





M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado
Rector

Dr. Raúl Ernesto Azcúnaga López
Vicerrector Académico

Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Vicerrector Administrativo

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval
Secretario General

Lic. Iván Hernández
Presidente Asamblea General Universitaria (AGU)

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
Secretario de Investigación Científica de la Universidad de El Salvador (SIC-UES)
Director Ejecutivo del Consejo de Investigaciones Científicas
de la Universidad de El Salvador (CIC-UES)

Dr. Francisco Lara Ascencio
Decano Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos
Vicedecano Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra
Secretario Facultad de Ciencias Agronómicas

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García
Jefe de la Unidad de Investigación
Facultad de Ciencias Agronómicas

COMITÉ EDITORIAL

Fidel Ángel Parada Berrios

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

Blanca Eugenia Torres de Ortiz

Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.

Ma. Mónica Lara Uc

Profesora-Investigadora, Universidad Autónoma de Baja
California Sur Universidad Autónoma de Baja California Sur, La
Paz, Baja California Sur, México.

Víctor D. Carmona Galindo

Director of Sustainability and Associate Professor Biology
Department. University of Detroit Mercy, Detroit
Michigan, United States.

Andrea L. Joyce

Assistant Professor, University of California, Merced. United
States.

Leopoldo Serrano Cervantes

Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Aisur Ignacio Agudo Padrón

Gerente Investigador del Projeto Brasileiro Autônomo "Avulsos
Malacológicos - AM, Brasil.

Rudy Anthony Ramos Sosa

Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Miguel Ángel Hernández Martínez

Escuela de Posgrado y Educación Continua, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.



	Pág.
Identificación de serovares de <i>Leptospira</i> spp. presentes en ratas y ratones sinantrópicos de tres cantones del municipio de Tecoluca, San Vicente, El Salvador.	6
Evaluación de diferentes dosis de ácido indol butírico (AIB), en el enraizamiento de estacas de cacao criollo (<i>Theobroma cacao</i> L.) utilizando polipropagadores de madera.	13
Evaluación de cuatro tipos de injertos de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) utilizando como injerto el clon ICS-95 en portainjertos de dos años de edad establecidos en campo en la Cooperativa Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz, El Salvador.	24
Establecimiento de bancos de germoplasma de <i>Theobroma</i> spp. y <i>Coffea canephora</i> en el campus universitario (SS) y la Estación Experimental de Prácticas de la Universidad de El Salvador, San Pedro Nonualco y Cooperativa Santa Clara, La Paz.	31
Procesamiento artesanal de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) y café (<i>Coffea arabica</i>)	45

🌐 <https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Director:
 José Miguel Sermeño Chicas

Editor gráfico:
 Luis Alberto Sánchez Alfaro

Editor digital:
 Saúl Antonio Vega Baires

Corrector de estilo:
 Isidro Galileo Romero Castro



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Artículo de investigación

Identificación de serovares de *Leptospira* spp. presentes en ratas y ratones sinantrópicos de tres cantones del municipio de Tecoluca, San Vicente, El Salvador.

Serovar identification of *Leptospira* spp. present in rats and synatropic mice of three cantons of the municipality of Tecoluca, San Vicente, El Salvador.

Elias-Ramirez, JC¹, Rodas.-Rodrigues, TM¹, López-Salazar, CD², Romero-Pérez, LE², Aguilar-Pichinte, VR³

RESUMEN

La leptospirosis es una zoonosis de distribución mundial que se encuentra tanto en entornos urbanos como rurales, dicha enfermedad se incluye dentro de las enfermedades de notificación obligatoria para el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio de Salud de El Salvador (MINSAL). La presente investigación consistió en demostrar la presencia o ausencia de serovares de *Leptospira* spp. en ratas y ratones sinantrópicos de tres cantones del municipio de Tecoluca, San Vicente, El Salvador. Se realizó en el período de Diciembre del 2016 a Julio del 2017 con un total de 150 capturas, comprendiendo las especies *Rattus norvegicus*, *Rattus rattus* y *Mus musculus*. Se tomaron muestras sanguíneas de las anteriores especies, logrando un total de 88 muestras aptas para su análisis mediante la prueba de aglutinación microscópica (MAT), según lo establecido por el protocolo de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Se obtuvieron 20 muestras seropositivas a uno o más serovares, dentro de estos: *L. icterohaemorrhagiae*, *L. pyrogenes*, *L. tarasovi*, *L. sejroe* y *L. hebdomadis*. Siendo el serovar *L. icterohaemorrhagiae* y *L. pyrogenes* los encontrados con mayor frecuencia, los cuales se asocian a roedores, bovinos y caninos, destacando la importancia epidemiológica en la transmisión hacia diversas especies en la zona.

Palabras clave: *Leptospira*, leptospirosis, zoonosis, aglutinación microscópica, ratas y ratones.

ABSTRACT

Leptospirosis is a zoonosis of worldwide distribution that is found in both urban and rural environments, this disease is included in the diseases of obligatory notification for the Ministry of Agriculture and Livestock (MAG) and the Ministry of Public Health of El Salvador (MINSAL). The present investigation focused on demonstrating the presence or absence of serovars of *Leptospira* spp. in synanthropic rats and mice from three cantons, from the municipality of Tecoluca, San Vicente, El Salvador. The investigation was carried out from December 2016 to July 2017 with a total of 150 captures, comprising the species *Rattus norvegicus*, *Rattus rattus* and *Mus musculus*. Blood samples were taken from these species in which a total of 88 samples were suitable for analysis using the Microscopic Agglutination Test (MAT), as established by the protocol of the World Organization

1 Tesista, Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

2 Departamento de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

3 Área de Análisis de Riesgos, División de Servicios Veterinarios, Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador.

for Animal Health (OIE). It were obtained 20 seropositive samples with one or more serovars, such as: *L. icterohaemorrhagiae*, *L. pyrogenes*, *L. tarassovi*, *L. sejroe* and *L. hebdomadis*. Being the serovar *L. icterohaemorrhagiae* and *L. pyrogenes* the most frequent. By definition, these two serovars are associated with rodents, bovines and canines, having an important effect on the epidemiological transmission to various species in the area.

Key words: *Leptospira*, leptospirosis, zoonosis, microscopic agglutination, rats and mice.

INTRODUCCIÓN

La leptospirosis es una enfermedad de origen bacteriano producida por la espiroqueta del género *Leptospira*, afecta a la mayoría de mamíferos domésticos y silvestres, incluido el ser humano. Sus hospederos pueden actuar como hospederos de mantenimiento o accidental en función del serovar considerado. Se encuentra con mayor frecuencia en los trópicos, donde las condiciones para su transmisión son favorables (Arango *et al.* 2001). Los principales diseminadores o fuentes de contaminación son las ratas y ratones, estos al infectarse no muestran signos clínicos y de esta manera pueden esparcir la enfermedad por un tiempo prolongado, infectando a otros individuos (Siuce 2013). La trasmisión se realiza cuando la bacteria penetra en la piel lacerada, mucosas o conjuntivas; además, ocasionalmente los organismos pueden entrar por inhalación, ingestión o contacto con animales portadores (Odriozola 2001).

Existen en Guatemala y Nicaragua investigaciones de Leptospirosis en ratas y ratones silvestres, observándose resultados variables de seroprevalencias desde el 0% al 30% respectivamente (Miranda 2014, Cardoza y Gonzales 2011). En El Salvador la presencia de la enfermedad en otras especies animales, ha cambiado con el tiempo, se ha detectado un aumento gradual durante el período del 2010 al 2016 en casos reportados de la enfermedad en bovinos, según la base de datos epidemiológicos de sanidad animal del MAG; un número significativo de estos casos se encuentra en el municipio de Tecoluca, departamento de San Vicente, El Salvador¹. En los últimos tres años se reportan 45 casos en los tres cantones estudiados, por tal razón y aunado a que

1 Quintanilla, E. 2016. Casos de leptospirosis. Ministerio de Agricultura y Ganadería (Comunicación personal). El Salvador

está incluida en las enfermedades de notificación obligatoria, se hace necesario una constante vigilancia epidemiológica, surgiendo así la necesidad de una investigación que demuestre la presencia o ausencia de serovares de *Leptospira* spp. presentes en ratas o ratones sinantrópicos de la zona de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Área de estudio, duración y unidades experimentales

La investigación se realizó en 32 unidades experimentales de tres cantones del municipio de Tecoluca, San Vicente, El Salvador, la recolección de las muestras se realizó, de diciembre 2016 a julio 2017 y comprendió dos fases: la recolección de muestras (fase de campo) y el análisis de laboratorio (fase de laboratorio).

Trabajo de campo

La captura de las ratas y ratones se realizó mediante el uso de trampas, modelo Sherman y trampas artesanales, cada trampa fue identificada con un número correlativo con marcador permanente, se colocaron a distancias de aproximadamente cinco metros entre sí, y fueron señalizadas con carteles para evitar interferencia humana. La ubicación de las trampas fue cerca de zonas de reservas de alimentos, basureros, depósitos con almacenamiento de agua, lugares de resguardo del ganado, comederos, bebederos de animales, armarios y aquellas zonas donde se visualizó excremento o anidación de roedores. La ubicación de las trampas se realizó paralelamente a las paredes y otras superficies verticales, procurando llevarse a cabo en horas tempranas, y retiradas 24 horas posterior a su colocación. Los roedores capturados fueron

transportados a las instalaciones del MAG, donde se realizó la toma de muestra.

Trabajo de laboratorio

La toma de la muestra fue realizada por vía intracardiaca, utilizando jeringas de 1cc con aguja 25x $\frac{5}{8}$ o jeringas de 3cc con aguja de 23x1, según el tamaño del roedor, obteniendo de 0.5 a 1 ml. Las muestras fueron recolectadas en tubos de ensayo sin anticoagulante de 2 ml, identificadas con un número correlativo.

Para el análisis de las muestras se tomó como base la prueba serológica de aglutinación microscópica (MAT), establecida en el Manual de las Pruebas de Diagnóstico y de las Vacunas de Animales Terrestre de la OIE (OIE 2014), utilizando un cepario conformado por los serovares mayormente mencionados en la literatura consultada: *L. pyrogenes*, *L. icterohaemorrhagiae*, *L. grippotyphosa*, *L. tarassovi*, *L. pomona*, *L. canicola*, *L. autumnalis*, *L. hardjo* (Jiménez-Coello *et al.* 2010, Samir *et al.* 2015, Benacer *et al.* 2016). Además con los que cuenta el MAG: *L. australis*, *L. bataviae*, *L. sejroe*, *L. hebdomadis*². Los análisis fueron realizados por la Red de Laboratorios Veterinarios del MAG.

Se utilizó un título de 1:50 como punto de referencia, según lo recomendado por miembros de Laboratorios de Referencia de la OIE para el diagnóstico de *Leptospira* en ratas y ratones silvestres³.

Análisis de datos

El tamaño establecido de la población de ratas y ratones fue de 90 ejemplares, 30 muestras por cantón, sin embargo debido a la dificultad de captura de los ejemplares, el número utilizado de muestras se modificó, según un período de tiempo determinado, tomando en consideración únicamente los capturados

2 Cabrera, C. 2016. Serovares de leptospirosis. Ministerio de Agricultura y Ganadería (Comunicación personal). El Salvador

3 Craig, S. Adler, B. Petrakovsky, J. Samartino, L. Heuer, C. 2017. Diagnóstico de *Leptospira* en ratas y ratones silvestres (Correo electrónico). Australia, Argentina y Nueva Zelanda.

desde diciembre del 2016 a julio del 2017, la captura final fue de 150 roedores, 52 del cantón San Carlos Lempa, 56 del cantón Las Mesas y 42 del cantón Las Anonas, de estos roedores 88 fueron aptos para la obtención de muestras. Para su análisis se utilizaron métodos estadísticos descriptivos tales como: tablas resúmenes y gráficos de barras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

De las 88 muestras analizadas, 20 resultaron positivas, obteniéndose una seroprevalencia de 22.73% (20/88) con muestras que fueron seropositivas a uno o más serovares, resultando menor a las seroprevalencias presentadas en diversos estudios realizados a nivel mundial con títulos de 1:50. Como en África, Egipto reporta seroprevalencia de 26.7% (Samir *et al.* 2015); mientras que en el continente Americano se reportó en Argentina seroprevalencias desde el 30.1% al 52.3%, Chile 37.8%, México 50% y Nicaragua 30% (Marder *et al.* 2006, Scialfa *et al.* 2010, Zamora y Riedemann 1999, Méndez *et al.* 2013, Cardoza y Gonzales 2011). Estas seroprevalencias podrían estar influenciadas por las condiciones geográficas ambientales de cada zona de estudio, como: temperatura, pH, humedad relativa y composición de los suelos, como se plantea en el estudio de Sandow y Ramírez (2005).

En ese mismo sentido es importante reconocer con respecto al porcentaje de seronegatividad obtenido, que estos resultados no garantizan que al momento de la toma de muestra los roedores se encontraran libres de la bacteria, únicamente podría indicar que al momento de la toma de muestra, los roedores no tenían los títulos suficientes para expresar seropositividad. Por lo general los animales con un caso temprano de la infección o con títulos antiguos que han disminuido resultaron negativos.

La presente investigación fue realizada en una zona rural que reúne las características climáticas y ambientales ideales para el contacto del agente infeccioso con los animales domésticos en los cuales se

ha reportado la enfermedad⁴. En El Salvador, el único estudio sobre la búsqueda de serovares de *Leptospira* en roedores, fue reportado por Ayala y Zelaya (2008), en el que se evaluaron tres mercados del municipio de San Salvador, analizándose 171 muestras en dos especies de roedores (126 de la especie *R. rattus*, 45 de la especie *M. musculus*); no detectándose la presencia de anticuerpos contra ninguno de los serovares utilizados. La diferencia de resultados obtenidos en el presente estudio, comparado con el de Ayala y Zelaya (2008) puede deberse a que en el estudio de los mercados, se empleó un punto de corte para MAT de 1:100; además, no existían reportes de casos positivos a leptospirosis en el área de estudio.

Con respecto a las 88 muestras analizadas, 32 correspondían a *R. rattus*, 30 *R. norvegicus* y 26 *M. musculus*. En relación al resultado de seropositividad por especie de roedor fue: 8 pertenecían a *R. rattus*, 6 *R. norvegicus* y 6 *M. musculus*. Las 20 muestras resultaron positivas a los siguientes serovares: *L. icterohaemorrhagiae* 9.09% (8), *L. pyrogenes* 7.96% (7), *L. tarassovi* 3.41% (3), *L. sejroe* 2.27% (2) y *L. hebdomadis* 1.14% (1) (Figura 1). Una de las muestras fue seropositiva a dos serovares: *L. icterohaemorrhagiae* y *L. pyrogenes*.

