



Revista MINERVA

Plataforma digital de la revista: <https://minerva.sic.ues.edu.sv>



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

Production of Creole cocoa plants (*Theobroma cacao* L.), using two grafting techniques with modifications and their effect on the success of the nursery phase

Leticia Beatriz Villalta-Cartagena¹, Ana Teresa Rivas-García¹, Yeni Marcela Ramos¹, Fidel Angel Parada-Berríos¹, Marvin Orlando Molina-Escalante²

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar dos técnicas de injerto en cacao y modificaciones de los mismos, se desarrolló una investigación en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, de julio a diciembre de 2013. Para la ejecución del experimento se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, evaluando el injerto de enchapado lateral, púa terminal y modificaciones de ambos. Las modificaciones consistieron en el uso de Parafilm®, bolsa plástica y amarrado completo como momia generando un total de siete tratamientos y cuatro repeticiones; la unidad experimental se constituyó por 10 unidades, totalizando 280 plantas de cacao. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de prendimiento, incremento de la altura de la planta, incremento de diámetro de tallo, número de hojas, número de brotes, área foliar, peso fresco de hojas, peso seco de hojas, peso específico de hojas (PEH), grados días de desarrollo (GDD) y relación beneficio costo de la producción de las plantas. Como resultado se encontró que el mayor éxito de prendimiento del injerto fue en el tratamiento de púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa (T_4), seguido por enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa (T_2), siendo el testigo enchapado lateral con envoltura a la mitad sin bolsa (T_1) con el menor éxito. Con respecto a los costos se demostró que enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (T_2) y púa terminal envuelto a la mitad más bolsa de polietileno (T_4) son los presentaron menor costo. Finalmente se recomienda a los viveristas la utilización de estos últimos tratamientos.

Palabras Clave: Prendimiento, cacao, técnicas, anatomía injerto, afinidad, compatibilidad, *Theobroma cacao* L., vivero..

1 Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

2 Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

ABSTRACT

Aiming to evaluate two grafting techniques in cocoa and their modifications, an investigation was carried out in the nursery of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, from July to December 2013. For the execution of the experiment, He used a completely randomized statistical design, evaluating the lateral plating graft, terminal spike and modifications of both. The modifications consisted of the use of Parafilm®, plastic bag and complete mooring as a mummy, generating a total of seven treatments and four repetitions; The experimental unit was constituted by 10 units, totaling 280 cocoa plants. The variables evaluated were: percentage of yield, increase in plant height, increase in stem diameter, number of leaves, number of shoots, leaf area, fresh leaf weight, dry leaf weight, specific leaf weight (PEH), days of development (GDD) and cost benefit ratio of the production of the plants. As a result, it was found that the greatest success of graft seizure was in the treatment of terminal spike with half wrap plus bag (T_4), followed by side plating with half wrap plus bag (T_2), being the side veneered control with half wrap without bag (T_1) with the least success. With respect to the costs, it was shown that side plating with half wrap plus poly bag (T_2) and terminal barbed wrapped in half plus poly bag (T_4) are the ones that presented the lowest cost. Finally, nurserymen are recommended to use these latest treatments.

Keywords: Performance, cocoa, techniques, graft anatomy, affinity, compatibility, *Theobroma cacao* L., nursery.

INTRODUCCIÓN

En el último Censo Agropecuario 2007-2008, se reportó que la producción nacional de cacao fue de 2.64 toneladas y una superficie de siembra de 446.5 ha, clasificado en el rubro de cultivos agroindustriales. Actualmente El Salvador es un país caracterizado por tener una gran dinámica en el sector de transformación secundaria de cacao (CATIE, 2013), sin embargo, la mayor parte del cacao que se reporta son del tipo genético trinitario, el cual es una hibridación natural de los cacaos criollos nativos conocidos como "Finos de Aroma" y de los tipos forasteros amazónicos (Constanza, 2014).

El Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en su estrategia nacional de biodiversidad ha considerado el cacao como un cultivo propicio para asociarlo con especies forestales y frutales como una forma de recuperar los ecosistemas, además de producir otros rubros para la alimentación de la familia rural y el comercio de productos excedentes (MARN, 2013).

En la actualidad se están realizando esfuerzos e invirtiendo recursos en el establecimiento

de siembras nuevas de cacao, siendo la meta 10,000 ha (CRS, 2014), principalmente con plantas procedentes de semillas y la posterior injertación en campo con clones de alto rendimiento procedentes de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) quienes han avanzado en sus investigaciones sobre el mejoramiento genético y propagación de clones de alta calidad, utilizando técnicas de injerto como: injerto de parche o de lengüeta, injerto de yema terminal o de púa, siendo la injertación temprana y microinjertación las técnicas más novedosas (Dubón y Sánchez, 2011).

