron clones con buena producción y vigorosidad, frutos sanos, los clones que se encontraron con estas características son: Cáceres, Jaime Arévalo, CPS7 N° 36, CPS7 N° 34, CPS1 N° 34, CPS2 N° 34 y “Criollo UES”.

- **Selección y preparación de varetas de cacao**

De los clones seleccionados se escogieron varetas de los extremos distales de las ramas plagiotrópicas. Para la injertación temprana y tradicional las varetas se prepararon 15 días antes de la injertación, para ello se eliminaron todas las hojas ubicadas en esta sección, dejando solo un tercio del peciolo. Se identificaron con cinta adhesiva color negro y Liquid paper®. Las varetas utilizadas para la injertación temprana fueron más delgadas que las utilizadas para el enchape lateral tradicional (cuadro 1).

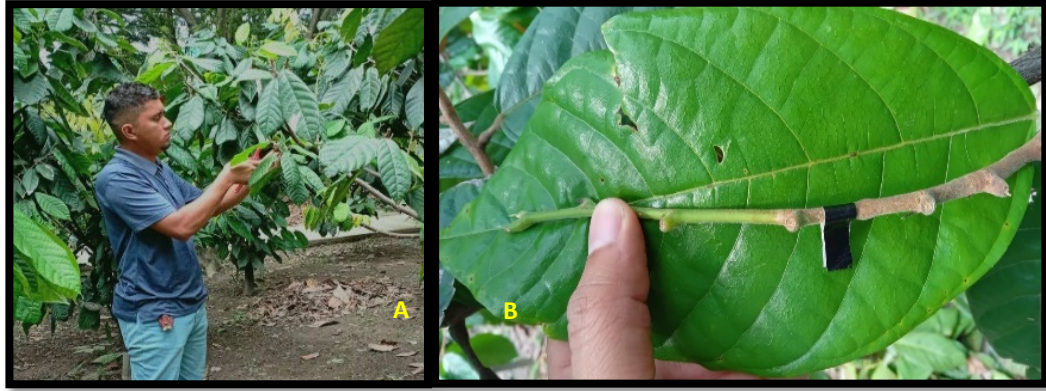


Figura 5. A) Preparación de varetas 15 días antes del injerto, B) Vareta de cacao identificada para la injertación temprana.

- **Recolección de varetas**

Las varetas presentaron el punto óptimo cuando las yemas axilares que se encontraban en dormancia comenzaban a activarse y la porción del peciolo se desprendía de la vareta al realizar una leve presión, aproximadamente de 15 a 20 días después de haberse preparado. El día de la recolección de las varetas se cubrieron inmediatamente con papel periódico húmedo y se colocaron en una hielera para evitar la deshidratación, posteriormente se procedió a la injertación



Figura 6. Varetas de cacao criollo preparadas 15 días antes del injerto.

Los promedios de longitud y diámetro de las varetas de cacao se obtuvieron de un total de 315 varetas, los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Promedios de longitud y diámetro de varetas de cacao antes del injerto.

Tratamiento	Descripción	Datos tomados antes del injerto			
		Longitud de vareta (cm)		Diámetro de vareta (cm)	
		Localidad 1	Localidad 2	Localidad 1	Localidad 2
T1	Enchape lateral temprano	11.15	10.27	0.38	0.35
T2	Púa terminal temprano	10.57	10.47	0.37	0.35
T3	Enchape lateral tradicional	15.4	13.79	0.59	0.43

- **Materiales y herramientas utilizados para la injertación**

Los materiales y herramientas que se utilizaron son: tijera de podar, navaja para injertar, alcohol 70%, piedra para afilar, plástico Parafilm®, bolsas plásticas para cubrir el injerto y Liquid paper® para la identificación del germoplasma.

- **Procedimiento para el injerto de enchape lateral temprano**

El procedimiento para el injerto de enchape lateral temprano en cacao fue el siguiente:

- ✓ La desinfección se realizó con alcohol 70% rociando las varetas y herramientas de corte. Después de cada ocho injertos se desinfectaron las herramientas nuevamente.
- ✓ A una altura aproximada de 5 cm desde la base del suelo se realizó un corte longitudinal en el portainjerto de 0.5 cm (sólo la corteza), luego un corte transversal en bisel hacia abajo por la mitad del corte longitudinal.
- ✓ Se seleccionaron varetas con diámetros similares o menores al portainjerto (3 mm - 4 mm) y con longitudes de 10 a 11 cm. En la parte basal de la vareta se realizó un corte con tijera para eliminar la parte oxidada, en seguida con una navaja para injertar bien afilada y desinfectada se hizo un corte en ángulo de 45° en la parte interna de la curvatura de la vareta, en el extremo contrario se hizo otro corte longitudinal en la superficie de la corteza, sin profundizar.
- ✓ A continuación, se colocó la vareta en el corte del portainjerto y se hizo una leve presión hacia abajo, posteriormente se hace el amarre con cinta plástica. Se hizo

una leve presión abajo del injerto y se comienza a enrollar la cinta plástica hacia arriba, manteniendo la presión cubriendo toda la vareta, al final se realizó un pequeño nudo.



Figura 7. Cortes en portainjertos y colocación de vareta para injertación de enchape lateral temprano.

- ✓ Cuando las yemas de la vareta se observaron activas y a punto de brotar se realizó un pequeño corte con la navaja para injertar en la cinta plástica, por encima de la yema, sin dañar el patrón ni el brote. Esto con el propósito de que la yema no tuviera ninguna dificultad al momento de brotar.
- ✓ La cinta de plástico se retiró dos meses después de haber hecho el injerto.

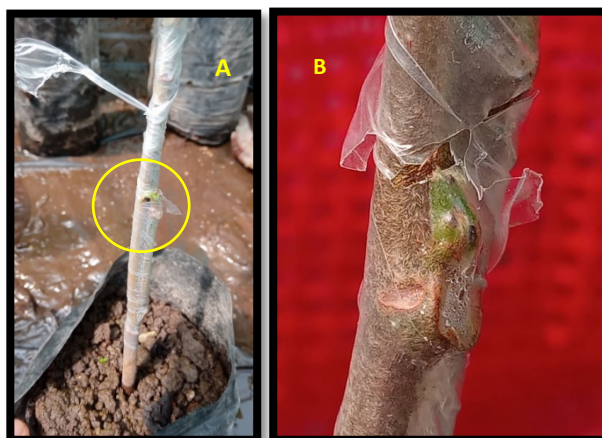


Figura 8. A) Injerto de enchape lateral temprano con yema activada, B) Yema activada 15 días después del injerto y realización de corte en plástico.



Figura 9. Injertación temprana en plantas de cacao de 1 mes de edad.

• Procedimiento para el injerto de púa terminal temprano

El procedimiento para el injerto de púa terminal temprano en cacao fue el siguiente:

- El injerto se realizó aproximadamente a 3 cm arriba de los cotiledones. Se desinfectó el área del corte con alcohol 70%. El primer corte fue hecho en el portainjerto, haciendo un corte transversal “decapitado” con una navaja para injertar bien afilada, luego al centro del tallo se hizo el segundo corte de forma longitudinal de aproximadamente 2 cm de profundidad.
- Al seleccionar la varetta se tomó en cuenta que el diámetro de ésta fuera similar o un poco menor al diámetro del patrón (3 mm a 4 mm aproximadamente) y de 10 cm a 11 cm de longitud. Luego se eliminó con una tijera la parte basal para eliminar la porción oxidada, de inmediato se hicieron dos cortes longitudinales en la varetta, similares a la longitud de los cortes hechos en el portainjerto, a manera de formar una púa, la cual se colocó en el portainjerto y se hizo coincidir el cambium de la varetta y el portainjerto.
- Con la cinta plástica se sujetó levemente debajo de la unión del injerto y se comenzó a envolver sobre la unión, se hizo un nudo y se colocó una bolsa plástica GoPlast® con dimensiones de 8 cm x 21 cm sobre la varetta en forma de capuchón para evitar la deshidratación.



Figura 10. A) Cortes en vareta y portainjerto, B) Amarre con plástico en injerto de púa terminal temprano.

- **Procedimiento para el injerto de enchape lateral tradicional**

El procedimiento para el injerto de enchape lateral tradicional en cacao fue el siguiente:

- ✓ Se utilizaron plantas de 4 a 6 meses de edad con diámetro de tallos de 7 a 8 mm aproximadamente.
- ✓ El injerto se realizó a una distancia de 20 a 25 cm desde la base del suelo, se procedió con la desinfección del área con alcohol 70% antes del corte.
- ✓ El primer corte fue realizado en el portainjerto haciendo un corte longitudinal hacia abajo de 2 a 2.5 cm sin profundizar hasta el xilema. Luego se hizo un corte transversal sobre el primer corte dejando una pequeña lengüeta de 0.5 cm.
- ✓ Posteriormente se eligieron varetas con diámetros de 0.4 a 0.6 cm y con longitudes de 15 cm aproximadamente.
- ✓ Se eliminó la porción basal para quitar la parte oxidada y se realizó un corte en ángulo de 45° en la parte interna de la curva de la vareta de 0.5 cm. En el extremo contrario se realizó otro corte longitudinal hacia abajo de 2 cm, sin profundizar el xilema. Inmediatamente se introdujo la vareta con los cortes longitudinales cara a cara a manera que ambos cambiums quedaran en contacto.

- ✓ Con una cinta plástica se comenzó sujetando levemente debajo del área injertada y se enrolló de manera ascendente haciendo presión para que los cortes queden bien sujetos. El amarre solo se hizo en el área de los cortes. Luego se colocó una bolsa plástica sobre la vareta y se amarró junto con el portainjerto.

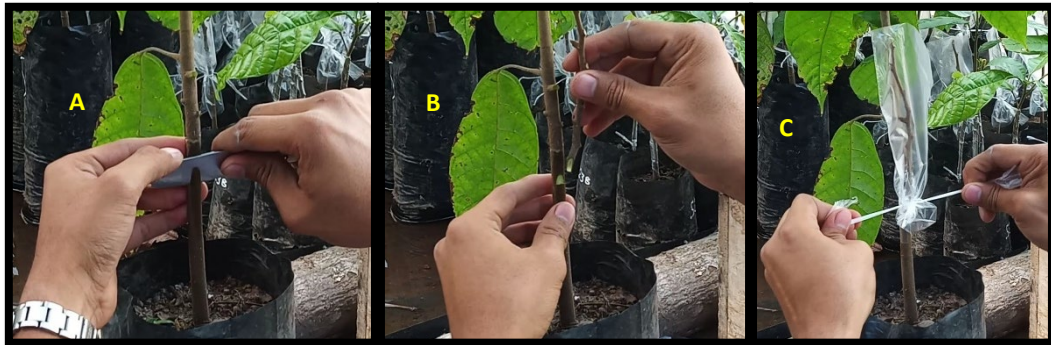


Figura 11. Procedimiento de la injertación de enchape lateral: A) Corte longitudinal en portainjerto, B) Colocación de vareta, C) Amarre y colocación de bolsa plástica.

3.3 Metodología estadística

Se establecieron dos ensayos en un diseño de Bloques Completos al Azar con 3 tratamientos y 7 bloques; cada unidad experimental estaba conformada por 10 plantas de cacao (210 plantas en total) para el ensayo ubicado en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas (localidad 1), y 5 plantas de cacao (105 en total) para el ensayo ubicado en el vivero de la Estación Experimental y de Prácticas (localidad 2), ambos de la Universidad de El Salvador.

Con los datos obtenidos en la investigación se utilizó el análisis de varianza (ANVA) con el propósito de determinar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Cuando resultaban diferencias se aplicaba la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) para determinar el mejor tratamiento. Para todos los análisis de datos se utilizó el programa estadístico Infostat versión estudiantil (2020e) con un nivel de significancia del 5%.