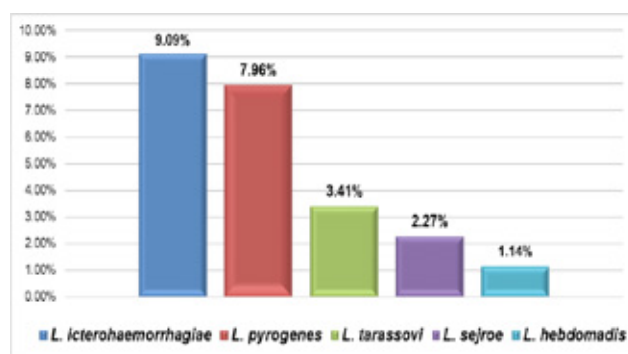


Figura 1. Seroprevalencia por serovares de *Leptospira* spp. en ratas y ratones positivos de la zona de estudio.

El serovar mayormente encontrado en este estudio fue *L. icterohaemorrhagiae* con 9.09% (8 muestras), lo cual coincide con lo descrito en diferentes estudios a

nivel mundial: Egipto, Argentina, Colombia, Trinidad y Tobago, y Nicaragua, reportan este serovar como el principal con porcentajes que varían del 16.5% al 87.5% (Samir *et al.* 2015, Vanasco *et al.* 2003, Flórez *et al.* 2010, Morales *et al.* 1978, Suepaul *et al.* 2014, Cardoza y Gonzales 2011). El único estudio que presenta porcentaje menor fue el realizado en Jalisco, México, que presentó una seroprevalencia de 3.95% (Sepulveda *et al.* 2002).

En cuanto a *L. pyrogenes*, que fue el segundo serovar más frecuentemente encontrado con un 7.96% (7 muestras), diferentes estudios a nivel mundial: Malasia, Tailandia, Egipto, Colombia y Nicaragua, han reportado una menor seroprevalencia a este serovar, desde porcentajes de 0.6% hasta 39.1% (Mohamed-Hassan *et al.* 2010, Kositanont *et al.* 2003, Samir *et al.* 2015, Flórez *et al.* 2010, Cardoza y Gonzales 2011).

La detección de los serovares de *Leptospira* en ratas y ratones, no es extraño, ya que dichas especies son reservorios específicos para *L. icterohaemorrhagiae*; además estas pueden ser positivos al serovar *L. pyrogenes* el cual está asociado a diferentes hospederos (CFSPH 2005), y si bien el roedor cumple la función de reservorio natural del serovar *L. icterohaemorrhagiae*, las especies canina y bovina son considerados como sus hospederos de mantenimiento, por lo cual podría existir una asociación con los serovares encontrados en la zona de estudio, destacando la importancia epidemiológica en la transmisión hacia diversas especies en la zona.

En relación a los resultados por cantón, además de la presencia de los vectores, la diferencia de serovares y seroprevalencia, podrían estar influenciados por el crecimiento de los asentamientos humanos, tal es el caso del cantón San Carlos Lempa, el cual presenta una mayor población humana (1,354 habitantes), en comparación al cantón Las Anonas (603 habitantes) y cantón Las Mesas (no existen datos oficiales)⁵. A su vez se puede observar una tendencia que la

4 Quintanilla, E. 2016. Casos de leptospirosis. Ministerio de Agricultura y Ganadería (Comunicación personal). El Salvador.

5 Asencio, G. 2017. Características de la vivienda que influyen en la salud de la población. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (Comunicación personal). El Salvador

mayor cantidad de roedores seropositivos, fue en el cantón San Carlos Lempa (Figura 2); sin embargo, no se puede concluir con este estudio la relación de los asentamientos humanos con la prevalencia encontrada, aunque Álvarez *et al.* 2017, realizó un estudio en la misma zona en la especie equina y encontró una asociación de los asentamientos humanos con la presencia de mayor seropositividad en equinos debido a la concentración de dichos animales, ya que esta especie es usada como medio de transporte en los tres cantones bajo estudio.

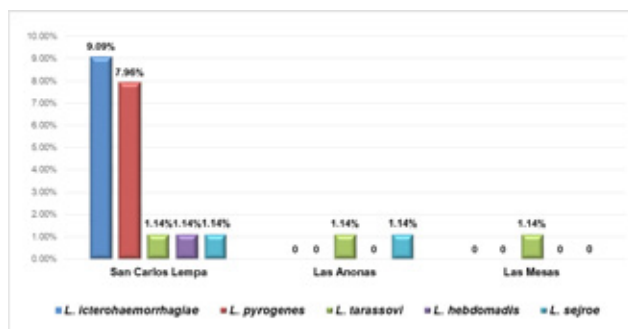


Figura 2. Porcentajes de serovares distribuidos por cantón en el municipio de Tecoluca, departamento de San Vicente, El Salvador.

Del mismo modo, Benacer *et al.* 2016 concluyen que la rápida urbanización y la pobreza han llevado al crecimiento de los asentamientos precarios en muchos países de ingresos bajos. Estos lugares a menudo se caracterizan por un deficiente sistema de manejo de basura y dificultades de saneamiento, que promueven la proliferación de roedores y conllevan el riesgo de una transmisión de la enfermedad. Esto también plantea un alto riesgo de exposición a los seres humanos, pues se ha encontrado que la cercanía con la basura acumulada aumenta significativamente el riesgo de leptospirosis.

CONCLUSIONES

Se detectó evidencia serológica de circulación de *Leptospira spp.* en ratas y ratones sinantrópicos (*R. rattus*, *R. norvegicus* y *M. musculus*) por primera vez en los cantones de San Carlos Lempa, Las Mesas y Las

Anonas, del municipio de Tecoluca, San Vicente, El Salvador.

Se demostró en ratas y ratones sinantrópicos en la zona en estudio, la presencia de cinco serovares: *L. icterohaemorrhagiae* 9.09% (8), *L. pyrogenes* 7.96% (7), *L. tarassovi* 3.41% (3), *L. sejroe* 2.27% (2) y *L. hebdomadis* 1.14% (1).

A pesar de que en los cantones del área de estudio se presentan condiciones ambientales similares, existen diferencias entre ellos tanto a nivel de poblaciones humanas como con respecto a la distribución de la seroprevalencia de los serovares, obteniendo una mayor seroprevalencia en el cantón de San Carlos Lempa 60.71% (17), el cual presenta todos los serovares reportados en esta investigación.

Con los resultados obtenidos en la presente investigación no se puede establecer el papel del roedor como uno de los principales transmisores de *Leptospira* en el área de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Amparo, A; Martínez, A; Zelada, E; Herrera, M. 2005. Creación de un Modelo de Sistemas de Información Geográficos (Sig) para una Finca, Caso Campo Experimental y de Prácticas de La Facultad de Ciencias Agronómicas: 116.
- Álvarez, B; Reyes, C; Orellana, M. 2017. Identificación de serovares de *Leptospira spp.* en equinos mediante la prueba de aglutinación microscópica, en los cantones de San Carlos Lempa, Las Mesas y Las Anonas del municipio de Tecoluca, San Vicente, El Salvador. Tesis Br. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. p. 7-28
- Arango, J; Cittadino, E; Agostini, A; Mazzonelli, G; Álvarez, C; Colusi, M; Koval, A; Cabrera, A; Kravetz, F. 2001. Prevalencia de leptospirosis en *Rattus rattus* y *Rattus norvegicus* en el Gran Buenos Aires, Argentina. *Ecología austral* v.11, n.1, p.25-30

- Ayala, R; Zelaya, D. 2008. Determinación de la presencia e identificación de serovares de *Leptospira* presentes en ratas y ratones de 3 mercados (mercado de mayoreo La Tiendona, Mercado Central, y Mercado Tinetti) del municipio de San Salvador. Tesis Br. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. p. 7-27
- Benacer, D; Mohd Zain, SN; Sim SZ; Mohd Khalid MK; Galloway RL; Souris M; Thong KL. 2016. Determination of *Leptospira borgpetersenii* serovar *javanica* and *Leptospira interrogans* serovar *bataviae* as the persistent *Leptospira* serovars circulating in the urban rat populations in Peninsular Malaysia. *Parasit Vectors* 9:117.
- Cardoza, Y; Gonzales, A. 2011. Detección de *Leptospira* en ratas y ratones de las Comarcas Caraos y Cacaos alrededor de los casos positivos de Leptospirosis en humanos del municipio de Achuapa departamento de León, diciembre 2010 a marzo 2011. Tesis Br. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León. p. 49-56.
- CFSPH (The Center for Food Security and Public Health, US). 2005. Leptospirosis (en línea). Iowa, US. Iowa State University. Consultado 3 mar. 2016. PDF. Disponible en: <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/leptospirosis-es.pdf>
- Flórez, P; Arango, J; Merizalde, E; Londoño, A; Quiroz, V; Rodas, J. 2010. Evidencia serológica de circulación de *Leptospira* spp. en *Rattus norvegicus* naturalmente expuestos en una zona urbana colombiana. *Revista de Salud Pública*, 12(6): 990-999.
- Jimenez-Coello, M; Ortega-Pacheco, A; Guzman-Marin, E; Guiris-Andrade, DM; Martinez-Figueroa, L; Acosta-Viana, KY. 2010. Stray Dogs as Reservoirs of the Zoonotic Agents *Leptospira interrogans*, *Trypanosoma cruzi*, and *Aspergillus* spp. in an Urban Area of Chiapas in Southern Mexico. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 10(2): 135-141.
- Kositantont, U; Naigowit, P; Invithaya A, Singchai, C; Puthavathana, P. 2003. Prevalence of antibodies to *Leptospira* serovars in rodents and shrews trapped in low and high endemic areas in Thailand. *Journal of the medical association of Thailand*, 86(2): 136-42.
- Marder, G; Ruiz, R; Machuca, R; Zorzo, L; Merino, D. 2006. Detección de *Leptospiras* en riñón de roedores de la ciudad de Corrientes: estudio preliminar (en línea). Corrientes, ARG. UNNE. Consultado 11 oct. 2017. PDF. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/04-Veterinarias/2006-V-008.pdf>
- Méndez, C; Benavides, L; Esquivel, A; Aldama, A; Torres, J; Gavaldon, D; Meléndez, P; Moles, L. 2013. Pesquisa serológica de *Leptospira* en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el noreste de México. *Revista de Salud Animal*, 35(1): 25-32.
- Miranda, S. 2014. Determinación de *Leptospira interrogans* en roedores plaga en el mercado municipal de Panajachel, Sololá, Guatemala mediante la prueba de reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Tesis Br. Sololá, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 52-62.
- Mohamed-Hassan, SN; Bahaman, AR; Mutalib, AR; Khairani-Bejo S. 2010. Serological prevalence of leptospiral infection in wild rats at the National Service Training Centres in Kelantan and Terengganu. *Tropical biomedicine*, 27(1):30-2.
- Morales, G; Guzmán, V; Beltrán L. 1978. Leptospirosis in Colombia: isolation of *Leptospira* spp. from the kidneys of brown rats (*Rattus norvegicus*) trapped on infected piggeries. *Tropical animal health and production*, 10(2):121-3.
- Odroizola, E. 2001. Leptospirosis (en línea). Consultado 3 mar. 2016. PDF. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_reproduccion/62-leptospirosis.pdf

- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal, FR). 2014. Manual terrestre: Leptospirosis (en línea). Paris, FR. Consultado 3 mar. 2016. PDF. Disponible en: http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/2.01.12_Leptospirosis.pdf
- Samir, A; Soliman, R; El-Hariri, M; Abdel-Moein, K; Hatem, ME. 2015. Leptospirosis in animals and human contacts in Egypt: broad range surveillance. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 48(3):272-7.
- Sadow, K; Ramírez, W. 2005. Leptospirosis (en línea). Revista electrónica de veterinaria v.6, n.6. Consultado 20 sep. 2017. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060605/060501.pdf>
- Scialfa, E; Bolpe, J; Bardon, C; Ridao, G; Gentile, J; Gallicchio, O. 2010. Isolation of *Leptospira interrogans* from suburban rats in Tandil, Buenos Aires, Argentina. Revista Argentina de microbiología, 42(2): 126-128
- Sepúlveda, A; Dimas, J; Rodríguez, F. 2002. La rata y el perro, importantes vectores de la leptospirosis en explotaciones pecuarias de Cd. Guzmán, Jalisco. Revista Cubana de Medicina Trópica, 54(1): 21-23.
- Siuce, J. 2013. Leptospirosis (en línea). Consultado 10 mar. 2016. PDF. Disponible en: http://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/Articulo_siuce_leptospirosis.pdf
- Suepaul, SM; Carrington, CV; Campbell, M; Borde, G; Adesiyun, AA. 2014. Seroepidemiology of leptospirosis in dogs and rats in Trinidad. Tropical Biomedicine, 31(4):853-861.
- Vanasco, N; Sequeira, M; Sequeira, G; Tarabla, H. 2003. Associations between leptospiral infection and seropositivity in rodents and environmental characteristics in Argentina. Preventive Veterinary Medicine, 28:60(3):227-35.
- Zamora, J; Riedemann, S. 1999. Animales silvestres como reservorios de leptospirosis en Chile. Una revisión de los estudios efectuados en el país. Archivos de Medicina Veterinaria. 31(2): 151-156.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>



Artículo de investigación

Evaluación de diferentes dosis de ácido indol butírico (AIB), en el enraizamiento de estacas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) utilizando polipropagadores de madera.

Evaluation of different doses of indole butyric acid (AIB), in the rooting of cuttings of Creole cocoa (*Theobroma cacao* L.) using wood polishers.

Mejía-Chávez, HM¹; Jiménez-Fuentes, CI¹; Parada-Berríos, FA²; Vásquez-Osegueda, EA²; Lovo-Lara, LM².

RESUMEN

La investigación se realizó de octubre de 2017 a octubre de 2018, en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, el objetivo de la investigación fue evaluar el ácido indol butírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.). Para el desarrollo se utilizó un diseño completamente al azar realizando tres experimentos, iniciando con dosis superiores en los primeros dos, con ocho tratamientos, tres repeticiones y la prueba de separación de medias de Tukey. Las concentraciones de AIB utilizadas en el tercer experimento fueron de 200 mg.l⁻¹, 400 mg.l⁻¹, 600 mg.l⁻¹, 800 mg.l⁻¹, 2000 mg.l⁻¹, 4000 mg.l⁻¹; un tratamiento con solución azucarada al 25% y el testigo o control donde no se agregó nada, además a todas las estacas se aplicó ácido acetil salicílico (ASS), para atenuar el estrés de las mismas. Las estacas se instalaron en tres propagadores por subirrigación construidos artesanalmente con madera, uno por repetición. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de enraizamiento, longitud y diámetro de raíces, porcentaje de brotación de yemas, sobrevivencia de plantas, permanencia de hojas y grados días de desarrollo (GDD), utilizando la correlación de Pearson para conocer la influencia entre variables. Como resultados en los primeros dos experimentos las estacas murieron en menos de dos semanas. El tercer experimento con resultados satisfactorios se obtuvo diferencias estadísticas significativas con el uso de AIB, en dosis de 4000 mg.l⁻¹, la que generó mayor número de raíces en las estacas de cacao. Al final se concluye, que el uso de AIB en las diferentes dosis utilizadas favorece considerablemente al enraizamiento de estacas de cacao criollo, no obstante, cabe destacar que el uso de ácido acetil salicílico en todos los tratamientos, en el tercer experimento, mejoró la sobrevivencia de las estacas de cacao, destacando además la alta correlación positiva encontrada entre el número de hojas inicial, longitud y diámetro de las estacas, como posibles factores que incidieron en el enraizamiento.