Para lograr esas metas de cultivo a corto plazo se requiere la estandarización de la reproducción de plantas, siendo el principal problema que enfrentan en la actualidad los productores, viveristas e interesados cultivar cacao en El Salvador. Ya que no conocen qué variedades propagar y que tipo de técnica de propagación utilizar. Además, no existen estudios locales que ratifiquen la existencia de una técnica de injerto adaptada al cacao; aunque los viveristas aplican técnicas que utilizan en plantas frutales

con muchos inconvenientes que aún no llegan al 100% de éxito en el prendimiento.

Expertos injertadores de la FHIA se han traído a El Salvador, quienes han instruido a los injertadores salvadoreños principalmente con el injerto del parche, el cual es de muy fácil aplicación y exitoso principalmente en Honduras donde llueve nueve meses al año lo que facilita el establecimiento de las plantas en cualquier época. No obstante, El Salvador cuenta con solo seis meses de lluvia, lo que obliga una planificación precisa para contar con portainjertos listos para injerto en los meses de septiembre, octubre y noviembre, y las plantas injertadas listas para siembra en el mes de abril del siguiente año. Por tal motivo, se considera más práctico efectuar los injertos más utilizados en frutales en nuestro país, tratando de incorporar modificaciones a los mismos para eficientizar el prendimiento del injerto en cacao, ya que actualmente se consideran los porcentajes de prendimiento no superan el 30% de éxito, tratando con las modificaciones propuestas alcanzar el 100% de éxito en el prendimiento.

El propósito de esta investigación fue la evaluación de dos técnicas de injerto y modificaciones de las mismas a fin de estandarizar la injertación del cultivo de cacao en vivero y proponer a los productores y viveristas alternativas confiables de propagación de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El experimento se desarrolló en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicado en las coordenadas: 13°43'06" latitud norte y 89°12'11" longitud oeste con una elevación de 694 msnm.

Trabajo de campo

Se desarrollaron los portainjertos aproximadamente en tres meses brindándoles el manejo adecuado que incluyó control manual de malezas, fertilizaciones una vez al mes utilizando 6 g de fórmula 15-15-15. una vez al mes, control manual de malezas, para el control de enfermedades se aplicó Benomil en dosis de 3 g.gln⁻¹ (gramos por galón de agua), para control de hongos. Cuando los portainjertos tenían un diámetro de 0.7cm, se procedió a realizar el injerto de enchapado lateral y púa terminal con sus modificaciones. Cabe destacar que las varetas fueron preparadas ocho días antes, esta actividad consistió en remover las hojas de las varetas en los árboles, las cuales se cortaban el propio día de la injertación (Figura 1).

Trabajo de laboratorio

Se realizaron cortes histológicos a los 120 días después del injerto (DDI), haciendo heridas transversales en la región donde se formó la unión entre portainjerto e injerto. Esta actividad se realizó en cada uno de los tipos de injerto. Los cortes se hicieron con un bisturí, obteniéndose una delgada porción de material que luego se colocó en un portaobjeto y se aplicó agua destilada con el propósito de observar el xilema, floema y la formación de la soldadura, la muestra fue observada en un estereoscopio.

Análisis de datos

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos. Cada unidad experimental se conformó por 10 unidades totalizando 280 plantas. Estos datos se analizaron con el programa SAS 9.1 (Statistical Analysis System) para Windows y con su respectiva prueba de Tukey para la comparación de medias; de igual forma se usó el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de confianza del 5%. El factor en estudio es la evaluación de dos técnicas de injerto y sus modificaciones se

describen a continuación:

T₁: Enchapado lateral envuelto a la mitad, sin bolsa, T₂: Enchapado lateral envuelto a la mitad, con bolsa, T₃: Enchapado lateral con envoltura como momia, T₄: Púa Terminal envuelto a la mitad más bolsa, T₅: Púa Terminal envuelto como momia, T₆: Púa terminal envuelto a la mitad más Parafilm® y T₇: Enchapado Lateral envuelto a la mitad más Parafilm®.

Las variables evaluadas en la investigación fueron: porcentaje de prendimiento,

incremento de la altura de la planta, Incremento en el diámetro de tallo, Incremento en el número de hojas del injerto, número de brotes, área foliar, peso seco de la hoja, área foliar, peso específico de la hoja, relación beneficio-coste de las plantas.

Para este análisis, se aplicó la metodología de presupuestos parciales (Rodríguez, 1996), el cual se basa en el análisis parcial, el análisis de dominancia y de la tasa de retorno marginal.