Los tratamientos evaluados en la investigación en las dos localidades fueron (cuadro 2):

Tratamiento 1 (T₁): Enchape lateral temprano.

Tratamiento 2 (T₂): Púa terminal temprano.

Tratamiento 3 (T₃): Enchape lateral tradicional.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en la investigación.

Tratamiento	Descripción
T1	Enchape lateral temprano con amarre tipo momia.
T2	Púa terminal temprano con bolsa plástica de 8 oz.
T3	Enchape lateral tradicional.

La distribución de los bloques y tratamientos en campo fue la misma para las dos localidades (cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución de los bloques y tratamientos en campo.

Bloque	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	BVII
	T1	T2	T3	T1	T1	T2	T3
Tratamientos	T2	T3	T1	T3	T3	T3	T2
	T3	T1	T2	T2	T2	T1	T1

3.3.1 Medición de variables antes del injerto

- **Diámetro del tallo del portainjerto**

La medición se realizó con un Calibrador vernier digital (Stereon HER - 411) a una altura promedio de 25 cm desde la base del sustrato hasta la posición donde se realizó el injerto para la injertación tradicional; para injertación temprana se registró

el diámetro del tallo del portainjerto a una altura promedio de 2 cm desde la base del sustrato hasta la posición donde se realizó el injerto.



Figura 12. Medición del diámetro del tallo antes de la injertación: A) portainjerto con 1 mes de edad, B) portainjerto con 3 meses de edad.

- **Longitud inicial de las varetas de cacao**

La longitud de las varetas antes de la injertación fue medida con cinta métrica, se midió la longitud total de extremo a extremo de la vareta, dejando una porción de 0.5 cm en la parte basal, ya que ésta sería la porción donde se realizarían los cortes para el injerto. El mismo procedimiento se realizó para la injertación temprana y tradicional.

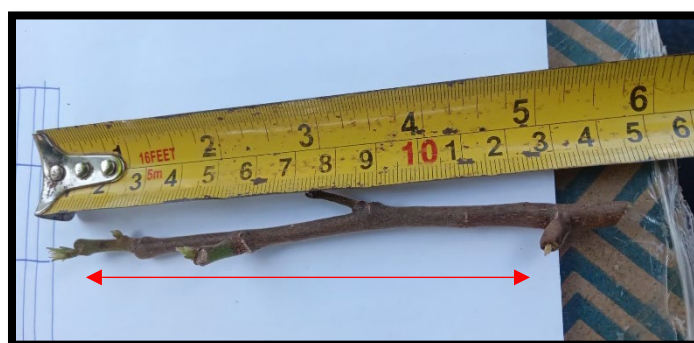


Figura 13. Medición de la longitud de varetas (considerando solo lo indicado por la flecha).

- **Diámetro de varetas de cacao**

El diámetro de las varetas antes de la injertación se midió con un Calibrador vernier digital (Stereon HER-411) a 1.5 cm arriba de la parte basal. Este procedimiento se realizó para las varetas destinadas a la injertación tradicional y temprana.

3.3.2 Medición de variables después del injerto

- **Porcentaje de prendimiento del injerto**

El porcentaje de prendimiento del injerto se determinó dos meses después de la injertación, para ello se contó el número de injertos vivos con presencia de callo y buena soldadura.



Figura 14. Prendimiento y formación de callo en injertación temprana (izquierda) y enchape lateral tradicional (derecha).

- **Grados Días de Desarrollo (GDD)**

Con un termohigrómetro (Taylor 5535) se registró la temperatura en grados centígrados tres veces al día: 7:00 am, 11:00 am y 3:00 pm. Se consideró el promedio diario de temperatura desde el día de la injertación hasta el día en que el injerto comenzó a brotar. Para obtener los GDD se utilizó la siguiente formula:

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

Donde:

Σ = sumatoria.

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

$T^{\circ} b$ = temperatura base ($^{\circ}$ C). En el trópico es igual a 12.

- **Número de yemas activadas**

Se registró el número de yemas activadas los días 15, 30 y 45 después de realizado el injerto, para ello se consideraron aquellas yemas a punto de brotar.



Figura 15. Activación de yema 15 días después de la injertación.

- **Número de brotes**

Se registró el número de brotes los días 15, 30 y 45 después de la injertación sin tomar en cuenta las yemas activadas.



Figura 16. Número de brotes después de la injertación.

- **Longitud del brote**

Se midió con un Vernier desde la base del brote o nudo hasta el meristemo apical, los días 15, 30 y 45 después de la brotación.

- **Diámetro del brote**

Se midió con un Vernier a una distancia de 3 mm desde la base del brote, los días 15, 30 y 45 después de la brotación.



Figura 17. Medición de longitud (izquierda) y diámetro de brote (derecha). Número de hojas por brote.

- **Longitud de hoja**

Se midió con un Vernier sólo el limbo de la hoja sin tomar en cuenta el pecíolo, cada 15 días a partir de la brotación.

- **Ancho de hoja**

Se midió con un Vernier digital sólo la parte central de la hoja, cada 15 días después de la brotación.

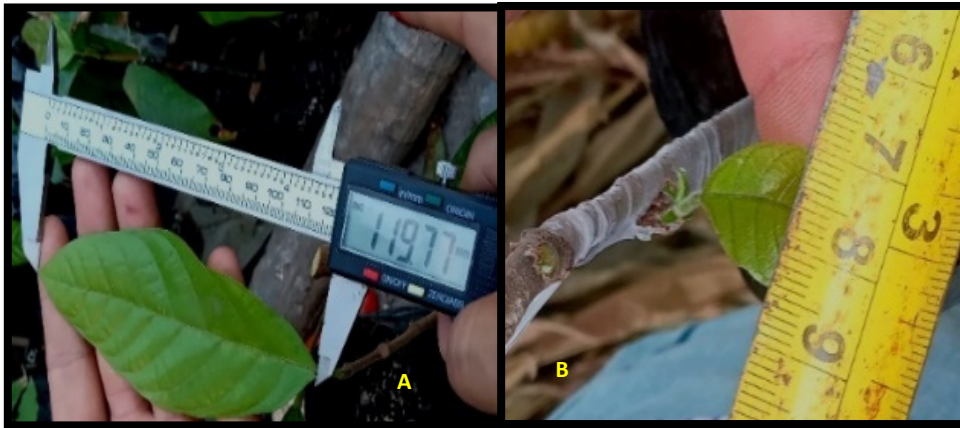


Figura 18. A) Medición de la longitud de hoja del brote, B) Medición del ancho de hoja del brote.

- **Porcentaje de sobrevivencia del injerto**

Se registró dos meses después de la injertación, considerando aquellos injertos que a la vista se encontrasen con hojas, coloración verde o yemas activadas.

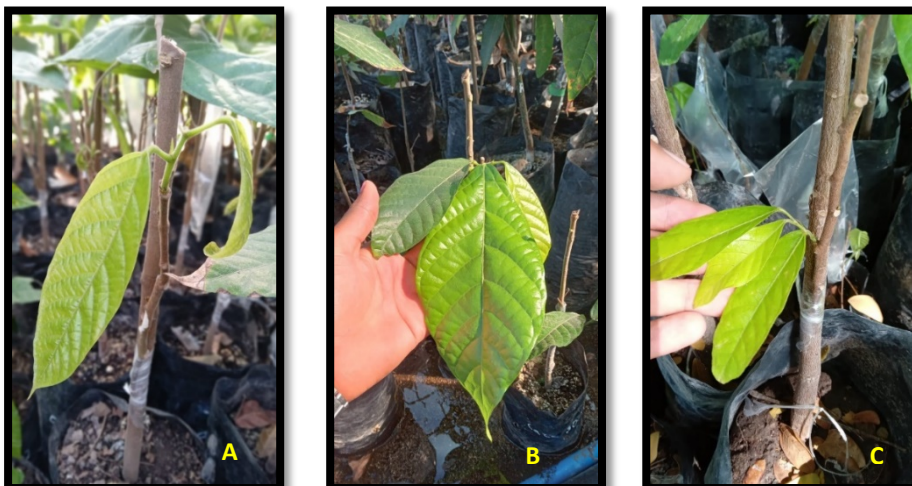


Figura 19. Sobrevivencia de injertos dos meses después de la injertación: A) enchape lateral, B) enchape lateral temprano, C) enchape lateral.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de prendimiento del injerto

En el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas (VFCA), localidad 1, el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) presentó el mayor porcentaje de prendimiento con 50%; y los menores porcentajes se obtuvieron con la injertación temprana.

En el vivero de la Estación Experimental y de Prácticas (VEEP), localidad 2, el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) presentó el mayor porcentaje de prendimiento con 45%; y los menores se obtuvieron con la injertación temprana.

Al realizar el análisis de varianza (ANVA) no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en ninguna de las dos localidades ($p > 0.05$).

Calderón (2020), en una investigación realizada en Santander, Colombia; obtuvo un 88% de prendimiento en el injerto de púa terminal tradicional, un 68% en enchape lateral tradicional y el prendimiento más bajo se obtuvo en el método de injertación temprana con 53%, estos datos no se asemejan a los obtenidos en la investigación, por lo que se infiere que el prendimiento de los injertos es influenciado por las condiciones de sitio, factores ambientales, habilidad del injertador, entre otras.

El bajo porcentaje de prendimiento en la injertación temprana podría deberse a la oxidación que se produce en los tejidos del cambium, ya que éstos son fácilmente dañados al exponerse al aire, provocando la deshidratación en la superficie afectando negativamente el prendimiento del injerto. Por otra parte Osuna *et al.* (2016), mencionan que es probable que existan diferencias en las estructuras anatómicas (vasos conductores) entre el portainjerto y la vareta, además, indica que la falta de uniformidad en la dinámica de la savia que circula entre la vareta y el portainjerto también podría afectar el éxito del injerto.

Asimismo, otros factores ambientales como la humedad atmosférica afectan la formación del callo, así lo menciona Gamboa (2015), donde indicó que la humedad inferior al punto de saturación inhibe la formación de callo, aumentando la tasa de desecación de las células a medida que disminuye la humedad.

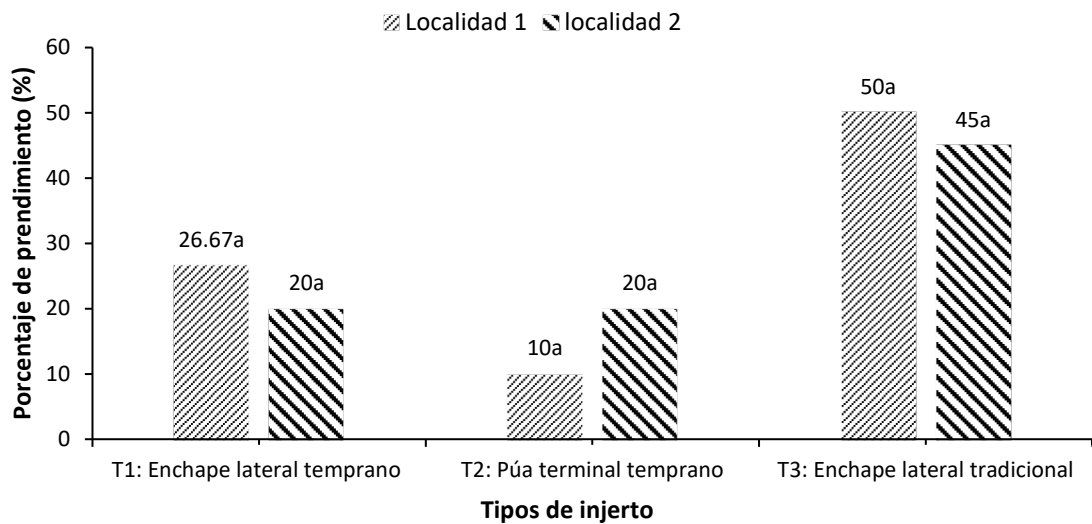


Figura 20. Efecto de los tipos de injerto en el prendimiento de la vareta de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].