Palabras claves: Acido indol butírico, Cacao criollo, Propagador por subirrigación de madera, propagación por estacas, enraizamiento.

1 Tesista. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

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

SUMMARY

The research was conducted from October 2017 to October 2018, in the nursery of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, the objective of the research was to evaluate indole butyric acid (AIB) in rooting cocoa stakes Creole (*Theobroma cacao* L.). For the development, a completely randomized design was carried out carrying out three experiments, starting with higher doses in the first two, with eight treatments, three repetitions and the Tukey stocking test. The AIB concentrations used in the third experiment were 200 mg.l⁻¹, 400 mg.l⁻¹, 600 mg.l⁻¹, 800 mg.l⁻¹, 2000 mg.l⁻¹, 4000 mg.l⁻¹ -one; a treatment with 25% sugar solution and the control or control where nothing was added, in addition to all the stakes, acetylsalicylic acid (ASS) was applied, to attenuate their stress. The stakes were installed in three propagators by sub-irrigation, hand-crafted with wood, one by repetition. The variables evaluated were: rooting percentage, root length and diameter, bud budding percentage, plant survival, leaf permanence and development days (GDD), using Pearson's correlation to determine the influence between variables. As results in the first two experiments, the stakes died in less than two weeks. The third experiment with satisfactory results obtained significant statistical differences with the use of AIB, in doses of 4000 mg.l⁻¹, which generated the greatest number of roots in cocoa stakes. In the end, it is concluded that the use of AIB in the different doses used considerably favors the rooting of Creole cocoa stakes, however, it should be noted that the use of acetylsalicylic acid in all treatments, in the third experiment, improved survival of the cocoa stakes, also highlighting the high positive correlation found between the initial number of leaves, length and diameter of the stakes, as possible factors that influenced rooting.

Keywords: Indo-butyric acid, Creole Cocoa, Propagator for wood sub-irrigation, propagation by skate, rooting.

INTRODUCCIÓN

Conocer sobre los mejores métodos de propagación de plantas de cacao es importante para los cacaocultores de El Salvador que desean establecer plantaciones de variedades productivas y principalmente de calidades uniformes, con la finalidad de alcanzar los mejores precios en el mercado nacional e internacional. Dubón y Sánchez (2011), indican que la propagación vegetativa reproduce fielmente las características de los árboles; este método permite obtener las plantas más uniformes ya que no se usan las semillas. Dubón y Sánchez (2011) y Phillips *et al.* (2013) mencionan que el método más común de reproducción vegetativa es el injerto, que origina plantas denominadas cultivares o clones que conservan íntegramente el árbol reproducido.

Aldana García (s.f.), reporta que una de las limitantes del injerto es el tiempo y el costo desde la siembra del patrón hasta el momento en que la planta está lista para la siembra en campo. Aldana García (s.f.), explica que una forma de solucionar la situación planteada anteriormente es la reproducción vegetativa o asexual por medio de la "clonación por estaca o enraizamiento de ramillas". El enraizamiento de estacas, se fundamenta en cortar la parte final de una rama de cacao e inducirla a producir raíces y yemas.

El mismo autor explica el procedimiento refiriéndose a la selección de los clones que representan interés para el cacaocultor, principalmente por características como alta productividad, calidad, resistencia a plagas y enfermedades. Esta ramilla debe tener el leño verdoso o semiverdoso y sus hojas deben presentar buen vigor y excelente desarrollo fisiológico. Acondicionada la ramilla se procede a la aplicación de una hormona enraizante en la base y se siembra de inmediato en bolsas. Una vez sembradas las estacas se cubren todas las plantas ubicadas en filas, se encierran con un plástico transparente durante 45 a 60 días. El plástico debe quedar sellado por los cuatro lados para evitar la entrada de aire, agua e insectos, permitiendo generar un efecto de invernadero. Mesén (1997), propone el uso del propagador de subirrigación, descrito por Leakey *et al.* (1990), para la multiplicación de estacas foliadas, el cual parece ser más práctico y más fácil de manejar la esterilidad del sustrato para evitar podriciones de las estacas (Figura 1).

El objetivo de la presente investigación es proponer a los agricultores una técnica de propagación vegetativa más práctica, rápida y eficiente que nos genere plantas de cacao en poco tiempo y que se reproduzcan las características de interés al cacaocultor basado en la demanda del mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

La investigación se ejecutó en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador durante los meses de octubre de 2017 a octubre de 2018, con coordenadas geográficas 13°43'09.21" latitud norte y 89°12'01.08" longitud oeste, a una altitud de 695 msnm.

Trabajo de campo

Habilitación del propagador por subirrigación

Se construyeron tres propagadores de madera con una cobertura de plástico polietileno transparente considerando el diseño de 0.90 m de ancho y 1.70 m de largo y una altura de 0.75 m en la pared lateral superior y 0.50 m en la pared lateral inferior. Esta estructura permite la protección del material vegetativo contra plagas, enfermedades y contra otras especies animales. Los primeros 25 cm se rellenaron con capas sucesivas de piedra pómez grande (6-10 cm de diámetro), piedras pequeñas (3-6 cm) y los últimos 5 cm se cubrieron con la misma piedra pómez con granulometría más fina a fin de sostener las estacas. Los 25 cm basales se llenaron con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantuviera húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel se utilizó un tubo de PVC insertado verticalmente a través de diferentes capas de material. La caja se cubrió con una tapa articulada con bisagras de tal manera que ajustara bien, también se forró con plástico, para mantener alta la humedad interna y que en las horas de mayor temperatura el vapor se elevara a chocar con la tapa y por condensación mantener húmedas las hojas de las estacas, siendo este el principio en que se basa este sistema de enraizamiento (Figura 1).

Experimentos previos

Se desarrollaron dos experimentos antes de la fase final, el primero se estableció el 26 de octubre de 2017 y el segundo el 29 de noviembre de 2017.

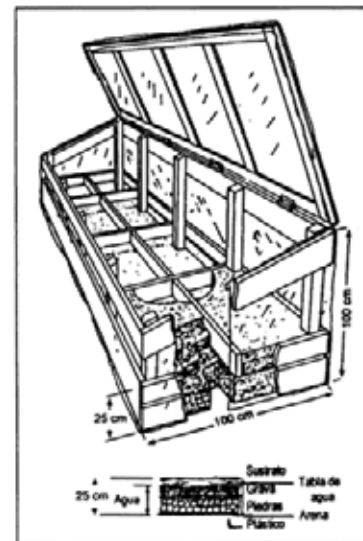


Figura 1. Diseño de propagador de subirrigación. (Fuente: Lentray et al. 1990 citado por Mesen 1997)

Experimento 1

Se evaluaron 8 tratamientos, 6 con diferentes dosis de AIB ($T_1 = 2000$ ppm, $T_2 = 3000$ ppm, $T_3 = 4000$ ppm, $T_4 = 6000$ ppm, $T_5 = 8000$ ppm, $T_6 = 12000$ ppm), $T_7 =$ solución azucarada y el $T_0 =$ testigo absoluto, en un diseño completamente al azar, utilizando tres propagadores por subirrigación.

Experimento 2

Se evaluaron 8 tratamientos, 6 con diferentes dosis de AIB ($T_1 = 200$ ppm, $T_2 = 400$ ppm, $T_3 = 600$ ppm, $T_4 = 800$ ppm, $T_5 = 2000$ ppm, $T_6 = 4000$ ppm), $T_7 =$ solución azucarada y el $T_0 =$ testigo absoluto, en un diseño completamente al azar utilizando 3 propagadores por subirrigación.

Preparación del material vegetal

Para el desarrollo del experimento se ejecutaron las actividades siguientes:

- Selección de árboles.** El material seleccionado fueron estacas de árboles de cacao criollo obtenidas del banco de germoplasma de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (Figura 2. a).

2. Recolección de varetas. La recolección de las estacas se realizó a partir de las 6:00 hasta las 10:00 am., tomando en cuenta características de importancia como estar libres de enfermedades y plagas, de coloración verdusca en el ápice de la estaca y café en la base (Figura 2. a).

3. Preparación de estacas. Las estacas se tomaron de la parte terminal y se cortaron con un tamaño promedio de 15 a 20 cm de largo y 0.5-0.8 cm de diámetro dejando cuatro hojas por estaca (Figura 2. b).

4. Preparación de las concentraciones hormonales. Un día antes del montaje del experimento se prepararon seis concentraciones de ácido indol butírico (AIB) a 200 mg.l⁻¹, 400 mg.l⁻¹, 600 mg.l⁻¹, 800 mg.l⁻¹, 2000 mg.l⁻¹ y 4000 mg.l⁻¹. Además se preparó una solución azucarada al 25% de concentración y un testigo o control sin ningún tratamiento (Figura 2. e y f).

5. Preparación de estacas para la siembra. Se realizó limpieza y desinfección de las estacas mediante la inmersión en una solución desinfectante y dos soluciones de agua destilada. La solución desinfectante fue hipoclorito de sodio al 10%, colocándolos en una bandeja donde se mantuvieron inmersas durante 10-15 segundos enjuagándose en una segunda y tercera bandeja con agua destilada, con la finalidad de desinfectar el material vegetal y evitar muerte por contaminación por patógenos (Figura 2. g y h).

6. Montaje del experimento. Se procedió al corte de tres tercios de la hoja presentes en la estaca dejando el área foliar necesaria para realizar los procesos fotosintéticos. En la parte inferior de la estaca se le realizó un corte transversal y de tres a cuatro heridas longitudinales profundizando levemente la corteza del tallo, sumergiendo 2 cm de la estaca en las diferentes soluciones AIB y la solución azucarada según los tratamientos correspondientes. Se tomaron datos por cada estaca: del número de fracción de hojas, longitud y diámetro; correlacionando los promedios generados con el resto de variables evaluadas durante el proceso del experimento (Cuadro 1). Al finalizar

esta etapa se procedió a la siembra de las estacas en el sustrato de piedra pómez (Figura 2. i y j).

7. Aplicación de Ácido Acetil Salicílico (ASS). En el tercer experimento se decidió aplicar ASS conocido popularmente como Aspirina® ya que se ha reportado que regulan la biosíntesis de metabolitos secundarios (Bennet y Wallsgrave, 1994). También se reporta que la ASS tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de las familias *Araceae* y *Palmaceae* (Raskin, 1992 citado por Villanueva-Couoh *et al.* 2009). Por lo tanto se aplicó una pastilla de 500 mg.l⁻¹ de agua, cada 15 días por cada repetición es decir por cada propagador por subirrigación.

Análisis de datos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos, cada unidad experimental conformada por 35 estacas, haciendo un total de 210 estacas y tres repeticiones, distribuidos como se muestra en el cuadro 1.

Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron: longitud y diámetro de estacas (cm), porcentaje de enraizamiento (%), número de raíces, longitud de raíces (cm), diámetro de raíz (mm), porcentaje de brotación (%), porcentaje de sobrevivencia (%), número de hojas, días a enraizamiento, unidades de calor expresado en grados días de desarrollo [GDD= $\sum(T_i - T_b)$].

Para cada variable se realizó el análisis de varianza utilizando el programa InfoStat con su respectiva prueba de Tukey para comparación de medias, así como la determinación de la influencia de una variable con otra a través de la determinación de la correlación de Pearson.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos con Ácido Indolbutírico (AIB)

Tratamiento	Descripción	Estacas iniciales	Datos tomados al inicio		
			No. de hojas	Longitud de estacas	Diámetro de estacas
T ₀	Testigo sin nada	35	5.00	18.50	0.58
T ₁	200 mg.l ⁻¹ de AIB	35	4.67	18.71	0.58
T ₂	400 mg.l ⁻¹ de AIB	35	4.67	14.54	0.56
T ₃	600 mg.l ⁻¹ de AIB	35	4.67	17.77	0.61
T ₄	800 mg.l ⁻¹ de AIB	35	4.00	18.56	0.62
T ₅	2000 mg.l ⁻¹ de AIB	35	5.00	17.58	0.55
T ₆	4000 mg.l ⁻¹ de AIB	35	4.33	18.84	0.55
T ₇	Solución azucarada 25%	35	4.67	14.61	0.46

Toma de datos

La toma de datos se realizó al inicio del experimento, contando el número de fracción de hoja que se le dejó a las estacas, longitud y diámetro de estacas. A partir de los 20 días se comenzó a monitorear cinco estacas

de cada tratamiento para evidenciar la presencia de callo o raíces, el resto de información se recolectó al final del experimento, seguido del trasplante de las estacas enraizadas en bolsas de polietileno negro de 6" x 9".



Figura 2. Pasos y procesos para el enraizamiento de estacas de cacao en polipropagadores por irrigación **a y b)** Selección de árboles y preparación de estacas de cacao. **c y d)** desinfección de sustrato en propagadores por subirrigación. **e y f)** preparación de soluciones de ácido indol butírico (AIB) en sus diferentes concentraciones. **g y h)** toma de datos inicial y preparación de estacas para colocarlos en los propagadores. **i y j)** siembra de estacas en los propagadores. **k y l)** cosecha de estacas enraizadas después de 30 días de siembra y **m)** estacas desarrolladas dos meses después de cosechadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ante la problemática que presenta para el sector productivo de cacao la propagación vegetativa masiva de plantas con alto potencial genético, se procedió a evaluar seis dosis de AIB y una solución azucarada y su incidencia en el enraizamiento de estacas de cacao, bajo la técnica del propagador por subirrigación de madera, para determinar que dosis son capaces de generar la rizogénesis. A continuación se presentan los resultados:

Experimento 1

Como resultados después de 30 días de establecidas las estacas, no hubo presencia de callo por lo tanto no se pudo analizar estadísticamente. Sin embargo tratamientos como el testigo (T_0) presentó un porcentaje de sobrevivencia de las estacas del 5.70% y enraizamiento de un 2.85%, de igual forma el tratamiento con 4000 ppm (T_4) reporta los mismos resultados, en el resto de dosis de AIB, las estacas murieron en las primeras dos semanas. Probablemente hubo toxicidad, por las dosis de AIB demasiado elevadas.

Experimento 2

Después de 36 días de establecido el experimento se presentaron resultados similares al experimento 1, con la variante que fue el tratamiento con 200 ppm el que presentó el 2.85% de enraizamiento y una sobrevivencia de las estacas del 43.33% a los 33 días de establecido el ensayo.