Figura 1. Diferentes etapas en el procedimiento de injertación: **a)** preparación de varetas en árboles de cacao criollo ocho días antes de injertar. **b)** desinfección de varetas de cacao en Benomil. **c)** Varetas listas para injertar. **d)** Vareta insertada en portainjerto. **e)** colocando injerto de púa terminal. **f)** Injerto de púa terminal más bolsa de polietileno. **g)** Colocando injerto de enchapado lateral. **h)** Injerto de enchapado lateral más bolsa de polietileno. **i)** Injerto de amarrado tipo momia. **j)** Injerto de púa terminal con Parafilm®.

RESULTADOS Y DISCUSION

Variable: porcentaje de prendimiento del injerto

Se realizó una primera injertación la cual mostró diferencias significativas teniendo un mayor prendimiento el tratamiento púa terminal más bolsa (T₄) con un porcentaje de 42.5% considerado muy bajo (Figura 3). Por tal

motivo se realizaron cortes histológicos, a fin de descartar fallas anatómicas del cambium de cacao tal como lo precisa Hartmann y Kester (1997), quien menciona que siempre hay que estudiar la anatomía del cambium para conocer anticipadamente si la especie que propagamos presenta fallas, y si están presentes poder cambiar de estrategias o métodos de propagación.

Se procedió a la actividad en mención encontrando que no existieron fallas ni anomalías en el cambium que afecten el prendimiento del injerto (Figura 2). Sin embargo durante el desarrollo del experimento se encontraron daños por hongos los cuales

también se analizaron identificando la presencia de *Botriodiplodia* sp. (Figura 2-g) considerando su aparición debido a la época que se efectuaron los injertos se tuvieron altas precipitaciones diarias que generaron humedad relativa del 100%.