Figura 21. A) Prendimiento del injerto de púa terminal temprano, B) Prendimiento del injerto de enchape lateral temprano.

4.2 Grados Días de Desarrollo (GDD)

En la localidad 1 el tratamiento 2 (T2: injerto de púa terminal temprano) presentó la mayor acumulación de grados de calor con 169.71 GDD; y la menor se obtuvo con el tratamiento 3 (T3: injerto de enchape lateral tradicional) con 166 GDD.

En la localidad 2 el tratamiento 1 (T1: enchape lateral temprano) presentó la mayor acumulación de grados de calor con 334.86 GDD; y la menor se obtuvo con el tratamiento 2 (T2: púa terminal temprano) con 308.43 GDD.

Al realizar el análisis de varianza se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en ambas localidades ($p < 0.001$).

Meza-Calderón (2019) en una investigación realizada en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, reportó que los requerimientos de GDD para los injertos de enchapado lateral y cuña terminal fueron 245 y 398 GDD respectivamente (20-30 días).

García y Moreno (2015) indicaron que la radiación solar al interior de la casa malla disminuyó en un 85%, asimismo se aumentó la temperatura en el ambiente y sustrato, además encontraron relaciones inversas entre la temperatura ambiente con la humedad relativa y el potencial hídrico atmosférico de la casa malla. Por otra parte Gamboa (2015), menciona que el rango óptimo de temperatura para el desarrollo de los injertos es de 20 – 29°C.

La temperatura afecta varios procesos fisiológicos y fenológicos en las plantas; se observa la respuesta fenológica de las plantas a la temperatura como cambios en la tasa de desarrollo (aparición de eventos fenológicos por unidad de tiempo) (Unigarro *et al.* 2017). Probablemente las condiciones del microclima en el propagador de la localidad 1 (VFCA) estimularon la actividad de las células recién expuestas y de aquellas que les circundan, acortando el tiempo de los procesos fenológicos como la brotación en los injertos.

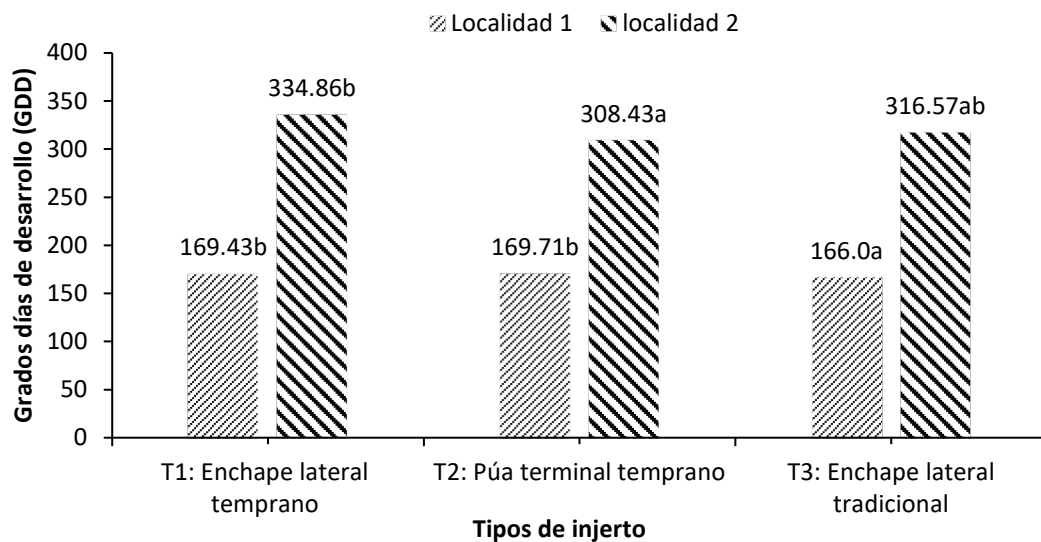


Figura 22. Efecto de los tipos de injerto en los grados días desarrollo en brotes de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.3 Porcentaje de sobrevivencia del injerto

En la localidad 1 el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) mostró el mayor porcentaje de sobrevivencia con 76.19%; y el menor se obtuvo con el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) con 52.38%.

En la localidad 2 el tratamiento 1 (T₃: enchape lateral temprano) presentó el mayor porcentaje de sobrevivencia con 45.71%; y el menor se obtuvo con el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) con 24.17%.

Al realizar el análisis de varianza, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas en la localidad 1 ($p < 0.01$) y diferencias significativas en la localidad 2 ($p < 0.05$).

Trujillo y Fraire (2015), en una investigación realizada en Tabasco, México; presentaron que el porcentaje de sobrevivencia fue de 68.75% a las 9 semanas después del injerto.

En esta investigación el porcentaje de sobrevivencia de los injertos en los tres tratamientos fue superior en la localidad 1; es posible que las condiciones ambientales como la temperatura en el propagador de plantas, favoreció la formación de tejido de callo y por consecuencia la sobrevivencia de los injertos. Así lo indican Hartmann y Kester (1997), la temperatura y la humedad tienen un efecto marcado en la producción de tejido de callo, entre 4°C y 32°C la tasa de formación de callo aumenta en razón directa con la temperatura.

Por otra parte es posible que exista incompatibilidad localizada entre la vareta y el portainjerto, afectando la sobrevivencia después de dos meses de realizada la injertación. Según Cartagena (1994), menciona que este tipo de incompatibilidad depende aparentemente, de la zona de unión, la cual presenta una debilidad mecánica y se rompe la continuidad del cambium y de los tejidos vasculares.

El coeficiente de correlación de Pearson mostró que existe una alta correlación positiva entre el porcentaje de sobrevivencia y el porcentaje de prendimiento del injerto en la localidad 1 y localidad 2, con una $r= 0.8$ y $r=0.87$, respectivamente. Es probable que la sobrevivencia se favorezca por el prendimiento del injerto donde se observa la presencia de tejidos de callo.

Existe una correlación negativa entre los GDD y el porcentaje de sobrevivencia con una $r= -0.64$ en la localidad 1, es decir, que la sobrevivencia de los injertos aumenta cuando los grados días desarrollo disminuyen. Según lo mencionado por Unigarro *et al.* (2017) indican que la temperatura induce cambios sobre la actividad enzimática y en consecuencia su funcionalidad; por lo tanto, es posible que la formación de callo y la reducción de los procesos fenológicos como resultado del efecto de la temperatura, favorecieron la sobrevivencia de los injertos en la localidad 1.

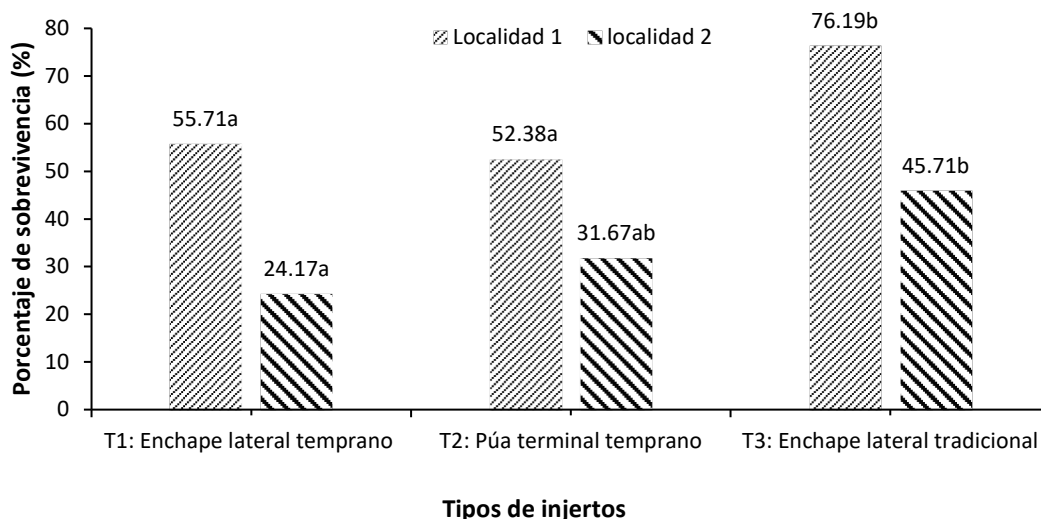


Figura 23. Efecto de los tipos de injerto en el porcentaje de sobrevivencia de las varetas de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.4 Yemas activadas después del injerto

En la localidad 1 el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) mostró la mayor cantidad con 3 yemas activadas; y la menor cantidad se presentó en el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) con 1.82 yemas activadas.

En la localidad 2 el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) mostró la mayor cantidad con 2.6 yemas activadas; y la menor cantidad se presentó en el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) con 1.64 yemas activadas.

Al realizar el análisis de varianza se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$), en la localidad 1 (VFCA); mientras que en la localidad 2 no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$)

Villalta *et al.* (2013), en una investigación realizada en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas, mencionan que el injerto tipo púa terminal más Parafilm® presentó los valores más altos en la ganancia o incremento de altura, número de hojas y número de brotes.

Leon (2019) menciona que las varetas deben estar desprovistas de yemas florales y tener por los menos tres a cuatro yemas sanas, bien desarrolladas con buena circulación de la savia, además indica que la longitud ideal es entre 12 y 15 cm. Probablemente, las características de las yemas antes de la injertación influyeron en la activación de las yemas después del injerto; es posible que algunas yemas eran de tipo florar, mientras que otras se encontraban a punto de brotar, lo cual pudo afectar el desarrollo ideal de éstas después del injerto.

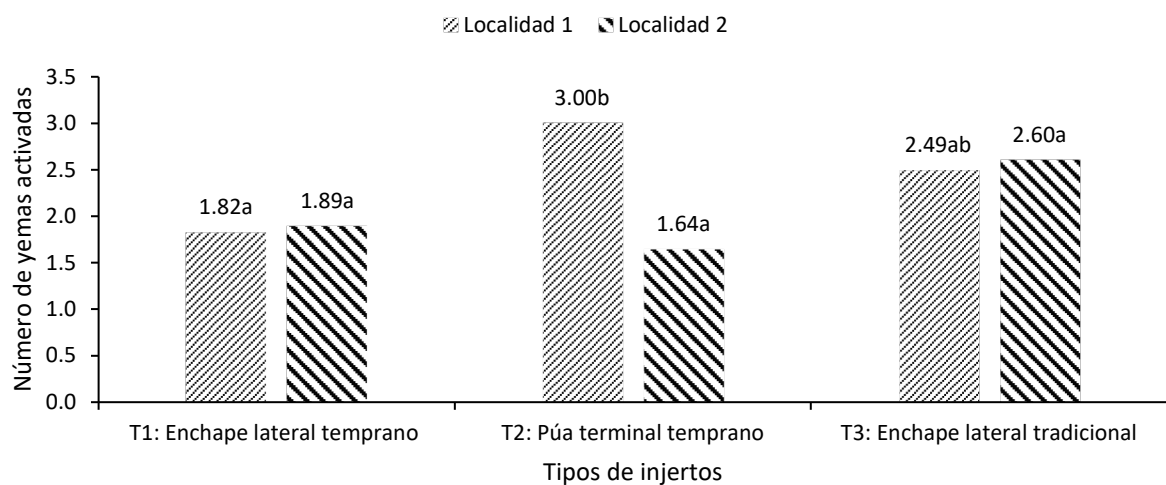


Figura 24. Efecto de tres tipos de injerto en el desarrollo de número de yemas activadas en varetas de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.5 Número de brotes

En la localidad 1 el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) presentó la mayor cantidad de brotes con 1.49; y la menor se presentó en el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) con 1.07 brotes después del injerto.