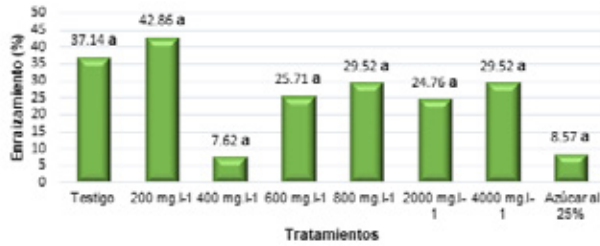
Resultados experimento 3

Porcentaje de enraizamiento (%), días a enraizamiento y grados días de desarrollo (GDD).

El análisis de varianza para las tres variables no registró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, no obstante al analizar los promedios variable por variable, se puede observar que, en el porcentaje de enraizamiento la dosis de

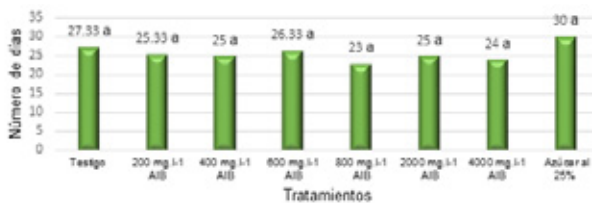
200 mg.l⁻¹ fue la que presentó el mayor valor con un 42.86% y la de menor valor 400 mg.l⁻¹ (Figura 3). Mientras que al revisar los días a enraizamiento todos los tratamientos presentaron un intervalo entre los 23 y 30 días necesarios para que ocurriera dicho evento fisiológico estimulado por el factor evaluado, siendo la dosis de 800 mg.l⁻¹, que promovió el enraizamiento de las estacas a los 23 días y la solución azucarada a los 30 días (Figura 4). De igual manera durante el experimento se registraron las temperaturas máximas y mínimas dentro de las cajas a fin de obtener unidades de calor expresadas en grados días de desarrollo (GDD) que según Snyder (1985), está demostrado que el crecimiento vegetativo u otra actividad fenológica o fisiológica está influenciada por la temperatura del medio; se asume que a una temperatura determinada un organismo requiere de un número de días para completar un evento en su desarrollo y que a una temperatura más baja que la temperatura base (12°C para cultivos tropicales), deja de haber crecimiento, con ello se obtiene la constante térmica GDD (Figura 5). El tratamiento que requirió menos unidades calor fue 800 mg.l⁻¹, mientras que la solución azucarada fue la que requirió mayores unidades calor (GDD), sin embargo podemos inferir que para esos 23 a 30 días que tarda el enraizamiento se demanda de un intervalo de unidades calor entre los 342 y 441 GDD para los cacaos criollos. Por otra parte Mata (2006) determinó que existe diferencia entre los clones de cacao criollo de acuerdo a su facilidad de propagación, por lo que se considera que la aplicación de AIB probablemente no tiene influencia en el porcentaje de enraizamiento. Son condiciones de temperatura y de humedad relativa dentro del propagador por subirrigación los que podrían proporcionarle las condiciones adecuadas para el enraizamiento de las estacas, situación evidenciada, por los valores mostrados por el testigo.

Al comparar el experimento 3 con el experimento 1, donde las dosis de AIB eran más elevadas Álvarez Argudín (1997), señala que es típico de la auxina, actuar conforme a una curva, que, en todos los meristemas presenta un óptimo, y si sigue elevando la concentración, decae por debajo del testigo. En



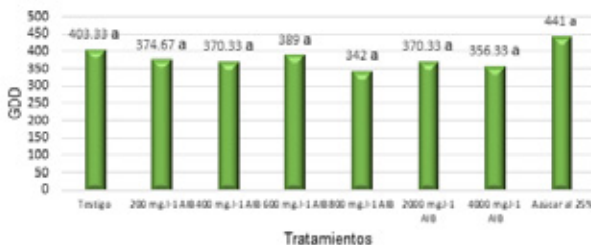
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 3. Efecto de las concentraciones de AIB en el enraizamiento de estacas de cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 4. Efecto de las concentraciones de AIB en los días de enraizamiento de estacas de cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 5. Efecto de las concentraciones de AIB en los grados días de desarrollo (GDD) necesarios para el enraizamiento de estacas de cacao criollo.

el experimento 1 y 2 la sobrevivencia de las estacas no fue mayor a dos semanas Rojas Garcidueñas, (1979) citado por Alvarez Argudín (1997), explica que la acción de las auxinas se ejerce en dos etapas: en el primero se estimula el crecimiento ya que se acelera el metabolismo, en las bajas concentraciones, pero al aumentar las concentraciones el estímulo se acorta provocando inhibición y es lo que caracteriza

a la segunda etapa. Tizio (1980) citado por Alvarez Argudín (1997), explica que el causante de la muerte de las estacas sería el etileno, cuya síntesis es estimulada cuando la concentración de la auxina aumenta, lo que se demuestra con el amarillamiento de las hojas casi de manera fulminante, y solamente el testigo y la solución azucarada sobrevivieron por más tiempo.

En el experimento 3 con la aplicación de ASS en todos los tratamientos se logra mantener la sobrevivencia de las estacas por más tiempo, el necesario, para lograr el enraizamiento en diferentes porcentajes según las concentraciones de AIB usadas y el testigo, San Miguel *et al.* (2003) citado por Villanueva-Couoh *et al.* (2009) el ASS aplicado en diferentes formas se ha reportado que provoca el cierre de estomas y reduce la transpiración, aumenta la biomasa en las plantas e incrementa la embriogénesis somática en cultivos de tejidos. El ácido salicílico producido internamente tiene un papel importante en dos fenómenos fisiológicos, en la resistencia de plantas y en la producción de calor en las inflorescencias de las familias Araceae y Palmaceae. Por tal motivo en esta investigación se considera que todos los tratamientos más la aplicación de ASS (Aspirina®), incrementó el enraizamiento al evitar la caída de las hojas de manera prematura lo que se demuestra con una correlación de Pearson de $r = 0.99$ entre el porcentaje de enraizamiento y las estacas sobrevivientes.

Número de raíces, longitud de raíz, diámetro de raíz

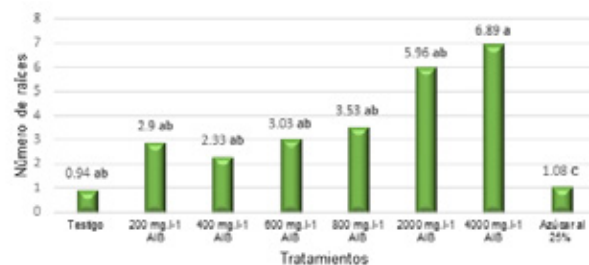
Con relación a la variable número de raíces, en la figura 6, se puede observar, que solo ésta variable presentó diferencias estadísticas altamente significativas, mientras que las otras dos variables se considera que los tratamientos son estadísticamente iguales. Al respecto la variable número de raíces se vuelve de alta relevancia porque todos los tratamientos evaluados resultaron efectivos en el enraizamiento, sin embargo, no todos fueron eficientes, lográndose determinar que la dosis de 2000 y 4000 mg.l⁻¹, generaron 5.95 y 6.89 raíces respectivamente, mientras que la longitud de las raíces, de estos mismos

tratamientos al analizar los promedios (Figura 7), se observan valores satisfactorios de 6.71 y 6.96 respectivamente, aunque vale la pena mencionar que la mayor longitud se obtuvo con 800 mg.l⁻¹ (7.54 cm). Asimismo, al analizar el diámetro de las raíces en la figura 8, el tratamiento con 2000 mg.l⁻¹, presentó el mayor valor (0.12 cm). Es importante destacar que el uso de AIB en las diferentes concentraciones se logra obtener un rendimiento favorable de raíces con 2000 y 4000 mg.l⁻¹, aunque el mayor porcentaje de enraizamiento se logre con 200 mg.l⁻¹ y el testigo, sin embargo la calidad de raíces obtenidas es inferior.

Álvarez Argudín (1997), describe la influencia de factores externos en la formación y desarrollo de raíces adventicias, entre estas las heridas ya que desde épocas antiguas se conoce, empíricamente que, al efectuar heridas en la base de las estacas, se favorece el enraizado, menciona que, en estacas de manzana cuatro incisiones longitudinales hechas en la base aumentaron el enraizamiento y el número de raíces de manera significativa frente al testigo. En la figura 2. k y l, se observa que las raíces emergen donde inicia la herida de arriba hacia abajo al respecto Álvarez Argudín (1997), menciona que las raíces emergen desde el callo formado en la herida, pareciendo que ello está asociado al cambium desarrollado en el propio callo, además recalca, que como tantas prácticas culturales, el efecto de la herida en el enraizado, no ha sido bien explicado; y tan solo, se han emitido hipótesis.

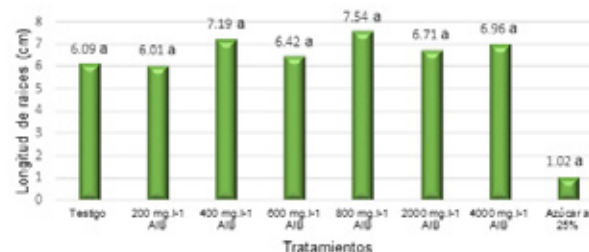
Howard (1968) citado por Alvarez Argudín (1997), describe una hormona de herida específica, liberada como consecuencia del daño provocado en los tejidos, que, aparte de incidir en la formación de callo cicatrizal favorece el enraizado, sin embargo Fiorino y Vitagliano (1968) también hacen referencia a una hormona de herida y a cofactores, considerando la posibilidad de que en la zona de las heridas se produzca una mayor absorción del AIB, intensificándose el proceso de inducción de la rizogénesis.

Asimismo, Hartman y Kester (1991) opina que, el efecto benéfico de las heridas, puede deberse a una



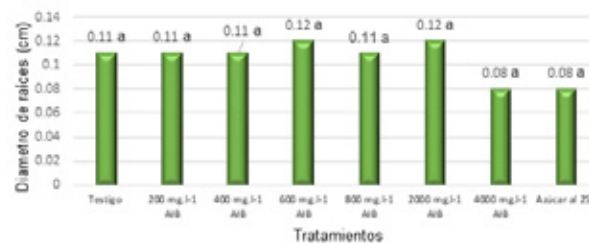
(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 6. Efecto de las concentraciones de AIB en la emisión del número de raíces en estacas de cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 7. Efecto de las concentraciones de AIB en la longitud de las raíces emitidas en estacas de cacao criollo.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 8. Efecto de las concentraciones de AIB en el diámetro de las raíces emitidas en las estacas de cacao criollo.

acumulación natural de auxinas y de carbohidratos en el área lesionada y a un incremento en la tasa de respiración, pudiéndose corroborar esta aseveración ya que se presentó una $r = 0.76$ entre el número inicial de hojas y el número de raíces; $r = 0.76$ entre el diámetro del tallo y el número de raíces; asimismo, se presenta una correlación positiva entre el numero

inicial de hojas con la longitud de raíz de $r = 0.92$ y con el diámetro de raíz una $r = 0.97$, considerando que ambas estructuras (hojas y tallo) generan y almacenan respectivamente carbohidratos. Además, los tejidos lesionados por las heridas, se estimulan para que produzcan etileno, promoviendo la formación de raíces.

Porcentaje de brotación, sobrevivencia de estaca y plantas producidas

Estas variables también no presentaron diferencias estadísticas significativas, sin embargo al observar el cuadro 2 y la figura 9, la mayor brotación ocurrió con las dosis 200, 400, 600 y 800 mg.l^{-1} . Asimismo, se observa que tanto el testigo como las dosis de 200, 800 y 4000 mg.l^{-1} , mostraron los porcentajes más altos de sobrevivencia y las dosis de 200, 600 y 2000 mg.l^{-1} , el mayor porcentaje de plantas producidas. La correlación de Pearson entre las variables porcentaje de brotación y sobrevivencia de estacas fue de $r = 0.71$ y una $r = 0.70$ entre el número inicial de hojas con la brotación, pero también se registró una $r = 0.94$, entre el porcentaje de enraizamiento y la sobrevivencia de las estacas, deduciendo sobre la importancia de la presencia de las hojas desde el inicio del experimento y su influencia en el enraizamiento y por ende en la sobrevivencia de las estacas y producción de plantas. Al respecto Luini y Sturma (1973) sostienen

que si bien la yema no sería la responsable en determinar la emisión de raíces o rizogénesis, influye en el proceso como orientadora, no actuando como individuo autónomo, sino, más bien, como un órgano que conserva y manifiesta el estado fisiológico del individuo-planta. Los mismos autores mencionan que las hojas ejercen en general, un estímulo que puede traducirse en mejores resultados a nivel del número de estacas enraizadas, de la cinética de aparición de raíces adventicias y de su número, peso y longitud de raíces, ésta última variable presentó una $r = 0.92$ entre el número inicial de hojas con la longitud de raíces demostrando la importancia de las hojas en la reproducción de plantas por estacas con hojas. Fontanazza y Ruggini (1980) citado por Alvarez Argudin (1997), menciona que en ciruelo se necesita la presencia de la hoja para que pueda verificarse un buen enraizamiento; y que, ni la yema, aún activa, ni los tratamientos con AIB, sustituyen íntegramente la acción de las hojas, ya que la función de ellas es fundamental, en la activación de la rizogénesis, por ser responsable en la síntesis de metabolitos que participan en dicho proceso y esa acción resulta determinante en los primeros 15 días, lo que hace presagiar que a los 25 días ha tenido la formación de iniciadores radicales, en esta investigación el intervalo de inicio de enraizamiento ocurrió entre los 23 y 30 días, periodo en el que se estimó un acumulado entre 342 y 441 GDD.

Cuadro 2. Efecto de las concentraciones de AIB en las Variables de adaptación y crecimiento de las nuevas plantas.

Tratamiento	Tratamiento	% de brotación		% sobrevivencia		% de Plantas producidas	
T ₀	Testigo	3.81	a*	50.48	a*	22.86	a*
T ₁	200 mg.l^{-1} AIB	13.33	a	51.43	a	26.67	A
T ₂	400 mg.l^{-1} AIB	17.14	a	20.95	a	4.76	A
T ₃	600 mg.l^{-1} AIB	12.38	a	34.29	a	13.33	A
T ₄	800 mg.l^{-1} AIB	11.43	a	41.90	a	14.29	A
T ₅	2000 mg.l^{-1} AIB	5.71	a	28.57	a	16.19	A
T ₆	4000 mg.l^{-1} AIB	5.72	a	40.00	a	17.14	A
T ₇	Azúcar al 25%	1.91	a	21.90	a	7.62	A

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

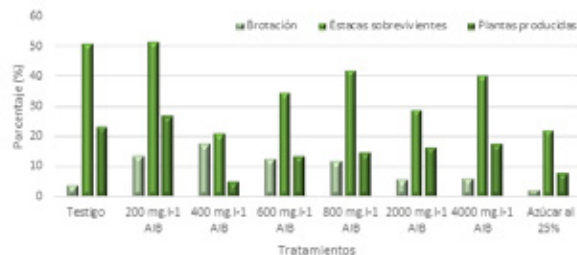


Figura 9. Efecto de las concentraciones de AIB en las variables de adaptación y producción final de plantas.