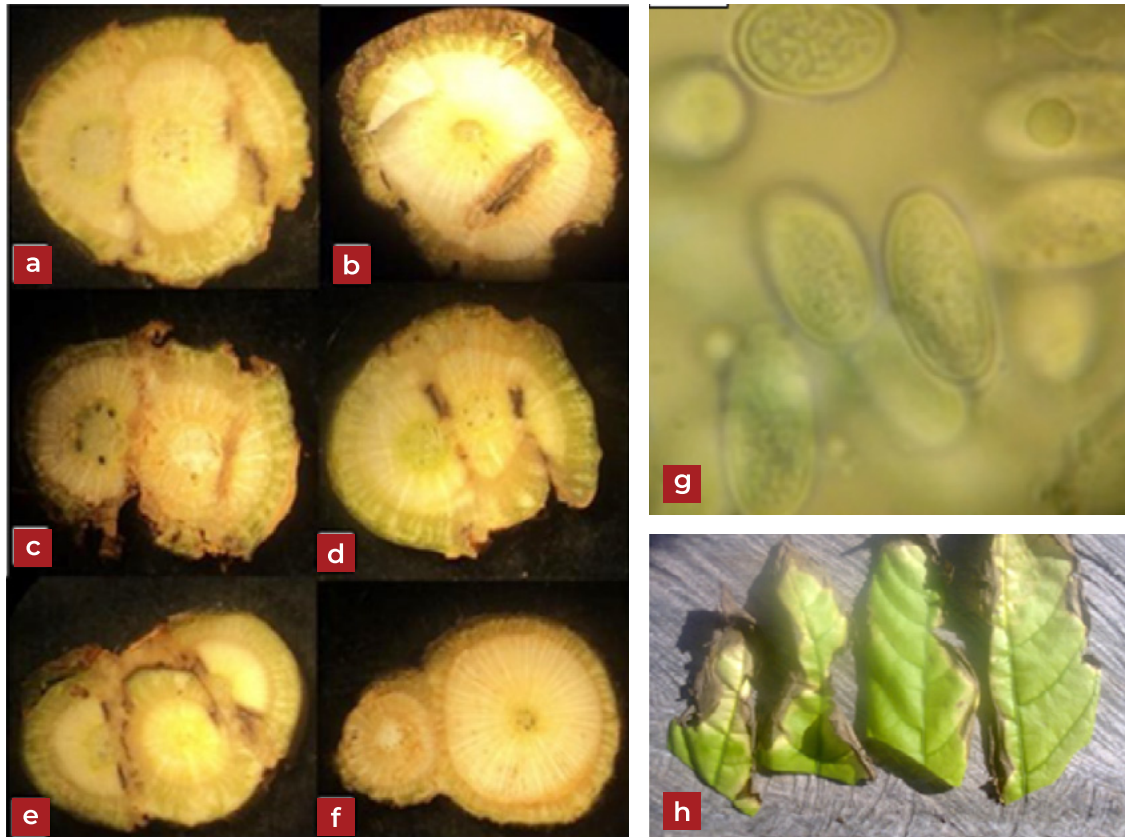


Figura 2. Cortes histológicos. **a)** Enchapado lateral con envoltura a la mitad, con bolsa; **b)** Enchapado lateral con envoltura como momia; **c)** Púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa; **d)** Púa terminal envuelto como momia; **e)** Púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm®; **f)** Enchapado lateral envuelto a la mitad más Parafilm®; **g)** Identificación de hongo *Botriodiplodia* sp.; **h)** Daño ocasionado por *Botriodiplodia* sp. en plantas de cacao.

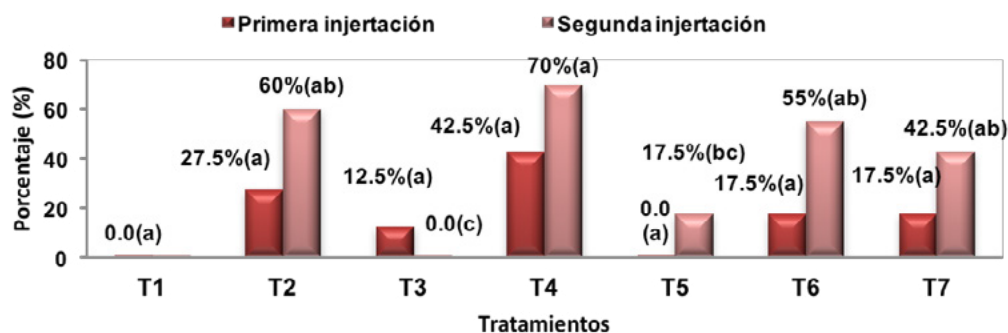


Figura 3. Evaluación de dos tipos de injerto y modificaciones en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su efecto en la variable porcentaje de prendimiento

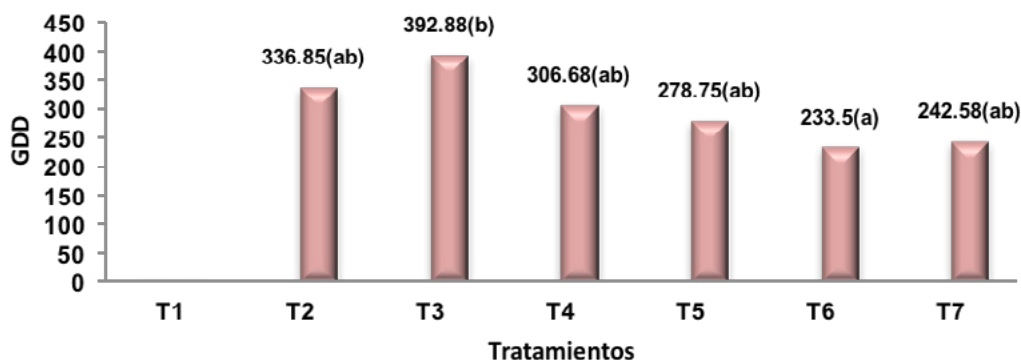
Otra posible explicación del éxito bajo del prendimiento del injerto es la alta tasa oxidativa de los tejidos tanto de los portainjertos como de las varetas de cacao, siendo más evidente en estas últimas, lo que provoca los bajos porcentajes de éxito y que muchas veces se puede creer que hay incompatibilidad entre clones de cacao, aunque si es probable que la tasa de oxidación sea diferente entre clones, principalmente los cacaos criollos de aroma fino. Vidal-Hernández (2002), reporta problemas de incompatibilidad en anonáceas, atribuidas a la presencia de catequinas en la unión del injerto asegurando ser la causa de la de la falta de éxito de los injertos en anonas. Las catequinas son un antioxidante polifenólico que procede de las plantas en las cuales aparece como un metabolito secundario, Mila y Scalbert citado por Vidal-Hernández (2002), indican que la corteza de los árboles es rica en extractos de polifenoles que contribuyen a la protección contra depredadores y patógenos, por otra parte, en muchas especies el principal polifenol encontrado en la corteza son las proantocianidinas como el ácido clorogénico. “Entre esos síntomas el floema está fuertemente afectado ya que contiene considerables cantidades de polifenoles que están fácilmente sujetos a la oxidación. Los flavonoides y ácidos clorogénicos, son compuestos fenólicos que se ubican mayormente en vacuola o pared celular pero también en cloroplastos” (Vidal-Hernández 2002, p. 37). Ellos ejercen un papel fisiológico por lo que están involucrados en la modificación del crecimiento de los árboles (Stonier et al. citado por Vidal-Hernández 2002). En la segunda injertación se previno la presencia de hongos, utilizando Benomil para el tratamiento de las varetas, por tal razón, se alcanzaron mayores valores en el éxito del prendimiento de los injertos, encontrando diferencias altamente significativas en la variables porcentaje de prendimiento, siendo,