En la localidad 2 el comportamiento del número de brotes en los tres tratamientos fue igual con 1 brote por cada tratamiento.

Al realizar análisis de varianza, se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en la localidad 1 ($p < 0.05$); mientras que en la localidad 2 no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$).

Vásquez *et al.* (2018), en una investigación realizada en San Luis Talpa, La Paz; indicaron que el injerto de púa terminal después de 60 días, presentó 102 hojas y 40 brotes, mientras que el injerto de enchape lateral desarrolló 76 hojas y 40 brotes.

En una investigación realizada por en Perú donde se evaluó el comportamiento de cuatro clones de cacao en vivero, Gamboa (2015) presenta que el número de brotes en los injertos, se incrementó con el paso del tiempo, llegando a los 90 días a tener como mínimo 3.73 brotes por planta.

En esta investigación la cantidad de brotes por injerto en ambas localidades fue menor a 2; este es un bajo resultado en comparación a los obtenidos en investigaciones anteriores. Probablemente, exista un efecto de incompatibilidad clon/portainjerto o algún factor ambiental sobre las yemas que pueda afectar el estado de latencia de las mismas, lo que limitó el desarrollo de brotes (Vega y Zúñiga 1995). Por otra parte, es posible que el procedimiento para la selección y preparación de varetas antes de la injertación no se realizó correctamente.

Por otra parte, la mayor cantidad de brotes la presentó el T₂, esto probablemente sea porque el injerto de púa terminal permite mayor contacto del cambium del portainjerto con el cambium de la vareta (Loria 2005).

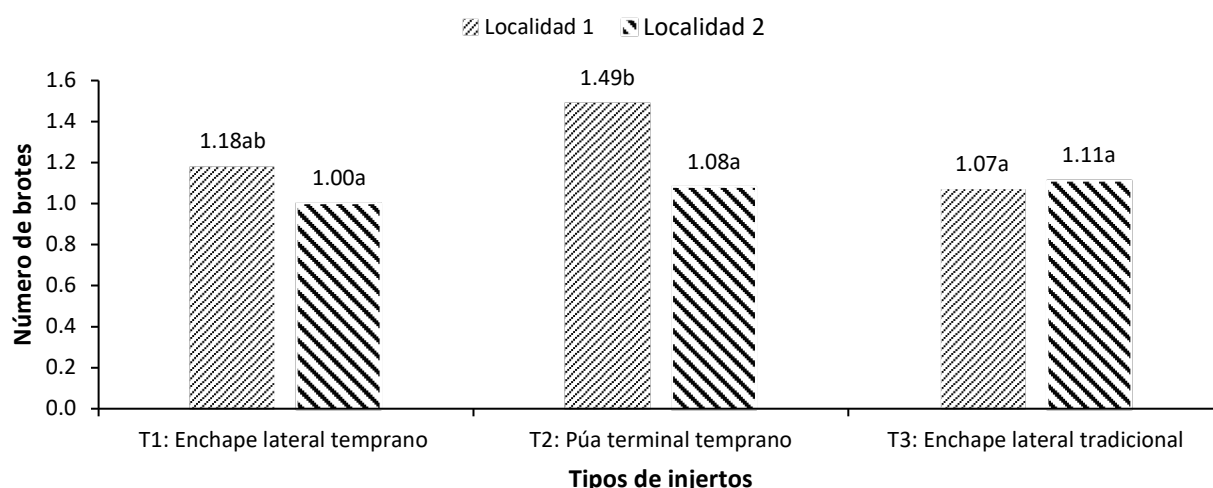


Figura 25. Efecto de los tipos de injerto en el desarrollo de número de brotes en varetas de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.6 Longitud de brote (cm)

En la localidad 1 la longitud de los brotes mantuvo un comportamiento similar con un promedio de 1 cm en los tres tratamientos.

En la localidad 2 el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) mostró la mayor longitud de brote con 1.8 cm; y la menor longitud se presentó en el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) con 1.02 cm.

Al realizar el análisis de varianza, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$) en ninguna de las dos localidades.

De acuerdo a lo presentado por Gómez y Mariuxi (2015), en una investigación realizada en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador; presentó que al evaluar tres métodos de microinjertación el injerto de púa obtuvo los promedios más bajos en longitud de brote con 2.54, 3.53 y 4.65 cm respectivamente. En esta investigación el desarrollo de la longitud del brote fue bajo en comparación a lo obtenido en otras investigaciones similares.

Es probable que la constitución genética y el medio ambiente afecten el crecimiento en longitud y diámetro del brote. Por otra parte, si se utilizan varetas de diferentes variedades, habrá respuestas distintas en crecimiento y desarrollo del injerto; ya que existe una influencia tanto del portainjerto como de la vareta (Gamboa 2015).

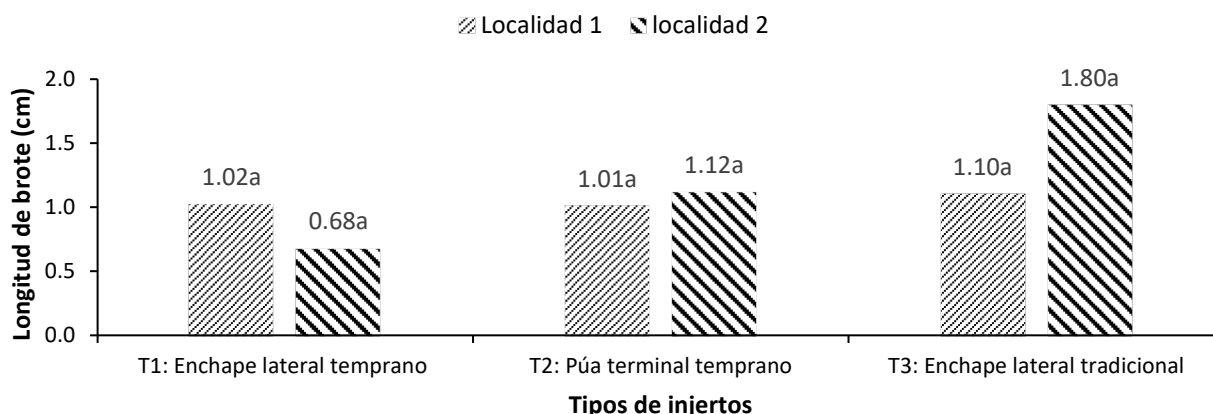


Figura 26. Efecto de los tipos de injerto en la longitud de brote en varetas de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.7 Diámetros de brotes (cm)

En la localidad 1 el comportamiento de los diámetros de brote fue similar en el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) y tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) con 0.21 cm y 0.22 cm respectivamente; y el menor diámetro se presentó en el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) con 0.17 cm.

En la localidad 2 el comportamiento del diámetro de brote fue similar en los tres tratamientos.

Al realizar el análisis de varianza, se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) en la localidad 1, mientras que en la localidad 2, no se encontró diferencias estadísticas significativas ($p\text{-valor} > 0.05$).

Carrión y Chagray (2009), en una investigación realizada en la Universidad de Guayaquil, Ecuador; indicaron que los portainjertos con 96 y 103 días después de la siembra, presentaron mejor desarrollo de los injertos, alcanzando promedios de 0.26 cm en diámetro de los tallos injertados.

Según lo presentado por Gamboa (2015), señala que el desarrollo del injerto podría estar influenciado por factores edafoclimáticos, asimismo menciona que el efecto ambiental influye hasta un 70% sobre el comportamiento de las plantas injertadas. Es probable, que en la localidad 1, el efecto de la temperatura influyó en la velocidad de las reacciones químicas que se producen en el injerto, lo cual provocó que los brotes presentaran mayor desarrollo. Por otra parte, los portainjertos, con buena nutrición, libres de plagas y enfermedades favorecieron el desarrollo de los brotes del injerto.

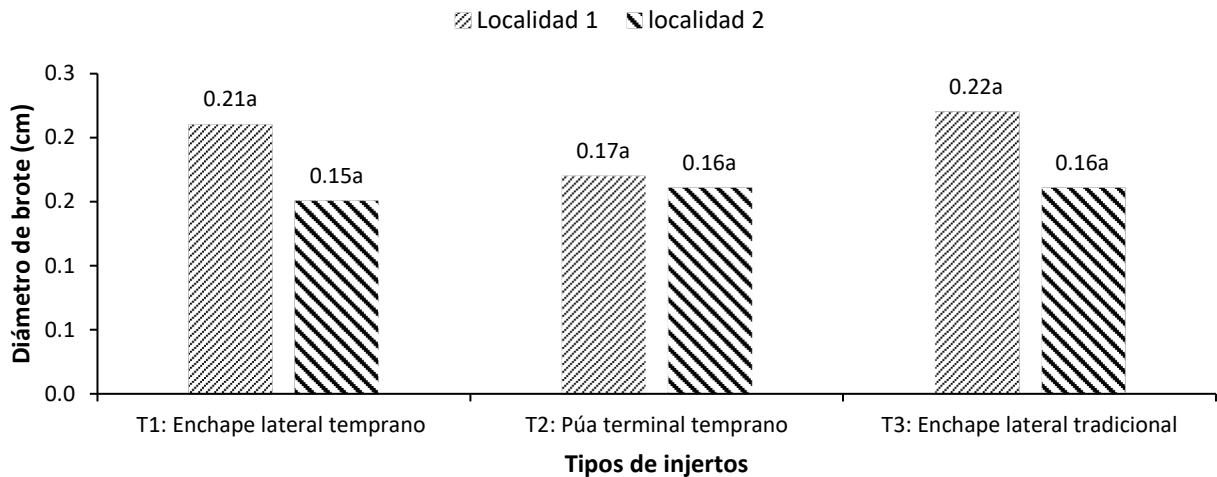


Figura 27. Efecto de los tipos de injerto en el diámetro de brote en varetas de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.8 Número de hojas en brotes

En la localidad 1 el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) presentó el mayor valor con 1.38 hojas; y el menor valor se obtuvo con el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) con 1.16 hojas.

En la localidad 2 el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) presentó el mayor valor con 1.88 hojas; y el menor valor se obtuvo con el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) con 1.16 hojas.

Al realizar el análisis de varianza (ANVA), no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en ninguna de las dos localidades ($p > 0.05$), por lo que se considera que el comportamiento del número de hojas en los tres tratamientos fue igual.

De acuerdo a lo presentado por Gómez y Mariuxi (2015), en una investigación realizada en Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador; mostraron que el mayor número de hojas a los 30 días después del injerto, se presentó en el injerto de púa terminal con un promedio de 2.95 hojas. Mientras que Moran y Vera (2012), reportaron entre 5.57 y 1.1 hojas por brote.

Según lo presentado por Gamboa (2015), menciona que la emisión de hojas en el injerto tiene que ver con la conformación genética del clon, y que la utilización de diferentes clones dará respuesta a distintos crecimiento y desarrollo del injerto. Asimismo, es posible que las varetas presentaran yemas vegetativas muy desarrolladas antes de la injertación, lo que provocó un desarrollo de brotes y de hojas antes de lo esperado y como consecuencia el aborto de las hojas. Por otra parte, las hojas que se encontraban en contacto con las bolsas plásticas que cubrían el injerto (T₃ y T₂), durante la etapa de adaptación, provocaron quemaduras en éstas, ocasionando la caída de las mismas.