Hartman y Kester (1991), basándose en una serie de experimentos, sostienen que las hojas en las estacas, ejercen una fuerte acción estimulante sobre la rizogénesis, manifestando que los carbohidratos contribuyen a la formación de raíces, y es probable que, el fuerte efecto promotor que ejercen las hojas y las yema, se deba a otros factores, como las auxinas, producidas por dichos órganos y transportada desde el ápice a la base.

CONCLUSIONES

En la mayoría de variables evaluadas no hubo diferencia estadísticas significativas, excepto en el número de raíces formadas, siendo la dosis de 4000 mg.l⁻¹ de AIB, la que generó la mayor cantidad de raíces, no obstante vale la pena mencionar que el mayor porcentaje de enraizamiento lo generó el tratamiento con 200 mg.l⁻¹ de AIB y el tratamiento testigo con un 42 y 37% respectivamente, considerando que el uso de AIB en dosis bajas, mejora el enraizamiento y el número de raíces producidas.

Es importante destacar que la aplicación de ácido acetil salicílico (Aspirina®), en todos los tratamientos retardó la caída de las hojas en el tercer experimento, lo que probablemente favoreció en incrementar la sobrevivencia de las estacas y por ende un aumento del enraizamiento.

El uso de propagadores por subirrigación artesanales son efectivos en la producción de plantas por enraizamiento de estacas de cacao siempre que se cuente con el sustrato adecuado y un programa de

riego efectivo y materiales que regulen de manera uniforme la entrada de luz, para mantener la temperatura, humedad relativa y luminosidad en condiciones adecuadas.

Las correlaciones entre variables demuestran que el número inicial de hojas, longitud y diámetro de las estacas utilizadas estimuló de manera directa al crecimiento y desarrollo de raíces adventicias.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, según acuerdo de cooperación número 0214405-62018-003-00 entre el Proyecto de USAID y la Universidad de El Salvador, Centro América.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldana García, M. s.f. La multiplicación por estaca o enraizamiento de ramilla. Departamento de comunicaciones y relaciones externas. Programa MIDAS de USAID.
- Alvarez Argudín, J. 1997. Propagación vegetativa de los árboles frutales. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S R.L. Montevideo, Uruguay. 217 p.
- Bennet, RN; Wallsgrove, RM. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytol*, 127: 617-633.
- Dubón, A; Sánchez, J. 2012. Manual de Producción de Cacao. 1 ed. La Lima, Cortés: FHIA. 208 p.
- Fiorino, P; Vitagiano, C. 1968. Nuove technique per ottenere babatelle di pesce. Ulteriori ricerche sulla nebulizzazione. *Rivista della Ortoflorofruitticoltura italiana*, 52(6):779-795.
- Hartman, HT; Kester, DE. 1991. Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad. Antonio-

Marino “, Ambrosio. 3 ed. México, Continental. 809 p.

Luini, CS; Sturma, MC. 1973. Considerazioni sulla moltiplicazione vegetativa della vite. Istituto Sperimentale per la Viticoltura Conegliano. Estratto della Rivista di Viticoltura Conegliano. Estratto della Rivista de Viticoltura e di Enologia di Conegliano. (5):8.

Mata, A. 2006. Establecimiento de un sistema de propagación vegetativa de genotipos superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) por medio de ramillas en el CATIE. Informe de Trabajo Final de Graduación. Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 104 p.

Mesén, F. 1997. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de subirrigación/ Turrialba, C.R.; CATIE. Proyecto semillas Forestales. 36 p.

Phillips, W; Echeverri, J; Say E. 2013. Tecnología moderna en la producción de cacao. Programa Sixaola, CATIE. Costa Rica. 57 p.

Snyder, RL. 1985. Hand Calculating degree days. *Agricultural and Forest Meteorology*, (35): 353-358.

Villanueva-Couoh, E; Sánchez-García, P; Soria-Fregoso, M; Larqué-Saavedra. A. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetil sulfóxido en la floración del Chrysantemo en Yucatán, México. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 15 (2): 25-31.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Artículo de investigación

Evaluación de cuatro tipos de injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando como injerto el clon ICS-95 en portainjertos de dos años de edad establecidos en campo en la Cooperativa Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz, El Salvador.

Evaluation of four types of cocoa grafts (*Theobroma cacao* L.) using as a graft the ICS-95 clone in two-year-old rootstocks established in the field at Cooperativa Santa Clara, San Luis Talpa, La Paz, El Salvador.

Vásquez-Osegueda, EA¹; Parada-Berríos, FA¹; Rodríguez-Urrutia, EA²; Lovo-Lara, LM¹.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar diferentes tipos de injerto para identificar el más prometedor por su éxito en el prendimiento en portainjertos desarrollados en campo en la Asociación Cooperativa de Producción Agrícola Santa Clara No. 2 de R.L., municipio de San Luis Talpa, La Paz; se ejecutó una investigación, empleando los siguientes injertos: enchapado lateral, malayo, cuña o púa terminal y parche. Se utilizó un experimento con un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones, utilizando 5 plantas como unidad experimental, totalizando 100 plantas. La injertación se realizó en el mes de septiembre de 2018, evaluando las siguientes variables: altura, diámetro de la vareta y portainjerto, éxito del prendimiento del injerto, grados días de desarrollo (GDD), número de hojas y brotes del injerto. Para analizar los resultados se utilizó el programa estadístico InfoStat® con su respectiva prueba de Tukey para la comparación de medias, de igual forma se determinó la correlación entre las variables haciendo uso del coeficiente de correlación de Pearson. Como resultados se encontró que el mayor éxito en el prendimiento de injertos fue el enchapado lateral, seguido del injerto malayo, cuña terminal y con menor éxito el de parche. Con respecto al número de hojas y número de brotes, que más desarrollo presentó fue el de cuña terminal, seguido del enchapado lateral y el malayo, y en menor proporción el de parche. Se recomienda usar el injerto de enchapado lateral y malayo para las plantaciones de cacao de dos años de edad o más, los cuales mostraron favorecer el éxito en el prendimiento de los injertos.

Palabras Claves: injertos de cacao en campo, cambio de copa de cacao.

SUMMARY

With the objective of evaluating different types of grafting to identify the most promising for its success in the development of rootstocks developed in the field in the Cooperative Association of Agricultural Production Santa Clara No. 2 of R.L., municipality

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

2 Departamento de Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

of San Luis Talpa, La Paz; An investigation was carried out, using the following grafts: lateral veneer, Malay, terminal spike and patch. An experiment with a completely randomized design was used, with five repetitions, using 5 plants as an experimental unit, totaling 100 plants. The grafting was performed in september 2018, evaluating the following variables: height, diameter of the stem and rootstock, success of graft seizure, degrees of development days (GDD), number of leaves and buds of the graft. To analyze the results, the statistical program InfoStat® was used with its respective Tukey test for the comparison of means, in the same way the correlation between the variables was determined using the Pearson correlation coefficient. As a result, it was found that the greatest success in the graft seizure was the lateral veneer, followed by the Malay graft, terminal spike and with less success the patch. With respect to the number of leaves and number of shoots, the one with the most development was the terminal wedge, followed by the side veneer and the Malay, and to a lesser extent the patch. It is recommended to use the lateral and Malay veneer graft for cocoa plantations of two years of age or older, which were shown to favor the graft seizure success.

Key words: cocoa grafts in the field, change of cocoa cup.

INTRODUCCIÓN

En el cacao se dan los dos tipos de reproducción: sexual, que consiste en la unión de dos células cigóticas (el polen y óvulos), que después de esa unión forman semillas y el conjunto de semillas forma un fruto, no obstante de cada 100 árboles de una plantación establecida por semilla, unos 30 son excelentes productores, otra cantidad son regulares y encontramos un porcentaje de árboles que producen muy pocas mazorcas y en ocasiones ninguna. A esto se le conoce como variabilidad genética (IPADE 2016)

La reproducción asexual se utilizan cuando se desea mantener las características de la planta madre, es decir que no hay variabilidad genética, y los métodos son el enraizamiento de estacas y esquejes, el injerto y el cultivo de tejidos. Dentro de estos métodos los injertos son los más utilizados, se pueden realizar en plantas que se encuentran en vivero o bien en árboles adultos (cambio de copa) considerados no deseables en la plantación por una circunstancia determinada según Molina y Parada-Berríos (2016).

El injerto es una práctica habitual en agricultura y horticultura, aunque su conocimiento a nivel general está poco extendido, sin esta práctica tan antigua, sería imposible en la actualidad y lo hubiera sido en tiempos pasados mantener muchas de las variedades de plantas de cultivo, especialmente la clonación de árboles frutales (Boutelou 2007).

Los injertos en cacao son una técnica de propagación

vegetativa o asexual que consiste en unir una rama o parte de ella (vareta) a un patrón reproducido por semilla, con la finalidad que la vareta o yema se una al patrón quedando en íntimo contacto, los nuevos tejidos, provenientes de la división celular de ambos, quedan unidos y pueden transportar, sin impedimento de agua y nutrientes para la nueva planta a través de esta unión (MAG s.f.)

Las ventajas de la injertación es mantener características genéticas (color de fruto, tamaño de fruto, tamaño de semilla, resistencia a plagas, sabor), inicio temprano de producción, reducción de tamaño de árbol (Valentini 2003).

El cultivo de cacao en el país ha tenido una tendencia creciente en los últimos años, expandiéndose las áreas de siembra a nivel nacional. Sin embargo la baja calidad y poca disponibilidad del material genético de cacao fino y de aroma (Criollo) sumado con el poco conocimiento de labores del cultivo y manejo, está afectando directamente a las familias de pequeños productores y productoras, quienes están abandonando las plantaciones de dos a tres años de edad por el poco porcentaje de prendimiento en la injertación.

La mayor parte de injertos se realizan en viveros cuando los árboles tienen de 4 a 6 meses de edad y un grosor inferior a 1 cm aproximadamente. Sobre los injertos en árboles de cacao de dos años de edad establecidos en campo se ha investigado muy poco, he de ahí la importancia de esta investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del Estudio

El ensayo se ejecutó de septiembre hasta diciembre de 2018, en las plantaciones de cacao de la Asociación Cooperativa de Producción Agrícola Santa Clara N°2 de R.L. con coordenadas N 13°25'08.9" y W 89°04'53.3" y 12 metros sobre el nivel del mar en el municipio de San Luis Talpa, La Paz.

Materiales

Se utilizaron 100 árboles de cacao de dos años de edad como portainjertos establecidos en campo, a los cuales inicialmente se les tomaron datos de altura total, altura y diámetro de injertación. Las varetas para la injertación fueron seleccionadas del clon ICS 95 cortadas al momento de la injertación tomándose los datos previos de longitud y diámetro de vareta. Para la realización de los injertos fue necesario utilizar herramientas como: tijeras de podar, cintas plástica para amarre, bolsas plásticas transparentes para charamusca de 3 x 6", navajas para injertar, piedra de afilar y corrector para rotular. Además para la toma de datos se utilizó pie de rey digital marca Mytocoyo y cinta métrica.

Análisis de datos

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (tipos de injerto) (Cuadro 1). Para cada una de las variables se realizó el análisis de varianza individual y su respectiva prueba de Tukey. Estos datos se analizaron usando el programa estadístico

InfoStat® con su respectiva prueba de Tukey y la comparación de medias, de igual forma se determinó la correlación entre las variables haciendo uso del coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de confianza del 95%.

Variables en estudio

Las variables evaluadas fueron:

- Porcentaje de prendimiento (%)
- Grados días de desarrollo (GDD)
- Número de hojas
- Número de brotes

Los valores utilizados para la obtención de resultados están relacionados con el promedio de las temperaturas medias diarias desde el momento del injerto hasta el momento del éxito del mismo, siendo necesaria la utilización de la fórmula siguiente:

GDD: $(T_i - T_b)$ donde: GDD = Constante térmica en grados días de desarrollo, T_i = Temperatura promedio, T_b = Temperatura base del cultivo

Toma de datos

La toma de datos se realizó al inicio del experimento, con las mediciones de altura del portainjerto, altura y diámetro de injertación, longitud y diámetro de varetas. A partir de los 15 días se comenzó a monitorear el prendimiento de los injertos y se tomaron datos a los 15, 20, 25, 30 y 60 días después de injertar. Se utilizaron cuatro tipos de injertos de cacao (Figura 1, 2, 3 y 4).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Árboles	Datos tomados al inicio				
			Altura del portainjerto (cm)	Altura de injertación (cm)	Diámetro de injertación (mm)	Largo de vareta (cm)	Diámetro de vareta (mm)
T ₁	Injerto malayo	25	89.68	23.82	12.21	22.88	5.81
T ₂	Cuña terminal	25	98.56	54.08	11.17	16.64	6.18
T ₃	Yema	25	96.80	27.88	12.77	1.0	1.0
T ₄	Enchape lateral	25	87.60	42.24	9.56	16.40	5.71



Figura 1. Proceso de injerto enchapado lateral a y b) corte de 3 – 5 cm en portainjerto, c) corte de 45° o con chaflán en varetta, d) corte de 3 – 5 cm para descubrir cambium en varetta, e) amarre, f) envoltura con bolsa de charamusca, g) rotulación, h) injerto de un mes.



Figura 2. Proceso de injerto de cuña terminal a, b y c) cortes de preparación del portainjerto, d) cortes en varetta, e) colocación de varetta sobre el portainjerto, f) amarre, g) colocación de bolsa de charamusca, h) injerto de un mes.

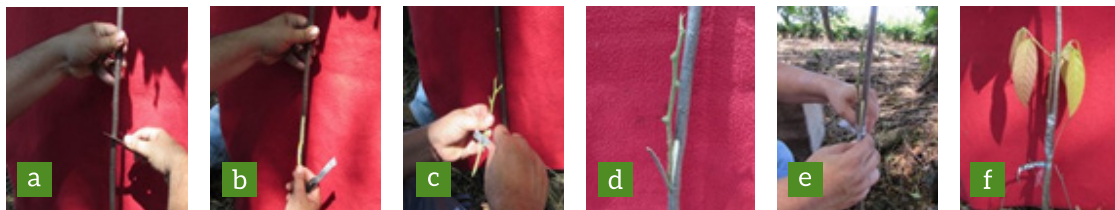


Figura 3. Proceso de injerto malayo a) corte horizontal en el portainjerto de 0.5 cm de largo aproximadamente, b) desprendimiento de la corteza, c) cortes de preparación en varetta, d) colocación de varetta en el patrón, e) amarre, f) injerto de un mes.