el injerto enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno 60% (T_2), púa terminal más bolsa 70% (T_4) y púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm® 55% (T_6) los que mostraron mayor porcentaje de éxito como se observa en la figura 3. El éxito en el prendimiento en esta injertación fue mayor que en la primera. También se observa en la figura 3 que el tratamiento testigo correspondiente a los injertos amarrados a la mitad y sin envoltura (T_1), no presentó éxito en el prendimiento del injerto en los dos procesos de injertación, quedándonos claro la importancia de la protección de la vareta, ya que la modificación hecha de los tratamientos, les crea un ambiente adecuado alrededor de la unión del injerto para que conserve una elevada humedad, ya que, el nuevo tejido de callo que se originó en la región cambial, está formado por células de pared delgada y turgentes que con facilidad pueden secarse y morir (Hartman y Kester 1997). Hartmann y Kester (1997) también indican que las células de pared delgada, en condiciones de humedad y temperatura relativa elevadas proporcionan un medio favorable para el desarrollo de hongos y bacterias, que son bastante perjudiciales para la formación exitosa de la unión. La unión se forma por completo mediante células que se desarrollan después de que se ha efectuado la operación del injerto, además debe resaltarse que la unión del injerto se logra por medio de contenido celulares, conservando cada una de ellas (patrón y vareta) su propia identidad genética (Hartmann y Kester, 1997). “La producción de células en la región cambial de ambas partes produce nuevas células de parénquima, formando tejido de callo. Algunas células de parénquima se diferencian a células cambiales que después producen xilema secundario y floema secundario” (Ortega, 2011), consolidando la unión de dos partes vegetales en una sola planta.

Grados días desarrollo (GDD)

La variable GDD presentó diferencias significativas, reflejada en la prueba de Tukey en la segunda injertación (Figura 4), siendo el tratamiento púa terminal con envoltura a la mitad más Parafilm® (T₆), fue el tratamiento que necesito menos unidades calor para que el injerto brotara. Avilán citado por Romero y Moreno (2012), mencionan que los (GDD) son el método más aceptable para predecir el crecimiento y desarrollo vegetativo de las

plantas, logrando de ésta manera determinar el período de tiempo y las condiciones climáticas necesarias para el desarrollo de un evento fenológico específico. Entendiendo esta situación como el tratamiento cuyo injerto necesitó entre 200-250 GDD la acumulación de calor para la brotación en 20-30 días. Pero en términos generales podemos afirmar que para cacao el intervalo de unidades calor necesarios para brotación de los injertos es entre 233-395 GDD.



*Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia

Figura 4. Determinación de los grados días de desarrollo (GDD) requeridos para la brotación de las plantas evaluando dos tipos de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L).

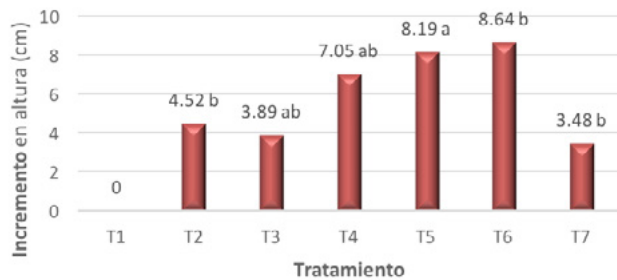
Variables de crecimiento: Incremento de altura del injerto, Incremento en el diámetro, número de brotes, Incremento del número de hojas

Al analizar estas variables, se puede observar, en las figuras 5, 6, 7 y 8 que hubieron diferencias estadísticas significativas y altamente significativas en los diferentes tratamientos, encontrando al injerto tipo púa terminal más Parafilm® (T₆) con los valores más altos en la ganancia o incremento de altura, número de hojas y número de brotes, con respecto a la variable de diámetro del tallo el tratamiento con púa terminal con amarre de momia (T₂) (Figura 6), presentó una ganancia de 0.4 cm.