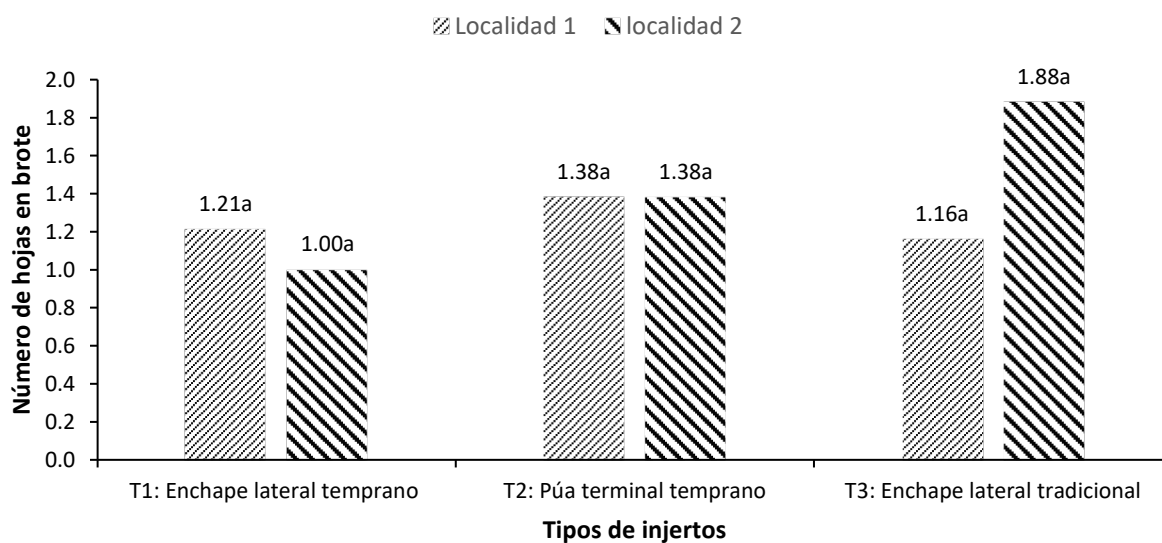


Figura 28. Efecto de los tipos de injerto en el desarrollo de numero de hojas por brote en varetas de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.9 Longitud de hoja (cm)

En la localidad 1 el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) presentó la mayor longitud de hoja con 4.51 cm; y la menor longitud se obtuvo con el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) con 3.55 cm.

En la localidad 2 el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) presentó la mayor longitud de hoja con 6.35 cm; y la menor longitud se obtuvo con el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) con 0.77 cm.

Al realizar el análisis de varianza (ANVA), no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en ninguna de las dos localidades ($p > 0.05$).

Una investigación realizada en Ecuador por Moran y Vera (2012), indicaron que el tratamiento que obtuvo el menor promedio fue para patrones con tres meses de edad, con un valor de 8.52 cm de largo de hoja.

Es probable, que la sombra excesiva de los árboles del lugar y la provocada por la colocación de plástico negro como cobertura para lluvia haya ocasionado un incremento en el tamaño de las hojas en la localidad 2. Mientras que Sánchez y Escudero (2001), presentaron que el injerto de enchape lateral realizados en patrones de 60 días de edad mostraron longitud de hojas con 16.73 cm y ancho de hojas con 5.26 cm.

En la localidad 1, al analizar el coeficiente de correlación de Pearson se encontró que existe correlación negativa entre la longitud de la hoja y el diámetro del brote con una $r=-0.57$; es decir que existe una relación directa entre el diámetro del brote y la longitud de la hoja (a menor diámetro del brote menor será la longitud de la hoja).

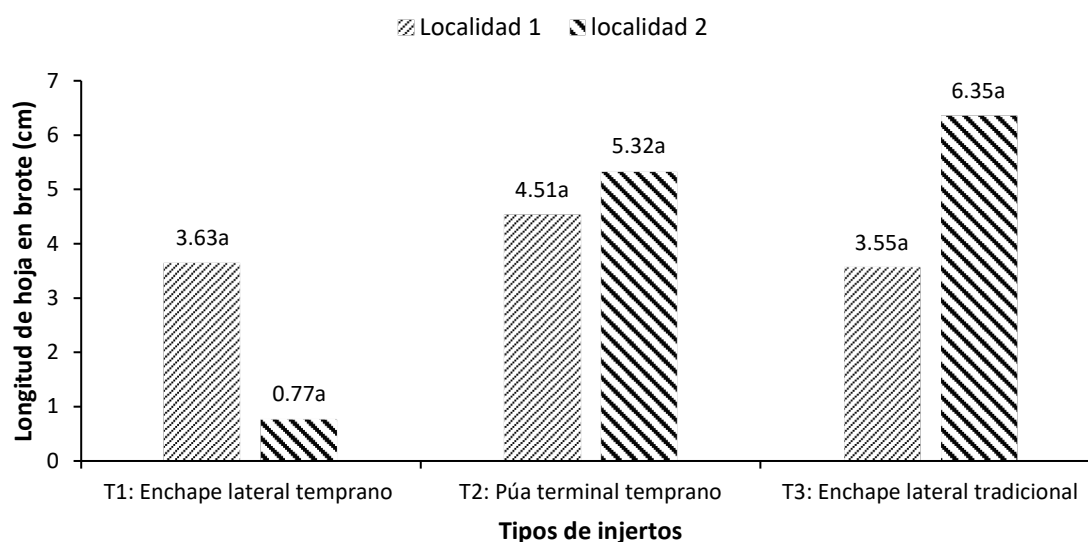


Figura 29. Efecto de los tipos de injerto en la longitud de hoja en brotes de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.10 Ancho de hoja (cm)

En la localidad 1 el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) presentó el mayor ancho de hoja con 1.94 cm; y el menor ancho se obtuvo con el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) con 1.50 cm.

En la localidad 2 el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) presentó el mayor ancho de hoja con 2.37 cm; y el menor ancho se obtuvo con el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) con 0.34 cm.

Al realizar el análisis de varianza (ANVA), no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en ninguna de las localidades ($p > 0.05$).

Es probable que las condiciones de sombra favorecieron el desarrollo de la longitud y el ancho de la hoja en la localidad 2. Así lo menciona Azcón (2003) indicando que el ambiente luminoso al que se encuentran expuestas las plantas afecta a su crecimiento y desarrollo, y determina su morfología foliar y su fisiología, hasta el punto de que únicamente sobreviven las plantas cuya fotosíntesis está adaptada a dichas condiciones del luz.

El coeficiente de correlación de Pearson para esta variable, mostró que existe un alta correlación positiva entre el ancho y longitud de la hoja con una $r=0.84$ (localidad 1), y $r=0.98$ (localidad 2). Estos datos indican un desarrollo normal y proporcional de las hojas; es probable que exista afinidad y compatibilidad en los injertos que desarrollaron hojas sanas en ambas localidades. Por otra parte, se menciona que las características genéticas de la variedad determinan el tamaño de la hoja y el vigor de la brotación; asimismo, factores del medio, como la temperatura, la iluminación y, especialmente, la disponibilidad de nutrientes y agua Urbina (2001).

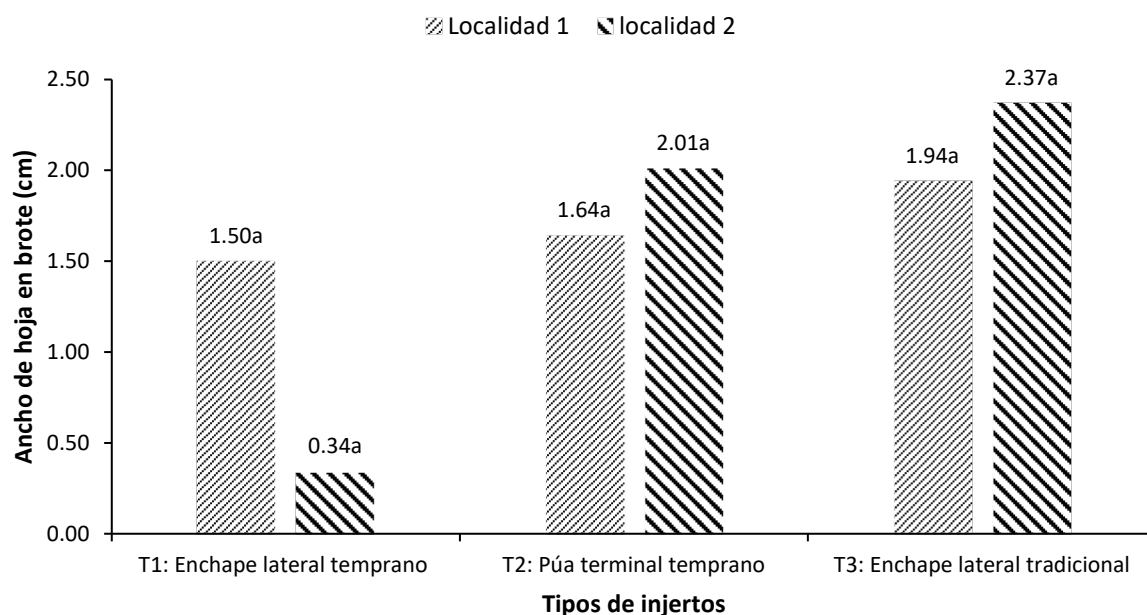


Figura 30. Efecto de los tipos de injerto en el desarrollo del ancho de hoja en brotes de cacao en dos localidades [medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)].

4.11 Longitud y diámetro de varetas antes del injerto (cm)

Longitud de varetas antes del injerto (cm)

En la localidad 1 las varetas que presentaron mayor longitud antes de la injertación correspondían a las utilizadas para el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) con 15.4 cm; y las varetas con menor longitud antes del injerto fueron las utilizadas en el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) con 10.57 cm.

En la localidad 2 las varetas que presentaron mayor longitud antes de la injertación fueron las utilizadas para el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) con 13.79 cm; y las de menor longitud antes del injerto fueron las utilizadas en el tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) con 10.27 cm.

Diámetro de varetas antes del injerto (cm)

En la localidad 1 las varetas que presentaron mayor diámetro antes de la injertación correspondían a las utilizadas para el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional)

con 0.59 cm; y las varetas con menor diámetro antes del injerto fueron las utilizadas en el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) con 0.37 cm.

En la localidad 2 las varetas que presentaron mayor diámetro antes de la injertación correspondían a las utilizadas para el tratamiento 3 (T₃: enchape lateral tradicional) con 0.43 cm; y las varetas utilizadas en el tratamiento 2 (T₂: injerto de púa terminal temprano) y tratamiento 1 (T₁: enchape lateral temprano) presentaron diámetros similares con 0.35 cm.

Es probable que la longitud y el diámetro inicial de las varetas antes del injerto influyeron en el desarrollo del injerto. Así lo mencionan Hartmann y Kester (1997), indicando que las mejores varetas se obtienen de la porción central o de los dos tercios basales de la rama y que las secciones terminales son demasiado suculentas, medulosas y pobres en carbohidratos almacenados. Por lo tanto, podemos deducir que las varetas utilizadas para la injertación temprana no favorecieron el desarrollo del injerto, mientras que las utilizadas para la injertación tradicional presentaban mejores características favoreciendo la sobrevivencia.

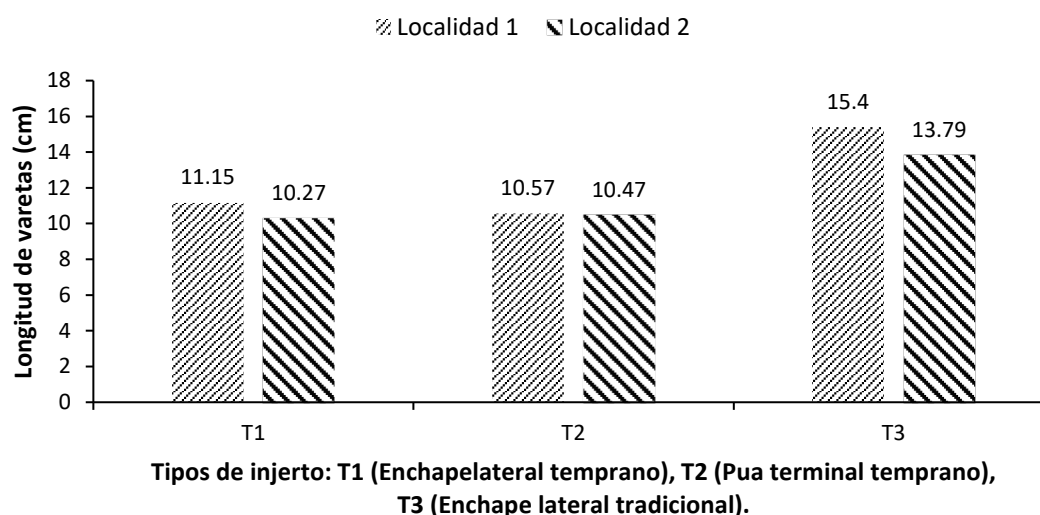


Figura 31. Longitud de varetas de cacao antes del injerto en dos localidades.