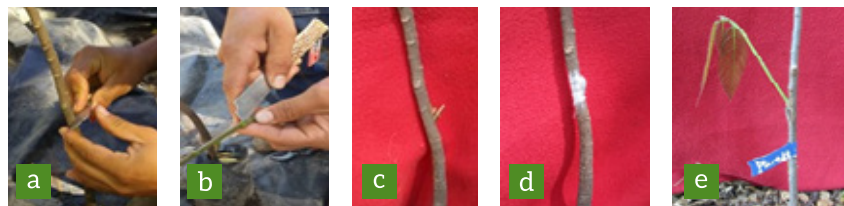


Figura 4. Proceso de injerto de parche a) cortes de preparación del portainjerto, b) cortes para extracción de yema en forma de parche, c) colocación de parche en portainjerto, d) amarre, e) injerto de un mes de edad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Éxito en el prendimiento de los injertos y grados días de desarrollo (GDD)

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron muy representativos para cada tipo de injerto como se muestra en la figura 5 a, en cuanto a la variable éxito del prendimiento, el injerto enchapado lateral fue el que mostró el mayor porcentaje de prendimiento con el 92% (T_4), seguido del injerto malayo con 80% (T_1) y con resultados aceptables el injerto de cuña terminal con el 56% (T_2), mientras que en el injerto de parche solo hubo un 32% de prendimiento (T_3). Ramos *et al.*

(2015) evaluaron dos tipos de injertos, obteniendo resultados con enchape lateral del 70% y cuña terminal con 65% de éxito del injerto en fase de vivero, prendimiento en su investigación, siendo superados en la presente investigación probablemente por el diámetro y altura de los portainjertos utilizados desarrollados en campo durante dos años. Al analizar la información de manera global se alcanzó un 65% de éxito como se muestra en la figura 5 b, con un 35% de pérdida y con resultados poco prometedores para el injerto de parche que solamente obtuvo 32% de éxito, al respecto en otra investigación en vivero es reportó solamente el 17.33% para el injerto de parche (Meza y Menjívar, 2019).

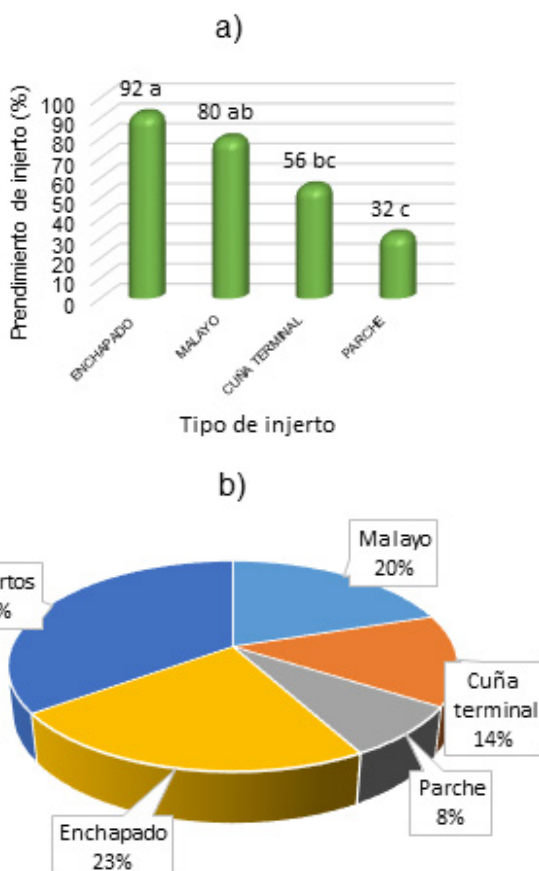
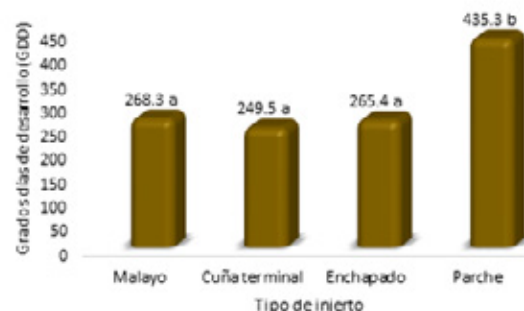


Figura 5. Éxito del prendimiento de cuatro tipos de injertos de cacao evaluados en portainjertos de dos años de edad.

El coeficiente de correlación de Pearson demostró que existe una alta correlación positiva entre el prendimiento y el tipo de injerto con una $r = 0.78$, entre el prendimiento y la longitud de vareta de $r = 0.81$, entre el prendimiento y la altura de injertación de $r = 0.99$, deduciendo que al menos dos o tres tipos de injerto favorecen al prendimiento, siendo el injerto de enchape lateral, el malayo y el de púa central los que mejores resultados mostraron, ya que por el área de contacto de los cambium entre la vareta y el patrón sumado con la reserva de nutrientes que presentan las varetas aumentan las posibilidades de prendimiento en campo, mientras que el injerto de parche el material vegetal utilizado es más pequeño y el área de contacto de los cambium de la vareta y el patrón es menor comparado con los demás injertos afectando así el prendimiento en condiciones de campo y en patrones de dos años de edad.

Al analizar los grados días de desarrollo (GDD)

se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la prueba de Tukey, lo que demuestra que si hay diferencias en la variable GDD, y que son la acumulación de requerimientos de calor para completar una etapa fenológica determinada, porque el crecimiento vegetativo de una planta o porción de ella, está influenciado por las temperaturas prevalecientes en el ambiente (Snyder 1985). En la figura 6 se evidencia que los injertos que menores unidades de calor necesitaron para completar la brotación fueron los injertos de: cuña terminal, enchapado lateral y malayo con 249.5, 268.3 GDD respectivamente, acumulándose estos GDD en un intervalo de 16-20 días aproximadamente; mientras que el injerto de parche necesitó 435.3 GDD, indica que necesita más días para completar su etapa prendimiento y emisión de brotes, alrededor de 30 días o más, en comparación con los otros tipos de injerto. Los resultados encontrados para esta variable, son similares con los injertos evaluados por Meza y Menjívar *et al.* (2019) quienes determinaron que los requerimientos de GDD para los injertos de enchapado lateral y cuña terminal con un intervalo de 245 - 398 GDD (20 - 30 días), para la brotación y los injertos de cacao criollo donde se usa yema se requiere 403-522 GDD, Ramos *et al.* (2015) determinó que el injerto de cuña terminal en cacao criollo fue el tratamiento que necesitó menos unidades calor expresadas con 233 GDD y 395 GDD para los injertos de enchapado lateral.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

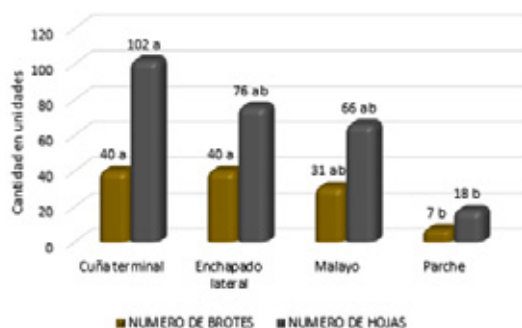
Figura 6. Acumulación de unidades calor expresadas en GDD requeridas para la brotación y el éxito del prendimiento del injerto en cacao criollo.

Variables de crecimiento y desarrollo: número de hojas y número de brotes del injerto.

Al analizar el ANVA, se encontraron diferencias altamente significativas en los cuatro tipos de injerto, demostrando que el tipo de injerto sí afecta el desarrollo de la planta nueva producida mediante el injerto, siendo el injerto de cuña terminal el que desarrolló más rápido, mientras que los injertos de enchapado lateral y malayo fueron similares en comportamiento con respecto a estas dos variables. La prueba de Tukey, indica que los resultados fueron mejores en el injerto de cuña terminal con 102 hojas y 40 brotes, mientras que el injerto de enchapado lateral desarrolló 76 hojas y 40 brotes, asimismo, el injerto malayo desarrolló 66 hojas y 31 brotes, mientras que el injerto de parche solamente desarrolló 7 brotes y 18 hojas, con la medición de estas variables se logró conocer el tipo de injerto que desarrolló más rápido en campo (Figura 7). Los resultados encontrados en esta investigación coinciden con Ramos *et al.* (2015), quienes demuestran que el injerto de cuña terminal presentó los valores más altos en la ganancia o incremento de altura, número de hojas y número de brotes, probablemente esto responde a la necesidad del portainjerto decapitado totalmente de una estructura que sustituya la parte eliminada con el guillotinado y al haber una unión exitosa, las reservas acumuladas en el portainjerto y la vareta, hace que la respuesta en crecimiento sea más eficiente, a fin que

la nueva estructura sustituta comience su proceso de elaboración fotosintética y alimentar a toda la planta. Meza y Menjívar (2019) encontraron que el injerto de cuña terminal mostró los mejores resultados en cuanto a la altura y número de hojas comparado con los injertos de enchapado lateral, parche y yema.

En la correlación de Pearson se encontró que existe una alta correlación positiva entre número de brotes con la altura de portainjerto presentando una $r= 0.72$ y el número de brotes con diámetro de portainjerto de $r= 0.84$, determinando así que el desarrollo de los injertos es influenciado por la altura y diámetro del portainjerto, son variables directamente influenciadas, ya que es en el tallo donde ocurre la mayor acumulación de reservas, almacenadas a la vez por la elaboración de fotosintatos provenientes de las hojas, existiendo demanda recíproca, es decir el tallo acumula reservas de las hojas como portainjerto, pero las hojas que envían los fotosintatos al tallo son eliminados paulatinamente al realizarse el injerto, sin embargo, también la vareta lleva una dotación de reservas que al existir unión efectiva la nueva planta constituida por el injerto utiliza para su desarrollo, primero utiliza las reservas de la vareta posteriormente se alimenta de las reservas del tallo y finalmente el brote injertado envía reservas al tallo, por tal motivo ambas variables están directamente relacionadas.



(Barras con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de significancia).

Figura 7. Variables de crecimiento y desarrollo de los cuatro tipos de injertos evaluados en campo.

CONCLUSIONES

Los mejores resultados en el éxito del prendimiento de injertos en patrones de cacao de dos años de edad del clon ICS-95 se dieron en dos tipos de injertos siendo el enchapado lateral en primer lugar con el 92% y el injerto malayo con 80% en segundo lugar, mientras que el injerto de cuña terminal solo hubo un 56% de prendimiento aunque obtuvo los mejores resultados en cuanto al desarrollo de los injertos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, según acuerdo de cooperación número 0214405-62018-003-00 entre el Proyecto de USAID y la Universidad de El Salvador, Centro América.

BIBLIOGRAFÍA

- Boutelou, C. 2007. Tratado del injerto. Junta de Andalucía, España. Consejería de Agricultura y Pesca
- DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Honduras). 2016. Manual técnico para el manejo de viveros certificados de aguacate
- Echeverri Rodríguez, J. 2006. El injerto en la producción de cacao orgánico. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica. 78(53): 101-105
- IPADE (Instituto Para el Desarrollo y la Democracia, Nicaragua). 2016. Producción de plantas de cacao por injerto.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). s. f. Práctica del injerto y tipos de injertos en cacao. 20 p.
- Meza Calderón, MA; Moya Menjívar, XM; Parada-Berrios, FA. 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. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Molina Escalante, MO; Parada Berrios, FA. 2016. Manual para la producción de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad de El Salvador (UES). Inédito. 31 p
- Ramos, YM; Rivas, AT; Villalta, LB. 2015. Evaluación de diferentes técnicas de injerto en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en el prendimiento en fase de vivero. Tesis. Para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 79 p.
- Reyes Martínez, M; Marín Mendieta, L; Montalván Castellón O. 2014. Prendimiento de dos tipos de injertos en cacao en distintas fases lunares. Ciencia e interculturalidad. 17(2): 14.
- Snyder, RL. 1985. Hand Calculating degree days. Agricultural and Forest Meteorology, (35): 353-358.
- Valentini, G. 2003. La injertación en frutales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional, Argentina. (14): 25.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

Nota Técnica

Establecimiento de bancos de germoplasma de *Theobroma* spp. y *Coffea canephora* en el campus universitario (SS) y la Estación Experimental de Prácticas de la Universidad de El Salvador, San Pedro Nonualco y Cooperativa Santa Clara, La Paz.

Establishment of germplasm banks of *Theobroma* spp. and *Coffea canephora* on the university campus (SS) and the Experimental Practices Station of the University of El Salvador, San Pedro Nonualco and Cooperativa Santa Clara, La Paz.

Molina-Escalante, MO¹; Rodríguez-Urrutia, EA¹; Parada-Berrios, FA²; Vásquez-Osegueda, EA²; Lovo-Lara, LM².

RESUMEN

Con el objetivo de establecer colecciones de campo de cacao criollo y café robusta se inició un proceso de colecta de cacao criollo en diferentes localidades de El Salvador de reconocida tradición por el cultivo de cacao. Asimismo, se adquirieron cuatro clones de café robusta (*Coffea canephora*) a la empresa INTERLAGOS S.A. DE C.V, con procedencia de la empresa Mexicana NSIP (Nature Source Improved Plants) y plantas de café arábica variedad 'cuscatleco' injertado en nemaya en PROCAFÉ. Las colecciones de cacao se establecieron en la Estación Experimental (EEP) y de Prácticas, campus universitario, San Pedro Nonualco y la Cooperativa Santa Clara. Con el germoplasma de cacao colectado se inició el establecimiento desde el año 2016 y el café adquirido hasta el año 2018, estableciendo germoplasma de alto potencial genético de ambas especies con las que se pretende desarrollar investigaciones a fin de generar paquetes tecnológicos que puedan transferirse a los agricultores de las zonas inmediatas a los lugares de establecimiento, de manera tal, que se promueva entre los productores el establecimiento de estos cultivos brindándoles material de propagación como la asesoría técnica necesaria, tratando de fomentar los sistemas agroforestales (SAF) como una alternativa de mitigación los embates del cambio climático. En conclusión se cuenta con cuatro colecciones de cacao criollo de aroma fino y con tres colecciones de *Coffea canephora*, los cuales estarán a disposición de quienes los demanden; finalmente y con el propósito de garantizar el riego en las colecciones de campo en la época seca se reactivó el pozo de la EEP, con una bomba sumergible de acero inoxidable y con motor sumergible, con un caudal de 140 GPM.

Palabras claves: café robusta, colecciones de campo, cacao criollo, clones.

1 Departamento de Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

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

SUMMARY

With the aim of establishing field collections of Creole cocoa and robust coffee, a process of collection of Creole cocoa was initiated in different locations in El Salvador of recognized tradition for the cultivation of cocoa. In addition, four clones of robust coffee (*Coffea canephora*) were acquired from the company INTERLAGOS S.A. DE C.V, from the Mexican company NSIP (Nature Source Improved Plants) and Arabica coffee plants 'cuscatleco' variety grafted in nemaya in PROCAFÉ. The cocoa collections were established at the Experimental Station (EEP) and Practices, university campus, San Pedro Nonualco and the Santa Clara Cooperative. With the cocoa germplasm collected, the establishment began from 2016 and coffee acquired until 2018, establishing germplasm of high genetic potential of both species with which it is intended to develop research in order to generate technological packages that can be transferred to Farmers from the immediate areas to the places of establishment, in such a way that the establishment of these crops is promoted among the producers, providing them with propagation material such as the necessary technical advice, trying to promote agroforestry systems (SAF) as an alternative mitigation The ravages of climate change. In conclusion, there are four collections of fine aroma Creole cocoa and three collections of *Coffea canephora*, which will be available to those who demand them; finally, and with the purpose of guaranteeing irrigation in the field collections in the dry season, the EEP well was reactivated, with a submersible stainless steel pump and with submersible motor, with a flow rate of 140 GPM.