En términos generales al revisar la figura 3 los mayores valores en el éxito del prendimiento del injerto fueron con los tratamientos donde la vareta tuvo protección, con bolsa, amarre de momia y Parafilm®, al respecto Parada-Berrios et al. (2016) al evaluar los mismos tratamientos en ojushte (*Brossimum alicastrum*), especie con fallas anatómicas en el cambium reporta al Parafilm® y la bolsa plástica como los mejores tratamientos al generar un ambiente de alta humedad relativa en la vareta injertada creando un ambiente adecuado alrededor de la unión del injerto, para que conserve una elevada humedad, porque el nuevo tejido de callo originado en la región cambial está

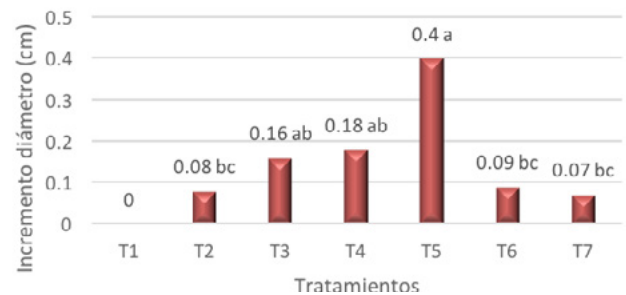
formado por células de pared delgada y turgentes que con facilidad pueden secarse y morir (Hartman y Kester, 1997). Por otra parte el Parafilm® hecho con parafinas es utilizado en laboratorios químicos y biológicos para cerrar recipientes, usándose además para amarrar los injertos en soldaditos de café y la protección de vástagos en la jardinería, entre otros, y presenta las características de ser transparente, autoadherible, impermeable, flexible y resistente. La parafina es uno de los productos que se obtienen del refinado del petróleo por sus propiedades aislantes, también se emplea para recubrir el papel con el que se envuelven los comestibles,

asimismo, se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos perecederos como las frutas y hortalizas. Además, la parafina actúa como una sustancia bactericida, reduciendo o evitando el uso de fungicidas químicos (REPSOL, 2000). El coeficiente de correlación de Pearson demostró que existe una alta correlación positiva entre el número de hojas y el número de brotes ($r=0.87$), entre el número de hojas y la altura de planta ($r=0.85$), siendo evidente que por cada brote se genera un número determinado de hojas por lo que a mayor número de brotes mayor número de hojas y la influencia directa de la cantidad de hojas en la altura de planta.



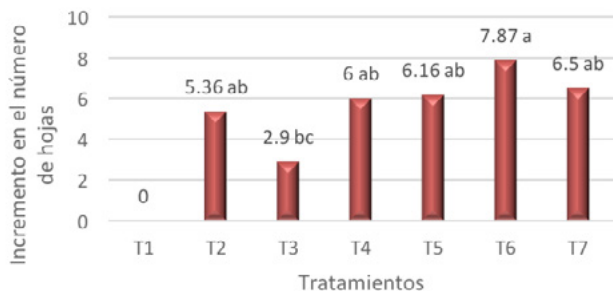
*Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia

Figura 5. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en la altura de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L.).



*Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia

Figura 6. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el diámetro del injerto de la planta de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.).



*Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia

Figura 7. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el incremento del número de hojas de la planta de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.).



*Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia

Figura 8. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el número de brotes en plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.).

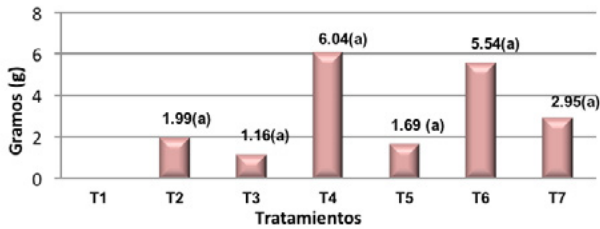
Variables fisiológicas: peso seco, área foliar y peso específico de hojas