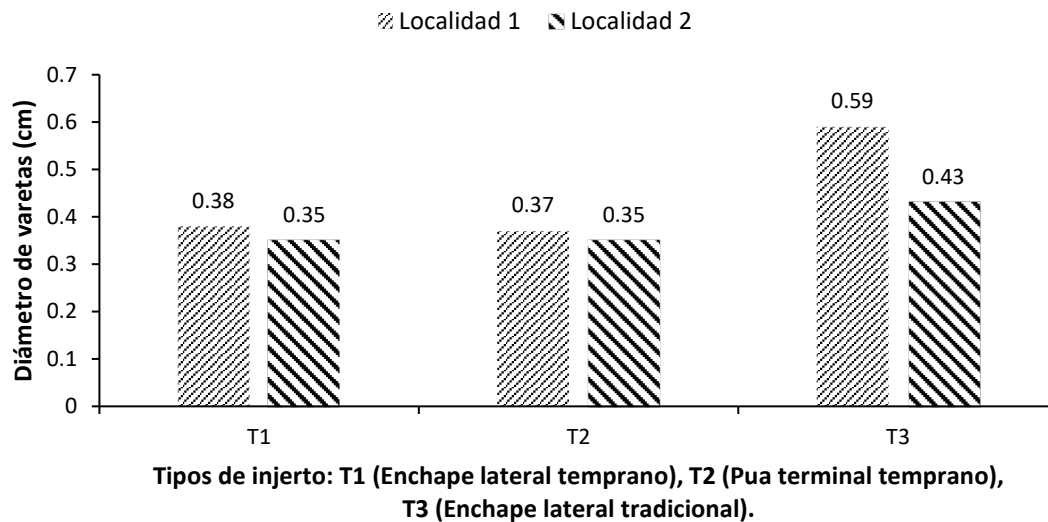


Figura 32. Diámetro de varetas de cacao antes del injerto en dos localidades.

Localidad 1

A fin de conocer la incidencia de la longitud y diámetro de varetas en el porcentaje de prendimiento, GDD y porcentaje de sobrevivencia; se realizó la correlación de Pearson entre ellas, encontrando correlaciones positivas entre el diámetro de varetas, con el porcentaje de sobrevivencia y porcentaje de prendimiento con una $r = 0.53$ y una $r = 0.55$ respectivamente. Esto quiere decir, que el diámetro inicial de las varetas incide en el porcentaje de prendimiento y porcentaje de sobrevivencia del injerto; por lo que, podemos decir que los diámetros considerados para la injertación temprana no favorecieron el desarrollo de los injertos. Por otra parte, la longitud de las varetas presentó una correlación positiva de $r = 0.56$ con el porcentaje de sobrevivencia y una correlación negativa con los GDD de -0.65 ; esto indica que, a menor longitud de vareta, mayor serán el tiempo que tardará el injerto para la brotación; es probable que las varetas con longitudes menores posean yemas poco desarrolladas y con menor cantidad de reservas de nutrientes.

Localidad 2

En la localidad 2 el coeficiente de correlación de Pearson mostró que el diámetro de tallo del portainjerto, longitud de vareta y diámetro de vareta afectaron el porcentaje de sobrevivencia y el porcentaje de prendimiento del injerto. Además, se encontraron correlaciones positivas entre el diámetro de tallo del portainjerto con

el porcentaje de sobrevivencia y el porcentaje de prendimiento con una $r = 0.67$ y $r = 0.84$ respectivamente. Asimismo, se encontró correlación positiva entre la longitud inicial de la vareta con el porcentaje de sobrevivencia y el porcentaje de prendimiento con una $r = 0.69$ y $r = 0.76$ respectivamente, de igual forma, el diámetro de varetas también presentó correlación positiva con el porcentaje de sobrevivencia y el porcentaje de prendimiento. Es decir, que a mayor diámetro de los portainjertos mayor será prendimiento y la sobrevivencia de los injertos, asimismo cuanto mejor desarrolladas estén las varetas mejor será la el prendimiento y sobrevivencia de los injertos. Los resultados obtenidos en nuestra investigación concuerdan con lo descrito por Hardy (1961), el cual menciona que, cuanto mayor sea el diámetro del patrón y el de la vareta, tanto más vigoroso y más rápido será el crecimiento del injerto.

5. CONCLUSIONES

La obtención de plantas clonales de cacao criollo se favorece por la realización mediante el método de injertación por enchape lateral tradicional en un 50% en relación con la injertación temprana.

A pesar del bajo porcentaje de sobrevivencia de la injertación temprana con 12.2%, este puede tener ventajas ya que tanto el portainjerto como la vareta se desarrollan de forma proporcional y a una edad más temprana.

Se logró reproducir más de 500 plantas de cacao criollo mediante semilla sexual en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas y en la Estación Experimental y de Practicas de la Universidad de El Salvador.

6. RECOMENDACIONES

Continuar la propagación vegetativa de cacao criollo utilizando el injerto de enchape lateral tradicional.

Colocar los injertos en un propagador de plantas que proporcione las condiciones de microclima favorables para la sobrevivencia y desarrollo adecuado del injerto.

Continuar con la reproducción de cacao criollo con el objetivo de incrementar el número de clones que se encuentran actualmente en el Banco de Germoplasma de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

A manera de contribuir con la mitigación de los efectos del cambio climático conviene seguir reproduciendo cacao criollo en asocio con sistemas agroforestales.

Realizar investigaciones acerca de la injertación temprana en cacao aumentando así la información disponible y propia del país.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alianza Cacao de El Salvador. 2020. El cacao: beneficios (en línea). Consultado 03 ags. 2023. Disponible en <http://www.alianzacacao.com/el-cacao/beneficios/>
- Álvarez, H. 2019. Injertación en frutales: Contribución en Fisiología Vegetal. Jaén, Perú, UNJ. 57 p. (Manual de injertación en frutales)
- Ávila A; Campos, M; Guharay, F; Camacho, A. 2013. Aprendiendo e innovando sobre producción de plantas de cacao en vivero. Consultado 17 mar. 2023. Disponible en http://infocafes.com/portal/wpcontent/uploads/2016/05/19_Guia_3_Viveros.pdf
- Azcón, J; Talón, M. 2003. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid. ES. Mc Graw Hill. 522 p.
- Batista, L. 2009. Guía Técnica del Cultivo de Cacao. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF. 250 p.
- Calderón, A. 2020. 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. Tesis ing. Agr. Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias. 32 p.
- Calderón, H; Zetino, J. 2019. Microinjertación de cacao (*Theobroma cacao* L.) autóctono de El Salvador. El Salvador. UNICAES. 52 p.
- Carrión, L; Chagray, J. 2009. Evaluación de tres técnicas de injertación en la propagación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Cantón La Troncal Provincia del Cañar. Guayaquil, Ecuador. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. 36 p.
- Cartagena, J. 1994. Aspectos fisiológicos de la propagación de plantas (en línea). Consultado 7 sep. 2023. Disponible en <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/32720>

- Compañía Nacional de Chocolates. 2021. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.): Origen, botánica y generalidades (en línea). Medellín, Colombia. Consultado 17 mar. 2023. Disponible en <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/12/AF-FOLLETO-ORIGEN-BOTANICA-Y-GENERALIDADES-1.pdf>
- Compañía Nacional de Chocolates. 2021. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.): Nutrición y fertilización (en línea). Medellín, Colombia. Consultado 21 mar. 2022. Disponible en <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-NUTRICION-Y-FERTILIZACION.pdf>
- Condezo, L. 2013. Efecto de diferentes dosis de “Biol” para fertilización de plántulas porta injerto de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la fase de vivero, en Huipoca, provincia de Padre Abad. Tesis Ing. Agr. Pucallpa, Perú. UNU. 103 p.
- Dostert N; Roque, J; Cano, A; La Torre, M; Weigend, M. 2011. Hoja botánica: Cacao (en línea). Consultado 7 de may. 2023. Disponible en [http://www.botconsult.com/downloads/Hoja Botanica Cacao 2012.pdf](http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf)
- Enríquez, G. 1999. La incompatibilidad en cacao (en línea). Quevedo, Ecuador. Consultado 4 mar. 2023. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1527>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (en línea). Ed rev. Roma, Italia. Consultado 6 mar. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/i3704s/i3704s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. Técnicas de inyección en cultivo de frutas (en línea). Nicaragua. Consultado 4 ago. 2023. Disponible en: <https://teca.apps.fao.org/teca/pt/technologies/6462>
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2005. Guía práctica: Producción de plantas de cacao por injerto (en línea). Cortés, Honduras.

Consultado 21 mar. 2022. Disponible en <http://www.fhia.org.hn/descargas/Programa de Cacao y Agroforesteria/guia produccion de cacao por injerto.pdf>

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2019. Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales (en línea). Tela, Honduras. Consultado 6 may. 2023. Disponible en <https://es.scribd.com/document/533539301/7-Compatibilidad-Sexual-en-Cacao#>

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2019. Policlones de cacao basados en compatibilidad sexual (en línea). Atlántida, Honduras. Consultado 7 may. 2023. Disponible en [http://www.fhia.org.hn/descargas/noticias_fhia/2019 Noticias de la FHIA 142.pdf](http://www.fhia.org.hn/descargas/noticias_fhia/2019_Noticias_de_la_FHIA_142.pdf)

Gamboa, R. 2015. Comportamiento en vivero de cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre diferentes patrones en Satipo. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú. UNALM. 57 p.

Gárate, M; Paz, J; Delgado, H. 2020. Técnicas de propagación de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tarapoto, Perú. 19 p.

García, J; Moreno, L. 2015. Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo (en línea). Colombia. Consultado 7 sep. 2023. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v65n1/v65n1a07.pdf>

Gómez, M; Mariuxi, E. 2015. Compatibilidad del patrón y métodos de microinjertación en la propagación del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. Quevedo, Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias. 73 p.

Hardy, F. 1961. Manual de cacao (en línea). Costa Rica. Consultado 8 may. 2023. Disponible en [https://www.google.com/sv/books/edition/Manual de cacao/sh4PAQAAlAAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com/sv/books/edition/Manual_de_cacao/sh4PAQAAlAAJ?hl=es&gbpv=0)

- Hartmann, H; Kester, D. 1997. Propagación de plantas: principios y práctica. Sexta edición. Compañía editorial continental S.A de C.V. México. P 760.
- Leon, F. 2019. Evaluación de técnicas de injertado en cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el distrito de Cajaruro, provincia Utcubamba, Region Amazonas. Tesis. Ing. Agr. Lambayeque, Perú. UNPRG. 78 p.
- Loria, C. 2005. El injerto: Alternativa de propagación vegetativa en el cultivo de uva (*Vitis vinífera*) en Costa Rica (en línea). Consultado 11 sep. 2023. Disponible en <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/78534/Loria-injerto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2018. Sistematización del proceso de construcción de la política del sub sector cacaotero en El Salvador (en línea). Consultado el 25 jul. 2023. Disponible en https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/final_002.pdf
- Meza-Calderón, MA; Moya-Menjivar, XM, Parada-Berrios, FA; Vásquez-Osegueda, EA. 2019. Nutrición de portainjertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando diferentes dosis de fórmula 15-15-15 y su influencia en el prendimiento de cuatro tipos de injerto (en línea). Consultado el 19 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.5377/revminerva.v2i1.12527>
- MOCCA (Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Americas). 2021. Recomendaciones para la selección de materiales de siembra de cacao (en línea, sitio web). Consultado 14 abr. 2022. Disponible en <https://mocca.org/recursos/cacao/#1625260317748-540dcbf3-5f84>
- Morán, E; Vera, Jhon. 2012. Influencia de la edad del patrón de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el prendimiento de los injertos EET-575, EET - 576 y EET-103 ESPAM – MFL. Tesis Ing. Agr. Calceta, Ecuador. ESPAM MFL. 100 p.
- Nieto, R; Borys, M. 1999. Relaciones fisiológicas y morfológicas de injertos de frutales sobre Tejocote (*Crataegus spp.*) como porta injerto. Revista Chapingo (Serie Hortícola) 5(2): 137-150.