Keywords: robust coffee, field collections, creole cocoa, clones.

INTRODUCCIÓN

La investigación dirigida a asuntos de conservación y uso sostenible requiere una cantidad permanente y creciente de recursos financieros que, además de las fuentes internas, debe complementarse con el apoyo de fuentes externas, tales como agencias de financiamiento, iniciativa privada y fundaciones, por tal motivo la conservación, prospección, recolección, caracterización, evaluación y documentación de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, son esenciales para alcanzar los objetivos de la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial; Plan de Acción Mundial para la Seguridad Alimentaria Mundial y para un desarrollo agrícola sostenible para las generaciones presentes y futuras, y que es necesario fortalecer con urgencia la capacidad del país (Nieto-Ángel 2007).

Los jardines botánicos y las colecciones de germoplasma tienen funciones poco conocidas, son considerados centros de investigación científica y fuente de materiales para la enseñanza y el intercambio de recursos genéticos. Los jardines botánicos se iniciaron en la Edad Media en los conventos como colecciones de plantas medicinales, luego como anexos en las escuelas de medicina. El café arábigo nativo de Etiopía fue llevado primero

a Yemen y luego al Jardín Botánico de Bogor en Indonesia y luego al Jardín Botánico de Amsterdam, llegando a París, posteriormente a las colonias de las Antillas, de donde el café se difundió a las Islas del Caribe, Centro y Sur América (CATIE 2007).

El Jardín Botánico y las colecciones de germoplasma de CATIE se iniciaron con el establecimiento del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en Turrialba, Costa Rica, en 1947. Desde el inicio de actividades se introdujo germoplasma de cultivos tropicales, especialmente de la Estación Experimental y Jardín Botánico de Lancetilla, Honduras (CATIE 2007).

Al iniciarse el programa de investigación en cacao y café al final de los años 40, se establecieron colecciones de campo para estos y otros cultivos, que aún se mantienen. La colección internacional de cacao es la única colección cuyo mantenimiento ha sido apoyado parcialmente con fondos externos, inicialmente por el American Cocoa Research Institute y World Cocoa Foundation y Cacao Net, la última una red global de conservación y uso de germoplasma de cacao que fue establecida en octubre de 2006, pero la colección original ya cuenta con 75 años de establecida (CATIE 2007).

En El Salvador, el CENTA ha sido la encargada de

mantener las colecciones de frutales con las especies y las variedades comerciales más importantes en las diferentes Estaciones Experimentales (Parada Berríos y Cruz Pineda 2002).

Es a partir del año 2005, que la Universidad de El Salvador comenzó esfuerzos en este tipo de actividad, siendo la conservación de especies nativas el fundamental esfuerzo de la misma y a partir de 2013 se inicia un esfuerzo por establecer colecciones de cacao y más recientemente de café robusta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

Las primeras colecciones se establecieron en el campus universitario en las zonas verdes de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ubicado en las coordenadas: 13°43'06" latitud norte y 89°12'11" longitud oeste con una elevación de 694 msnm. Las siguientes colecciones se establecieron entre el mes de mayo y octubre de 2018, una ubicada en el lote "la Granja" y otra ubicada en el lote frente a la Oficinas, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (EEP), ubicado en el cantón Tecualuya del municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, situado en el Km 52 de la carretera que va hacia el Puerto de La Libertad, con coordenadas geográficas de 13°28.3" latitud norte y 89°05.8" longitud oeste y una elevación de 50 msnm (Figura 1). La temperatura promedio anual de la zona es superior a los 26.5°C, registrándose la más alta entre los meses de marzo y abril mayores a 33°C y las mínimas de 21°C entre los meses de noviembre a enero. Humedad relativa media del aire es de 80% y precipitaciones acumuladas de entre 1500-1700 mm al año (MARN 2013).

San Pedro Nonualco

El Banco de Germoplasma se estableció en el caserío El Volcancito, cantón El Roble, municipio de San Pedro Nonualco, en el departamento de La Paz, con coordenadas geográficas 13°36'11.2" latitud norte

y 89°55'44.9" longitud oeste, con una altitud de 520 metros sobre el nivel del mar.

Cooperativa Santa Clara No. 2

La parcela asignada fue de 2 manzanas distribuyendo en dos áreas una para café robusta y arábica y la de cacao criollo con los clones Santa Clara. Con coordenadas 13°25'08.9" latitud norte y 89°04'53.3" longitud oeste y 12 metros sobre el nivel del mar ubicada en el municipio de San Luis Talpa, La Paz.

Trabajo de campo

Colecciones de cacao

Las plantas que se establecieron en las diferentes colecciones fueron producidas en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Para lograr el objetivo de tener una diversidad genética en las colecciones establecidas se realizaron las siguientes actividades (Figura 2):

1. **Adquisición de mazorcas de cacao para la producción de portainjertos.** Las mazorcas fueron adquiridas principalmente en Izalco, Sonsonate, comprándose a Don Jaime Arévalo, también en los cursos de Fruticultura y Cultivos Extensivos se les solicitaba a los estudiantes mazorcas y la gran mayoría se adquirieron en la Cooperativa Hacienda Santa Clara.
2. **Trabajo de vivero los días sábado.** Se organizaron grupos de trabajo en los cursos antes mencionados con estudiantes quienes los días sábados hicieron semilleros, llenaron bolsas, o hicieron siembra directa en bolsas, control de malezas, fertilizaciones y todas las actividades relacionadas al desarrollo de portainjertos sexuales.
3. **Giras de colecta.** Cuando se tuvieron los portainjertos con un grosor de 5 mm o más se iniciaron las giras de colecta a los lugares donde se reconoce hay tradición de cacao como Izalco, San Pedro Nonualco, Tenancingo y otros donde por pocos o un solo árbol con características de

criollo se visitó para verificar el origen de los mismos. En cada gira se colectaron varetas, las que se injertaron en los portainjertos producidos.

4. **Preparación de área de siembra.** Se efectuaron labores previas para la siembra como: control de malezas, desramado de árboles, ahoyados, siembra de sombras temporales y permanentes.
5. **Siembra de los árboles.** A partir del inicio de las lluvias se comenzó la siembra de los arbolitos con aproximadamente 20 cm de injerto desarrollado. El distanciamiento de siembra fue de 3 x 3 m a cuadro.

Colecciones de café robusta y arábica (Figura 2)

1. **Adquisición de las plantas de café arábica.** Las plantas de café arábigo se adquirieron en PROCAFÉ, totalizando 956 plantas de la variedad cuscatleco injertado sobre “Nemaya” como portainjerto que es un tipo de café robusta (*Coffea canephora*), con características de resistencia a nemátodos y con un sistema radicular extenso. Además se adquirieron 40 plantas de café robusta propagadas por semillas.

2. **Adquisición de clones de café robusta.** Se compraron cuatro clones de café robusta a la empresa INTERLAGOS, S.A. DE C.V, esta adquirió las plántulas a la compañía Mexicana NSIP (Nature Source Improved Plants), las cuales fueron producidas a través de tecnología *in vitro* y su desarrollo en viveros locales hasta alcanzar una altura de 40 cm y una edad de cuatro meses.
3. **Preparación de los terrenos y siembra.** A partir del mes de agosto de 2018, se comenzó la siembra del café, en dos parcelas de un aproximado de 4500 m², cada una. Para el caso del área frente a la granja, se inició con sombra cero, tomando la decisión de establecer sombra temporal y a la vez la sombra permanente con árboles de *Inga* spp. de un año de edad y distanciamientos 12 x 12 m, la sombra temporal colocada fue plátano en los entre surcos a distanciamientos de 3 x 3 m, gandul (*Cajanus cajan*) y crotalaria (*Crotalaria* spp.), estas dos últimas especies se establecieron entre los surcos a chorro seguido, siendo más eficiente el gandul por ser una especie semiperenne. El café arábica se sembró a 2 x 2 m y el café robusta a 3 x 3 m.

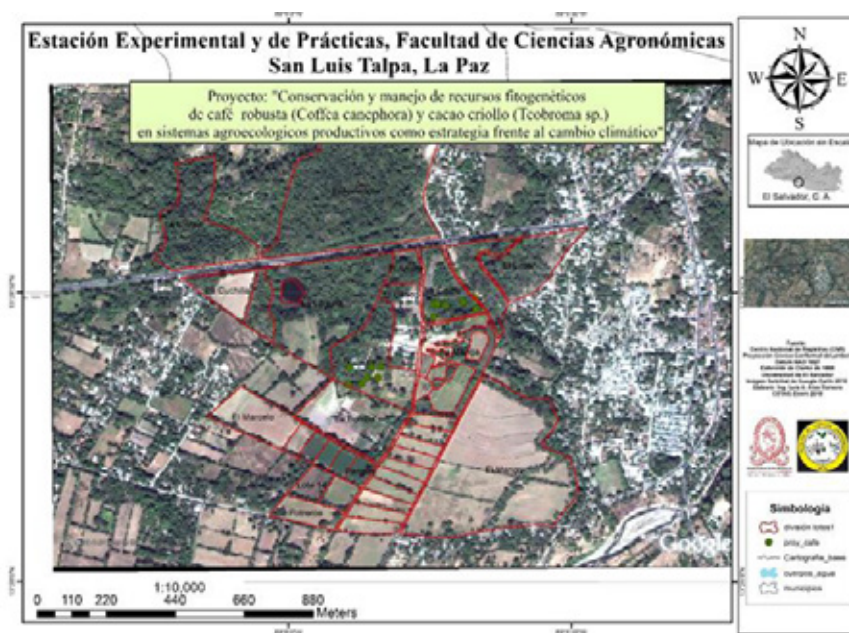


Figura 1. Ubicación general de las dos colecciones vivas establecidas en la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencia Agronómicas.



Figura 2. Establecimiento de bancos de germoplasma de café y cacao criollo. a) Clon FRT 06. b) Clon FRT 07. c) Clon FRT 09 d) FRT 23. e) elaboración de fosas de infiltración en EEP como preparación de la siembra de café y cacao. f) ahoyado y siembra de café y cacao en EEP. g) parcela sembrada de café y cacao. h) Banco de germoplasma en Cooperativa Santa Clara. i) Banco de germoplasma en campus de la UES. j) Banco de germoplasma de cacao en San Pedro Nonualco..

RESULTADOS

Como resultado del proyecto: “**Conservación y manejo de recursos fitogenéticos de café robusta y cacao criollo en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático**”, se establecieron las siguientes colecciones vivas:

1. **Banco de germoplasma en el campus Universitario de la UES.** En esta colección que fue la primera que se estableció, se cuenta con 52 clones de cacao criollo de almendra blanca en su mayoría colectados en diferentes localidades de El Salvador, producto de cuatro tesis de caracterización (Cuadro 1).
2. **Banco de germoplasma en la Estación Experimental y de prácticas de cacao y café.** Se

logra establecer 34 clones de cacao colectados en diferentes localidades de El Salvador, tal como se muestra en el cuadro 2, asimismo, se encuentran distribuidos en franjas con los cuatro clones de café y la variedad arábica injertada sobre nemaya, como se muestra en la figura 3 a y 3 b.

Con respecto a la siembra de café en la Estación Experimental se realizó un arreglo por surcos tal como se muestra en la figura 4, ya que entre más cerca estén los diferentes clones, mejor será la producción, considerando que *Coffea canephora* es una especie alógama, por lo que requiere del cruce de polen entre los mismos, y es otro de los motivos por los que se utilizan plantas clonadas.

Con el financiamiento de USAID, se logró reactivar el pozo con una bomba sumergible de acero inoxidable

Cuadro 1. Resumen de accesiones de cacao criollo establecidos en la colección de la Universidad de El Salvador.

Clon	Código	Cantidad	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
1	SAL 1	2	Hospital Nacional Dr. José Antonio Saldaña, Panchimalco	13°38'48.80"	89°11'44.26"
4	SAL 2	4			
5	SL 5	1	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'58.21"	89°09'7.48"
6	SL 6	7			
10	CVT 10	4	Ilobasco, Cabañas	13°57'4.61"	88°38'0.67"
14	CAL 14	2	Caluco, Sonsonate	13°42'55.7"	89°40'28.23"
16	SLT 16	2	Nejapa, San Salvador	13°47'13.92"	89°15'18.68"
17	SLT 17	1			
19	PDP 19	1	Ciudad Delgado, San Salvador	12°44'37.32"	89°08'59.21"
20	TNG 20	4	Tenancingo, Cuscatlán	13°43'10.38"	89°12'10.44"
23	TG 1	6	Tenancingo, Cuscatlán	13°50'59.3"	88°50'59.3"
24	TG 2	1			
25	TG 3	1			
27	ST 1	1	San Luis Talpa, La Paz	13°23'23.5"	89°04'38.4"
28	ST 2	1			
29	ST 3	1			
30	ST 4	1			
31	ST 5	1			
32	ST 6	1			
33	ST 7	1			
34	CD 1	2	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'22.2"	89°09'10.8"
35	CD 2	4			
36	CD 3	5			
195	ARC 1	1	Arcatao Chalatenango	14°05'11.8"	88°46'52.9"
198	ARC 4	1			
199	ARC 5	1			
210	SPN 210	1	San Pedro Nonualco, La paz	13°36'15.81"	89°56'42.07"
211	SPN 211	1			
CPS-22	CPS 22	5	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 22 (TG 1), Tenancingo, Cuscatlán	13°50'59.3"	88°50'59.3"
CPS-23	CPS 23	5	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 23 (TG 2), Tenancingo, Cuscatlán		
CPS-34	CPS 34	6	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 34 (CD 1), Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'22.2"	89°09'10.8"
CPS-36	CPS 36	7	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 36 (CD 3), Ciudad Delgado, San Salvador		
13	SC 13	1	San Luis Talpa, La Paz	13°25'31.32"	89°05'05.29"
17TN	17TN	7	Tenancingo, Cuscatlán	13°48'39.81"	88°58'80.38"
18TN	18 TN	1			
19TN	19 TN	3			
20TN	20 TN	1			
22TN	22 TN	1			
23TN	23 TN	1			
24TN	24 TN	1			
25TN	25 TN	1			
27TN	27 TN	1			
28TN	28 TN	4			
29TN	29 TN	1			
30TN	30 TN	1			

Clon	Código	Cantidad	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
31TN	31 TN	1	Tenancingo, Cuscatlán	13°48'39.81"	88°58'80.38"
32TN	32 TN	1			
33TN	33 TN	1			
34TN	34 TN	1			
2A	UES 2A	3	Universidad de El Salvador	13°43'19.50"	89°12'40.70"
CPS 2A	CPS 2A	24	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 2A (UES 2A), Polideportivo de la UES	13°43'19.50"	89°12'40.70"
Patashte	Patashte	21	Árboles de Patashte por semilla de don Jaime Arévalo, Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
Cushta	Cushta	11	Árboles de Cushta por semilla de don Jaime Arévalo, Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"