Ninguna de estas variables presento diferencias estadísticas significativas, sin embargo en la figura 9, se observaron que los tratamientos: púa terminal con envoltura a la mitad más bolsas de polietileno (T_4) y púa terminal con envoltura a la mitad con Parafilm® (T_6) presentaron el mayor peso seco de hojas, en la figura 10, el tratamiento enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (T_2), púa terminal con envoltura a la mitad más bolsas de polietileno (T_4) y púa terminal con envoltura a la mitad con Parafilm® (T_6) presentaron los mayores valores de área foliar y en la figura 11, los tratamientos púa terminal con envoltura a la mitad más bolsas de polietileno (T_4) y púa terminal con envoltura como momia (T_5), mostraron superioridad al resto de tratamientos en peso específico de hojas (PEH). Azcón y Talón (2003) mencionan que la emergencia de hojas y su tamaño se asocia a un aumento en la producción de etileno, probablemente hay acumulación de esta hormona dentro de la bolsa y el Parafilm® como efecto de la liberación del mismo por las heridas y el proceso de cicatrización. Asimismo, en el tratamiento amarrado tipo momia no hay tanta acumulación de etileno, debido a los espacios sin cubrir, que muchas veces quedan durante el amarrado y por su escape en el traslape de la cinta durante el amarre (Parada-Berríos *et al.* 2016). Por otra parte, el coeficiente de correlación de Pearson muestra una correlación de $r = 81$ con el número de hojas y de $r = 0.94$ con el porcentaje de prendimiento, demostrando que la producción de fotosíntesis, el cual siempre será mayor según el número de hojas influye directamente en el éxito del prendimiento del injerto, es importante mencionar también que la preparación de las varetas ocho días antes de la injertación favorece la acumulación de carbohidratos, porque, una

vareta desfoliada incrementa inmediatamente el contenido de sucrosa en el floema de la vareta, lo cual incrementa la presión osmótica causando el movimiento de solutos hacia el ápice de la misma, aumentando la actividad meristemática que ayuda a la formación del callo, debido a la estimulación de la división cambial, lo que favorece el éxito del injerto (Parada-Berríos *et al.* 2016). Es importante analizar además que el tratamiento púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (T_4), es el tratamiento que sobresale en la mayoría de variables, siendo la variable peso específico de hoja (PEH) y el porcentaje de prendimiento del injerto de mayor relevancia, ya que, presento 4.7 mg de materia seca acumulada por cm^2 de hojas y 70% de éxito respectivamente, lo que implica una mayor eficiencia fotosintética de las hojas que generó ese efecto en el éxito del injerto demostrado además por el coeficiente de correlación de Pearson entre ambas variables ($r=0.94$). Garcidueñas citado por Puente Alarcón (2009) menciona además que el área foliar es el factor que determina la diferencia en el rendimiento y la asimilación neta de nutrientes. El peso específico de la hoja determina la cantidad relativa de tejido fotosintético tomando como base el peso de materia seca por unidad de área foliar, además de la ganancia de materia seca de la fotosíntesis el cual es afectado por la intensidad y duración de la luz, puede ser utilizada como una forma sencilla de medir fotosíntesis en plantas leñosas Marini y Sowers, citado por Miramontes *et al.* (2011).

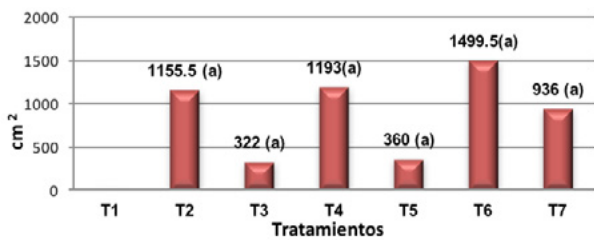
Análisis económico del ensayo

Para la elaboración del análisis se utilizó la metodología de presupuesto parcial. Indicando que T_4 y T_6 presentaron mayores beneficios netos. Esto debido a que la técnica utilizada en estos tratamientos se obtuvo mayor porcentaje de prendimiento y menores costos (Rodríguez, 1996).



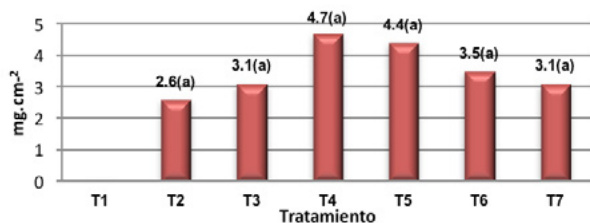
*Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia

Figura 9. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el peso seco de hojas de la planta de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.).



*Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia

Figura 10. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el área foliar de las plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.).



*Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia

Figura 11. Efecto de dos tipos de injerto y modificaciones y su incidencia en el peso específico de las hojas (PEH) en plantas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.).

Cuando observamos la tabla de dominancia todos los tratamientos poseen diferentes costos variables (CV) siendo el injerto enchapado lateral con envoltura a la mitad más bolsa de polietileno (T₂) y Púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa (T₄) los que presentaron menores costos; ya que en

los otros tratamientos generan ingresos, pero tienen pérdidas por el menor porcentaje de prendimiento por lo tanto los costos variables son más elevados.

Análisis marginal

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

$$TRM = \frac{BN}{CV} \cdot 100$$

TRM indica que por cada dólar invertido se puede recuperar el valor un dólar más la tasa de retorno marginal obtenida (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis económico.