- Osuna, H; Osuna, A; Fierro, A. 2016. Manual de propagación de plantas superiores. Coyoacán, México. Universidad Autónoma de Metropolitana - Xochimilco. 91 p.
- Palencia, G; Mejía, L. 2004. Injertación temprana en la producción masiva de clones de cacao. Bucaramanga, Colombia. 39 p.
- Quiroz, J; Mestanza, S. 2012. Injertación de cacao (en línea). Consultado el 16 feb. 2023. Disponible en: http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Injertacion_de_cacao.pdf
- Ramírez, O. 2019. Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales (en línea). Tela, Honduras. Consultado 17 mar. 2023. Disponible en: <http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Lunes%209%20abril/7-%20Compatibilidad%20Sexual%20en%20Cacao.pdf>
- Ramos, Y; Rivas, A; Villalta, L. 2015. Evaluación de diferentes técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento en fase de vivero. Tesis Agr. San Salvador, El Salvador. UES. 65 p.
- Ruiz, X. 2014. Diversidad genética de cacao (*Theobroma cacao* L.) con marcadores moleculares microsatélites. Tesis Mgtr. Palmira, Colombia. UNAL. p 77 .
- Sánchez, D; Escudero, F. 2011. Injertación de cacao CC-N-51 con diferentes diámetros de patrones y varetas. Tesis Ing. Agr. Quevedo, Ecuador. UTEQ. p 72.
- Trujillo, G; Fraire, A. 2015. Determinación del porcentaje de injerto exitoso en plantas de cacao en vivero (en línea). Veracruz, México. Consultado 13 jun. 2023. Disponible en https://www.ecorfan.org/actas/educacion_ambiental_III/5%20Educaci%C3%B3n%20ambiental%20y%20soberan%C3%ADa%20alimentaria/1%20Educacion%20ambiental%20y%20soberania%20alimentaria%2086-95.pdf

- Unigarro, C; Bermúdez, L; Medina, R; Jaramillo, A; Flores, C. 2017. Evaluation of four degree-day estimation methods in eight Colombia coffee-growing areas. Bogotá, Colombia. UNC. p 381.
- Urbina, V. 2001. Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales (en línea). Consultado el 16 feb. 2023. Disponible en: <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/47019/006357%20%20.pdf?sequence=1>
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2019. Conservación y Manejo de Recursos Fitogenéticos de Café Robusta (*Coffea canephora*) y Cacao Criollo (*Theobroma spp.*) En Sistemas Agroecológicos productivos como estrategia frente al Cambio Climático. Ed rev. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador, s. e. 234 p. Proyecto de USAID de Educación Superior para el Crecimiento Económico (0214405-G-2018-003-00)
- Valentini, G; Arroyo, L. 2003. La injertación en frutales. Buenos Aires, Argentina. INTA. 19 p.
- Vásquez, E; Parada, F; Rodriguez, E; Lovo, L. 2018. Evaluación de 4 tipos de injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando como injerto el clon ICS-95 en portainjertos de dos año de edad establecidos en campo en la Cooperativa Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz, El Salvador (en línea). Consultado el 13 jun. de 2023. Disponible en <https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/158>
- Vega, E; Zúñiga, L. 1995. Desarrollo inicial de nueve clones de cacao injertados sobre patrones clonales en San Carlos, Alajuela (en línea). Consultado 13 jun. de 2023. Disponible en https://www.mag.go.cr/rev_agr/v19n02_045.pdf
- Villalta-Cartagena, LB; Rivas-García, AT; Ramos, YM; Parada-Berríos, FA; Molina-Escalante, MO. 2013. Producción de plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) utilizando dos técnicas de injerto con modificaciones y su efecto en el éxito del prendimiento en fase de vivero (en línea). Consultado el 15 feb. 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/revminerva.v2i1.12525>

8. ANEXOS

Anexo 1. Medidas resumen de las variables en estudio (Localidad 1).

Tratamientos: Tipos de injertos	Variables	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo	P-valor
T1: Enchape lateral temprano	Número de yemas activas (n°)	1.82	0.47	25.87	1.33	2.49	0.01
T2: Púa terminal temprano		3	0.69	23	2.17	4.17	
T3: Enchape lateral tradicional		2.49	0.34	13.82	2.05	2.95	
T1: Enchape lateral temprano tipo momia	Número de brotes (n°)	1.18	0.25	21.24	1	1.67	0.0347
T2: Púa terminal temprano		1.49	0.35	23.77	1	1.78	
T3: Enchape lateral tradicional		1.07	0.09	8.47	1	1.17	
T1: Enchape lateral temprano	Longitud de brote (mm)	10.21	3.19	31.3	5.34	13.78	0.8686
T2: Púa terminal temprano		10.06	2.48	24.61	8.19	13.7	
T3: Enchape lateral tradicional		10.86	3.29	30.32	6.88	16.01	
T1: Enchape lateral temprano	Diámetro de brote (mm)	2.06	0.31	15.26	1.78	2.48	0.0438
T2: Púa terminal temprano		1.73	0.26	14.81	1.36	1.95	
T3: Enchape lateral tradicional		2.18	0.33	15.09	1.84	2.8	
T1: Enchape lateral temprano	Número de hojas por brote (n°)	1.21	0.25	20.35	1	1.5	0.6259
T2: Púa terminal temprano		1.38	0.48	34.82	1	2	

T3: Enchape lateral tradicional		1.16	0.14	12.23	1	1.33	
T1: Enchape lateral temprano		36.33	18.53	51	17.34	69	
T2: Púa terminal temprano	Longitud hoja brote (mm)	45.13	21.44	47.52	25	65.5	0.6972
T3: Enchape lateral tradicional		35.47	21	59.19	10.9	70.32	
T1: Enchape lateral temprano		15.01	9.1	60.65	6.94	31.25	
T2: Púa terminal temprano	Ancho hoja brote (mm)	16.37	7.88	48.11	9	23.83	0.5885
T3: Enchape lateral tradicional		19.43	9.98	51.36	3.2	28.8	
T1: Enchape lateral temprano		55.71	15.95	28.64	33.33	76.67	
T2: Púa terminal temprano	Porcentaje de sobrevivencia (%)	52.38	13.84	26.42	33.33	80	0.0026
T3: Enchape lateral tradicional		76.19	12.97	17.03	60	96.67	
T1: Enchape lateral temprano		26.67	16.33	61.24	10	50	
T2: Púa terminal temprano	Porcentaje de prendimiento (%)	10	0	0	10	10	0.1436
T3: Enchape lateral tradicional		50	24.49	48.99	20	90	
T1: Enchape lateral temprano		169.43	2.7	1.59	166	172	
T2: Púa terminal temprano	Grados días desarrollo (GDD)	169.71	2.36	1.39	166	172	0.0009
T3: Enchape lateral tradicional		166	0	0	166	166	

Anexo 2. Medidas resumen de las variables en estudio (localidad 2).

Tratamientos: Tipos de injertos	VARIABLES	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo	P-valor
T1: Enchape lateral temprano	Número de yemas activas (n°)	1.89	0.79	41.71	1	2.5	0.0841
T2: Púa terminal temprano		1.64	0.45	27.58	1	2.08	
T3: Enchape lateral tradicional		2.6	0.92	35.54	1.5	4.25	
T1: Enchape lateral temprano	Número de brotes (n°)	1	0	0	1	1	0.9231
T2: Púa terminal temprano		1.08	0.17	15.24	1	1.33	
T3: Enchape lateral tradicional		1.11	0.19	17.16	1	1.33	
T1: Enchape lateral temprano	Longitud de brote (mm)	6.8	0	0	6.8	6.8	0.813
T2: Púa terminal temprano		11.21	3.3	29.45	8	14.84	
T3: Enchape lateral tradicional		18.04	15.56	86.3	7.03	29.04	
T1: Enchape lateral temprano	Diámetro de brote (mm)	1.5	0	0	1.5	1.5	0.9032
T2: Púa terminal temprano		1.61	0.18	10.98	1.4	1.78	
T3: Enchape lateral tradicional		1.57	0.16	10.39	1.45	1.68	

T1: Enchape lateral temprano		1	0	0	1	1	
T2: Púa terminal temprano	Número de hojas por brote (n°)	1.38	0.48	34.82	1	2	0.4403
T3: Enchape lateral tradicional		1.88	1.24	66	1	2.75	
<hr/>							
T1: Enchape lateral temprano		7.66	0	0	7.66	7.66	
T2: Púa terminal temprano	Longitud hoja brote (mm)	53.25	22.71	42.65	20.26	70.68	0.3025
T3: Enchape lateral tradicional		63.54	24.97	39.3	45.88	81.19	
<hr/>							
T1: Enchape lateral temprano		3.36	0	0	3.36	3.36	
T2: Púa terminal temprano	Ancho hoja brote (mm)	20.09	9.74	48.5	7.31	29.37	0.4228
T3: Enchape lateral tradicional		23.7	13.92	58.76	13.85	33.54	
<hr/>							
T1: Enchape lateral temprano		24.17	5	20.69	20	30	
T2: Púa terminal temprano	Porcentaje de sobrevivencia (%)	31.67	13.29	41.97	20	50	0.0331
T3: Enchape lateral tradicional		45.71	11.34	24.8	30	60	
<hr/>							
T1: Enchape lateral temprano	Porcentaje de prendimiento (%)	20	0	0	20	20	

T2: Púa terminal temprano		20	0	0	20	20	0.2775
T3: Enchape lateral tradicional		45	19.15	42.55	20	60	
T1: Enchape lateral temprano		334.86	16.23	4.85	300	343	
T2: Púa terminal temprano	Grados días desarrollo (GDD)	308.43	19.84	6.43	287	343	0.0079
T3: Enchape lateral tradicional		316.57	15.5	4.9	300	329	

Anexo 3. Correlaciones de Pearson para las variables después de la injertación (localidad 1)

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
% prendimiento	% sobrevivencia	14	0.8	0.0007
GDD	% sobrevivencia	21	-0.64	0.0016
Diámetro de brote (mm)	Largo hoja brote (mm)	16	-0.57	0.0207
Largo hoja brote (mm)	Ancho hoja brote (mm)	16	0.84	0.0001

Anexo 4. Correlaciones de Pearson para las variables después de la injertación (localidad 2)

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Largo hoja brote (mm)	Ancho hoja brote (mm)	7	0.98	0.0002
% sobrevivencia	% prendimiento	9	0.87	0.0021

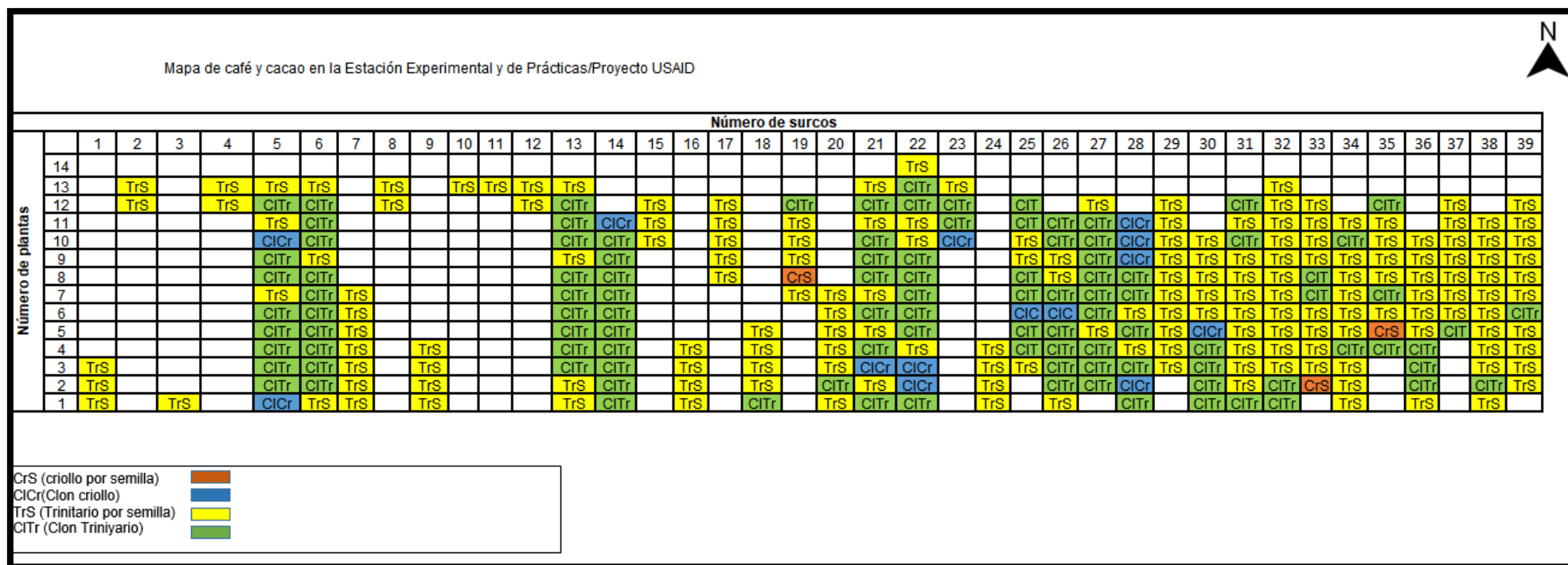
Anexo 5. Correlaciones de Pearson para variables antes de la injertación (Localidad 1).

Variable 1	Variable 2	Pearson	p-valor
L. vareta (cm)	% sobrevivencia	0.56	0.0077
D. varetas (mm)	% sobrevivencia	0.53	0.0128
D. varetas (mm)	% prendimiento	0.55	0.0396
L. vareta (cm)	GDD	-0.65	0.0014

Anexo 6. Correlaciones de Pearson antes de injertación (localidad 2).

Variable 1	Variable 2	Pearson	p-valor
D. Tallo (mm)	% sobrevivencia	0.67	0.0036
L. vareta (cm)	% sobrevivencia	0.69	0.0022
D. varetas (mm)	% sobrevivencia	0.68	0.0025
D. Tallo (mm)	% prendimiento	0.84	0.0045
L. vareta (cm)	% prendimiento	0.76	0.0178

Anexo 7. Mapa actualizado de la plantación de cacao en parcela del cafetal – EEP.



Anexo 8. Mapa actualizado de la plantación de cacao en parcela de níspero y zapote – EEP.

		Número de surcos																			CALLE PRINCIPAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Número de plantas	16		CrS		TrS		CrS		TrS		TrS		CrS Pr		CICr					CITr	
	15		CrS		CrS		CrS		CrS		CrS Pr		CrS Pr		TrS					TrS	
	14		CrS		CrS		CrS		CrS		TrS Pr		CICr Pr		TrS					CICr	
	13		CrS		CrS		TrS		CrS		TrS		CICr Pr		CICr		TrS			TrS	
	12		CrS		CrS		TrS		TrS		TrS Pr		CICr		CICr Pr		CrS			CrS	
	11		CrS		CrS		TrS Pr		CrS		TrS Pr		CICr Pr		CrS		TrS			CITr Pr	
	10		CrS		CrS	TrS	TrS		CrS		TrS		CICr Pr		TrS		TrS			CITr	
	9		CrS	TrS	CrS	CrS	CrS		TrS		TrS	TrS	TrS		CICr		TrS			CITr Pr	
	8	TrS	CrS	CrS	TrS	CrS	CrS		TrS		TrS	TrS Pr	TrS Pr		TrS Pr	CrS	CrS			CICr	
	7	CrS	TrS	CrS	CrS	TrS	TrS Pr	TrS	CrS		CrS	TrS	CICr		CICr Pr	CrS	TrS			TrS	
	6	TrS	CrS	CrS	TrS	TrS	TrS	CrS	CrS		TrS	TrS	TrS Pr	TrS Pr	TrS Pr	TrS Pr	TrS			TrS	
	5	CrS	TrS	CrS	CrS	TrS	TrS Pr	CrS	TrS Pr		TrS	TrS	TrS Pr	CrS	TrS	TrS Pr	CICr			CrS		CrS
4	TrS	CrS	CrS	TrS	TrS	TrS	CrS	TrS Pr		TrS	TrS Pr	TrS	TrS Pr	TrS	TrS	TrS		TrS	TrS	TrS	
3	TrS	TrS	TrS	CrS	TrS	CrS	TrS	TrS Pr		CrS	TrS	TrS	TrS	TrS	TrS	TrS Pr	TrS Pr	TrS	TrS	TrS Pr	
2	TrS	TrS		CrS	TrS	CrS	TrS	CrS	TrS	CrS	TrS	TrS Pr	TrS	TrS	TrS	TrS	CITr Pr	TrS Pr	TrS	TrS Pr	
1	TrS	TrS			CrS	TrS Pr		TrS Pr		TrS Pr		TrS Pr	TrS	TrS		TrS	TrS	CICr Pr		TrS Pr	
Calle entre parcela Nispero y Zapote																					
1	TrS	TrS	TrS	CrS	TrS	CrS	TrS	TrS	TrS Pr	CrS	TrS	TrS Pr	TrS Pr	TrS	TrS	CrS	TrS	TrS	TrS	TrS	
2	TrS	TrS Pr	TrS Pr	TrS	TrS	CrS	TrS	CrS	TrS Pr	CrS	TrS Pr	TrS	TrS Pr	TrS	TrS	TrS	TrS	TrS	TrS	TrS Pr	
3	TrS	TrS Pr	TrS Pr	CrS	TrS	CrS	TrS	TrS	TrS Pr	CrS	TrS	TrS	TrS	TrS	CITr	TrS	TrS Pr	TrS Pr	CICr	CrS	
4		TrS Pr	TrS Pr	CrS		CrS	TrS	CrS		CrS	TrS	CrS	TrS Pr	TrS	TrS	TrS Pr			TrS	TrS	
5		TrS Pr		CrS		CrS		TrS		CrS		CICr		CICr		TrS Pr			CICr	CrS	
6		TrS Pr		CrS		CrS		TrS		CrS		TrS		CICr		CITr Pr			TrS	CrS	
7		TrS Pr		CrS Pr				TrS		TrS		CICr		TrS		TrS Pr			TrS Pr	CICr	
8		TrS		CrS				CrS Pr		TrS		TrS		CICr		CITr Pr			TrS	CrS	
9		TrS		CrS				TrS				TrS Pr		TrS		TrS			TrS	CrS	
10		TrS										TrS		TrS		CICr			TrS	CrS	
11		TrS										TrS		TrS		TrS			TrS	CrS	
12														CrS		CITr			TrS	CrS	

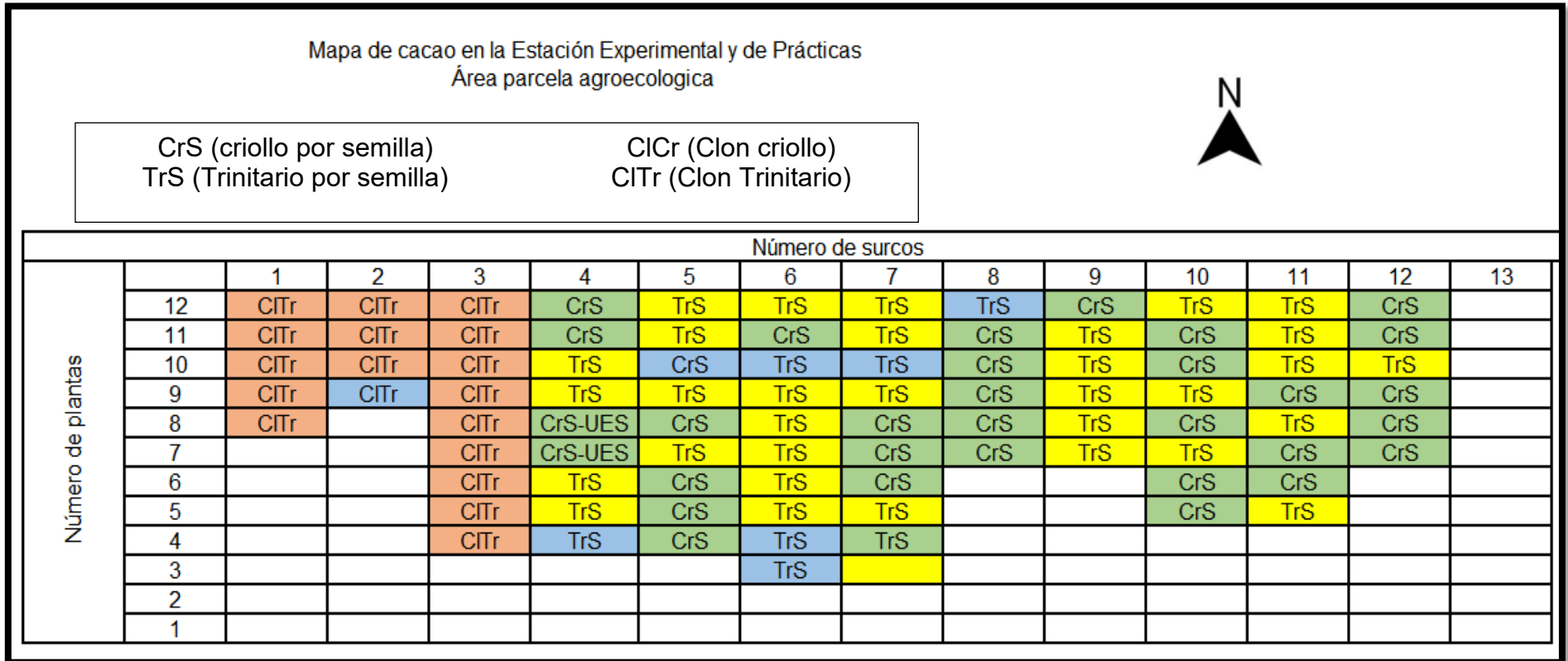
CrS (criollo por semilla)
 CrS Pr (Criollo por Semilla en Producción)

CICr (Clon criollo)
 CICr Pr (Clon criollo en Producción)
 TrS (Trinitario por semilla)

TrS Pr (Trinitario por semilla en Producción)
 CITr (Clon Trinitario)
 CITr Pr (Clon Trinitario en Producción)

Elaborado por Henry Muñoz Miranda

Anexo 9. Mapa actualizado de la plantación de cacao en parcela agroecológica – EPP.



Anexo 10. Mapa actualizado de la plantación de cacao (are del establo - EEP)