Tratamiento	Costo Variable (CV)	BN	Tasa de retorno marginal (TRM)
T ₁	\$0.65	\$ 0.82	1.25
T ₂	\$0.67	\$ 0.82	1.27
T ₃	\$ 0.66	\$ 0.84	1.24
T ₄	\$0.69	\$ 0.86	1.30
T ₅	\$0.67	\$ 0.83	1.24
T ₆	\$0.68	\$ 0.85	1.25
T ₇	\$0.68	\$ 0.85	1.25

CONCLUSIONES

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

El tratamiento de amarre a la mitad sin proteger toda la vareta (testigo), no presentó ninguna planta con éxito en el prendimiento del injerto.

El coeficiente de correlación de Pearson entre las variables peso específico de hojas (PEH) y el porcentaje de prendimiento del injerto fue

de $r = 0.94$ demostrando la influencia de las reservas de los productos de la fotosíntesis presentes en las varetas y su determinación en el éxito del injerto.

Con relación a los cortes histológicos se determinó que la planta de cacao no tiene fallas anatómicas en el cambium que limite el éxito en el prendimiento del injerto, además se puede estimar que se requieren en cacao de 233-395 GDD para completar la brotación.

Los tratamientos que permiten mayores beneficios económicos son enchapado lateral y púa terminal con envoltura a la mitad más bolsa (T_2 y T_4), generando más plantas injertadas de cacao criollo a menor costo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero del proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, según acuerdo de cooperación número 0214405-G2018-003-00 entre el proyecto USAID y la Universidad de El Salvador, Centro América.

BIBLIOGRAFÍA

Azcón, J; Talón, M. 2003. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid. ES. Mc Graw Hill. 522 p.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, El Salvador). 2013. Informe Nacional: Uso actual y Oferta de tecnologías sostenibles en la cadena de valor del cacao para mejorar la Seguridad Alimentaria en El Salvador. Unidad de desarrollo de Agronegocios. 40 p.

Constanza, JA. 2014. Inventario de Productores y Material genético criollo de cacao en El Salvador. CRS. 108 p.

CRS (CATHOLIC RELIEF SERVICES, El Salvador). 2014. Iniciativa nacional de cacao. CRS, SV. 25 p.

Dubón, A; Sánchez, J. 2011. Manual de Producción de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés: FHIA. 208 p.

Hartmann, H; Kester, D. 1997. Propagación de plantas principios y práctica. Sexta edición. Compañía editorial continental S.A de C.V México. p 760.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2013. Estrategia Nacional de Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El Salvador. 24 p.

Miramontes, AL; Villega M A; Ruiz, LM; Gonzales H, VA; Mora. A. 2011. Crecimiento foliar y desarrollo de brotes en selecciones injertadas de zapote mamey. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 2(6):911

Ortega, EZ. 2011. Anatomía de los órganos vegetativos: crecimiento secundario. Argentina, UNT. p 13.

Parada-Berrios, FA; Barrera-Santos, DA; Quintanilla, JR. 2016. Propagación vegetativa de ojusste (*Brosimum alicastrum* Swartz) utilizando modificaciones de dos técnicas de injerto y su incidencia en el éxito del prendimiento. Informes Técnicos: Rescate y desarrollo de germoplasma de ojusste con alto potencial genético de rendimiento, nutricional y comercial. Universidad de El Salvador. Financiado por PRESANCA II/ CSUCA. 126 p.

Puente Alarcón, JE. 2009. Efecto del injerto intermedio en la producción de plantas enanizadas de marañón (*Anacardium occidentale* L); fase de vivero. Tesis. Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. p 57

REPSOL. 2000. (En línea). Envase activo para prolongar la vida de los alimentos. ES. Universidad de Zaragoza. Consultado 8 ene.2019. Disponible en <https://www.repsol.com/es/sala-prensa/repsol-news/envase->

activo/index.cshtml

Rodríguez, R. 1996. Metodología de extensión agrícola comunitaria para el desarrollo sostenible. SV, IICA. p 121-140.

Romero Castellano, XG; Moreno Peraza; JA. 2012. Evaluación de chute (*Persea Shiedeana*) como portainjerto para la producción comercial de plantas de aguacate (*Persea americana mil*) en fase de vivero. Tesis. Ing. Agr. Universidad de El Salvador. San Salvador, SV. p 44-45.

Vidal Hernández, L. 2002. Aislamiento y cuantificación de Catequinas involucradas con la incompatibilidad en injertos de Guanábano (*Annona muricata* L.). Tesis para obtener el grado de Doctorado en Ciencias. Área: Biotecnología. 146 p