Cuadro 2. Resumen de accesiones de cacao criollo establecidos en la colección de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP)

Código de accesión	Cantidad	Sitio de colecta	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
UES 2 A	3	Universidad de El Salvador	13°43'19.50"	89°12'40.70"
4 JA	2	Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
5 JA	1			
6 JA	2			
7 JA	3			
10 JA	1			
11 JA	1			
12 JA	1			
13 JA	1			
14 JA	1			
17 JA	2			
19 JA	1			
22 JA	2			
26 JA	2			
27 JA	2			
28 JA	1			
30 JA	1			
34 JA	1			
36 JA	1			
37 JA	3			
39 JA	1			
41 JA	3			
42 JA	2			
17TN	2	Tenancingo, Cuscatlán	13°48'39.81"	88°58'80.38"
18TN	1			
20TN	1			
21TN	1			
22TN	1			
24TN	1			
25TN	1			
26TN	1			
28TN	1			
30TN	1			
35TN	2			

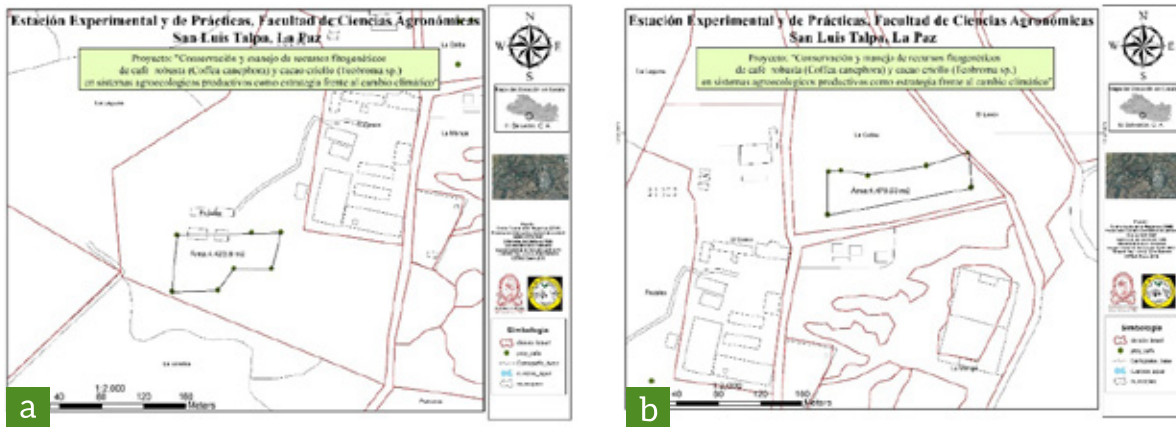


Figura 3. Ubicación de las dos parcelas de la colección de café y cacao criollo en la EEP. a) Lote frente a la granja. Y b) lote frente a las oficinas de la EEP.

Diseño de siembra de clones por sucro

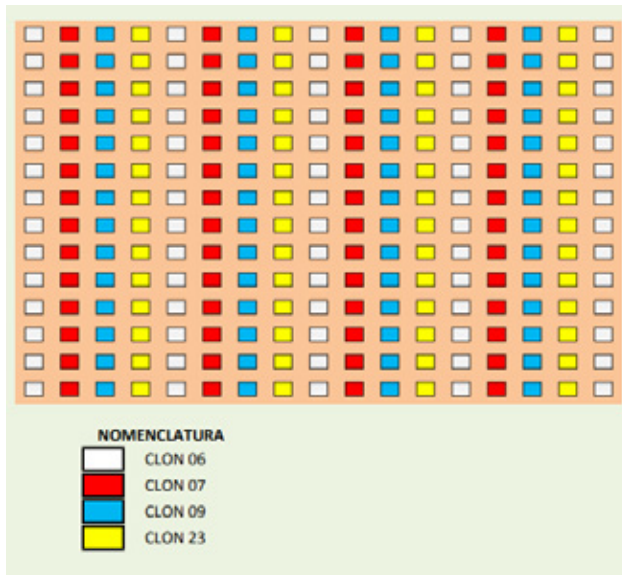


Figura 4. Diseño de la siembra de *Coffea canephora* en la Estación Experimental y de Prácticas, establecidos en el lote La Granja y Frente a las oficinas.

marca Pearl modelo GPWS230200 para un caudal de 140 GPM y una carga de 300 pies. Con motor sumergible de 20HP a 3500 rpm en 460 voltios trifásico, con este equipo se estará garantizando el riego de las colecciones de campo de café y cacao en la época seca y en las canículas interestivales, principalmente la que ocurre entre el 15 de julio y el 15 de agosto, es así como se le dará sostenibilidad a los bancos de germoplasma, garantizando la producción de cacao y material de propagación de excelente calidad.

3. Banco de germoplasma de San Pedro Nonualco.

En esta colección se logró establecer 34 clones de cacao criollo y 10 plantas de patashte, como se muestra en el cuadro 3. En la figura 5 y 6 se muestra el mapa general donde se ubica San Pedro Nonualco y un esquema de la distribución de los arbolitos en la parcela. Es importante mencionar que en San Pedro Nonualco se establecieron clones colectados en diferentes localidades y algunos árboles por semilla, de germoplasma considerado genéticamente con mayor pureza, como son los de almendra blanca, en el supuesto que la segregación genética es menor y se mantienen algunas de las características como el rendimiento de cosecha (Cuadro 3).



Figura 5. Mapa general de San Pedro Nonualco, La Paz

Cuadro 3. Resumen de accesiones de cacao criollo establecidos en la colección de San Pedro Nonualco.

Clon	Código	Cantidad	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
1A	1 A	2	Ciudad Delgado, San Salvador	89°09'10.9"	13°45'22.2"
18	TNG 18	5	Tenancingo, Cuscatlán	13°43'10.38"	89°12'10.44"
20	TNG 20	2			
CPS-N°36	CPS 36	1	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 36 (CD 3), Ciudad Delgado, San Salvador	13°34'47.90"	88°56'23.50"
26	ST	2	San Luis Talpa, La Paz	13°23'23.5"	89°04'38.4"
27	ST 1	3			
28	ST 2	2			
29	ST 3	4			
30	ST 4	3			
31	ST 5	8			
32	ST 6	2			
33	ST 7	1			
38	ST 8	1			
41	ST 9	1			
43	ST 10	1			
63	ST 14	1			
78	ST 15	2			
92	ST 19	2			
117	ST 22	1			
201	ARC 6	2	Arcatao, Chalatenango	14°05'11.8"	88°46'52.9"
203	ARC 7	1			
204	ARC 8	2			
205	ARC 9	1			
207	ARC 11	1			
210	SPN 210	2	San Pedro Nonualco, La paz	13°36'15.81"	89°56'42.07"
211	SPN 211	1			
CPS 198	CPS 198	2	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 198 (ARC 4), Arcatao, Chalatenango	13°34'47.90"	88°56'23.5"
CPS JA	CPS JA	16	Árboles de cacao criollo por semilla de los clones de Jaime Arévalo (JA), Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
46sv	46 SV	2	San Pedro Nonualco, La Paz	13°35'59.90"	88°55'52.00"
49sv	49 SV	1			
6	SL 6	1	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'58.21"	89°09'7.48"
10	CVT 10	1	Ilobasco, Cabañas	13°57'4.61"	88°38'0.67"
35	CD 2	1	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'22.2"	89°09'10.8"
CPS 2A	CPS 2A	39	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 2A (UES 2A), Polideportivo de la UES	13°43'19.50"	89°12'40.70"
Patashte	De semilla	10	Árboles de patashte por semilla de don Jaime Arévalo, Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"

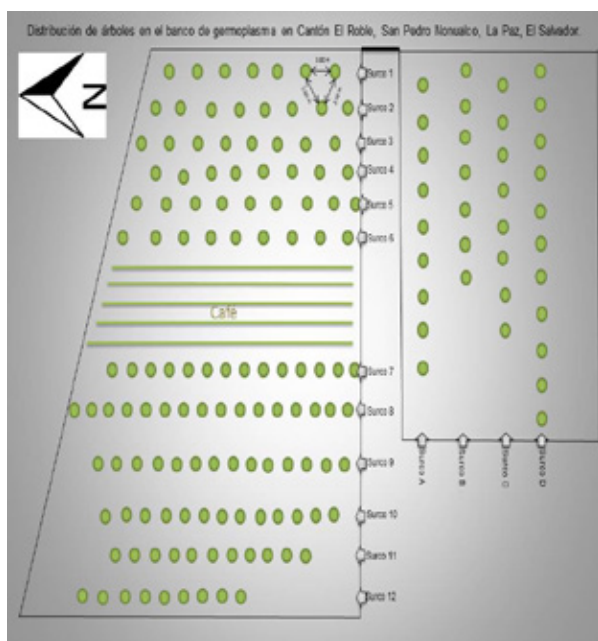


Figura 6. Esquema de parcela donde se estableció el Banco de Germoplasma de cacao criollo en San Pedro Nonualco, La Paz.

4. Banco de germoplasma de Cooperativa Santa Clara. En cuanto al establecimiento de la colección en la Cooperativa Santa Clara, se inició con la injertación 1200 plantas de cacao con el germoplasma colectado de la reserva forestal que se encuentra en la misma cooperativa considerando que este puede ser denominado como cacao de origen por tener más de 60 años de haberse establecido y que aún los asociados conociendo de su existencia desconocen el potencial genético del mismo por lo que fue necesario su propagación y por ende su rescate.

En el cuadro 4 se presenta todo el germoplasma establecido en la Cooperativa Hacienda Santa Clara, de los cuales se encuentran árboles llevados de la colecta realizada en otras localidades y se presenta el resto con codificación ST y un correlativo como árboles caracterizados originarios de la reserva forestal de la misma cooperativa. Se totalizan un número de 98 clones conservados en esa colección de los cuales 85 clones fueron los rescatados de la reserva en mención y que se evaluará su desempeño productivo en investigaciones futuras. Este germoplasma tiene el potencial de ser declarado como material “de origen”

y manejarse con su respectiva marca registrada.

Además del establecimiento de la colección de cacao criollo, también se estableció la colección de clones de café robusta y una parcela de café variedad cuscatleco injertado en “Nemaya”. En esta localidad los clones se establecieron utilizando otro diseño, alternando clones de dos en dos, como se muestra en la figura 8 y 9.



Figura 7. a, b y c) Estudiantes voluntarios, tesistas y de horas sociales injertando cacao en la Cooperativa Santa Clara.

Cuadro 4. Resumen de accesiones de cacao criollo establecidos en la colección de La Cooperativa Santa Clara No 2. San Luis Talpa, La Paz.

Clon	Código	Cant.	Sitio de colecta	Coordenadas		Clon	Código	Cant.	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud					Latitud	Longitud
2 A	UES 2 A	5	Universidad de El Salvador	13°43'19.50"	89°12'40.70"	89		7			
5	SL 5	3	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'58.21"	89°09'7.48"	91		1			
6	SL 6	6				92	ST 18	5			
10	CVT 10	2	Ilobasco, Cabañas	13°57'4.61"	88°38'0.67"	94		1			
18	TNG 18	5	Tenancingo, Cuscatlán	13°43'10.38"	89°12'10.44"	99		4			
20	TNG 20	12				102	ST 19	3			
23	TG 1	4	Tenancingo, Cuscatlán	13°50'59.3"	88°50'59.3"	110		1			
34	CD 1	2	Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'22.2"	89°09'10.8"	112	ST 21	1			
36	CD 3	3				117	ST 22	8			
27	ST 1	10				120		4			
29	ST 3	2				121		9			
31	ST 5	6				122		2			
37		9				123	ST 23	7			
39		5				125		1			
40		4				128		5			
41	ST 9	8				129		3			
42		5				131		4			
43	ST 10	5				133		1			
45		6				134		5	San Luis Talpa, La Paz	13°23'23.5"	89°04'38.4"
46		11				136		8			
47		7				137		1			
49		8				138		2			
53		6				139		5			
54		6	San Luis Talpa, La Paz	13°23'23.5"	89°04'38.4"	140		4			
55	ST 11	3				143		5			
56	ST 12	1				144		6			
58		8				145		8			
59		5				146	ST 24	10			
62	ST 13	3				148		9			
64		7				151	ST 25	4			
65		2				152		1			
66		5				153		4			
69		4				154		2			
70		7				155		10			
74		8				156		3			
80		1				157		4			
82	ST 17	6				158		1			
83		3									

Clon	Código	Cant.	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
160		6			
161		5			
162		8			
163		3			
165		12			
167		1			
168		6			
169	ST 26	3			
170	ST 27	1			
172		8			
173		2			
175		1	San Luis Talpa, La Paz	13°23'23.5"	89°04'38.4"
177		9			
179		6			
181		5			
182		8			
184		6			
189		5			
190		8			
191		2			
192		1			
193		2			
CPS 2A	CPS UES 2A	200	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 2A (UES 2A), Polideportivo de la UES	13°43'19.50"	89°12'40.70"
CPS JA	CPS JA	50	Árboles de cacao criollo por semilla de los clones de Jaime Arévalo (JA), Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"
CPS 34	CPS 34	3	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 34 (CD 1), Ciudad Delgado, San Salvador	13°45'22.2"	89°09'10.8"
CPS 36	CPS 36	3	Árboles de cacao criollo por semilla del clon 36 (CD 3), Ciudad Delgado, San Salvador		
Patashte	Patashte	10	Árboles de patashte por semilla de don Jaime Arévalo, Izalco, Sonsonate	13°44'03.1"	89°40'48.9"

Clon	Código	Cant.	Sitio de colecta	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
Café arábica	Cuscatleco/ Nemaya	200			
Café robusta	4 clones	100			

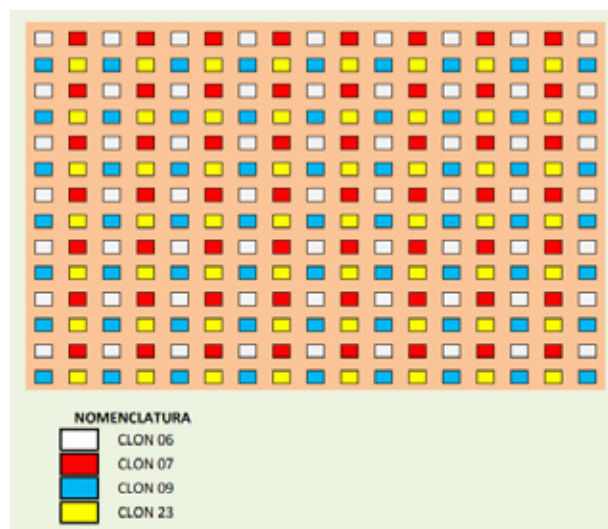


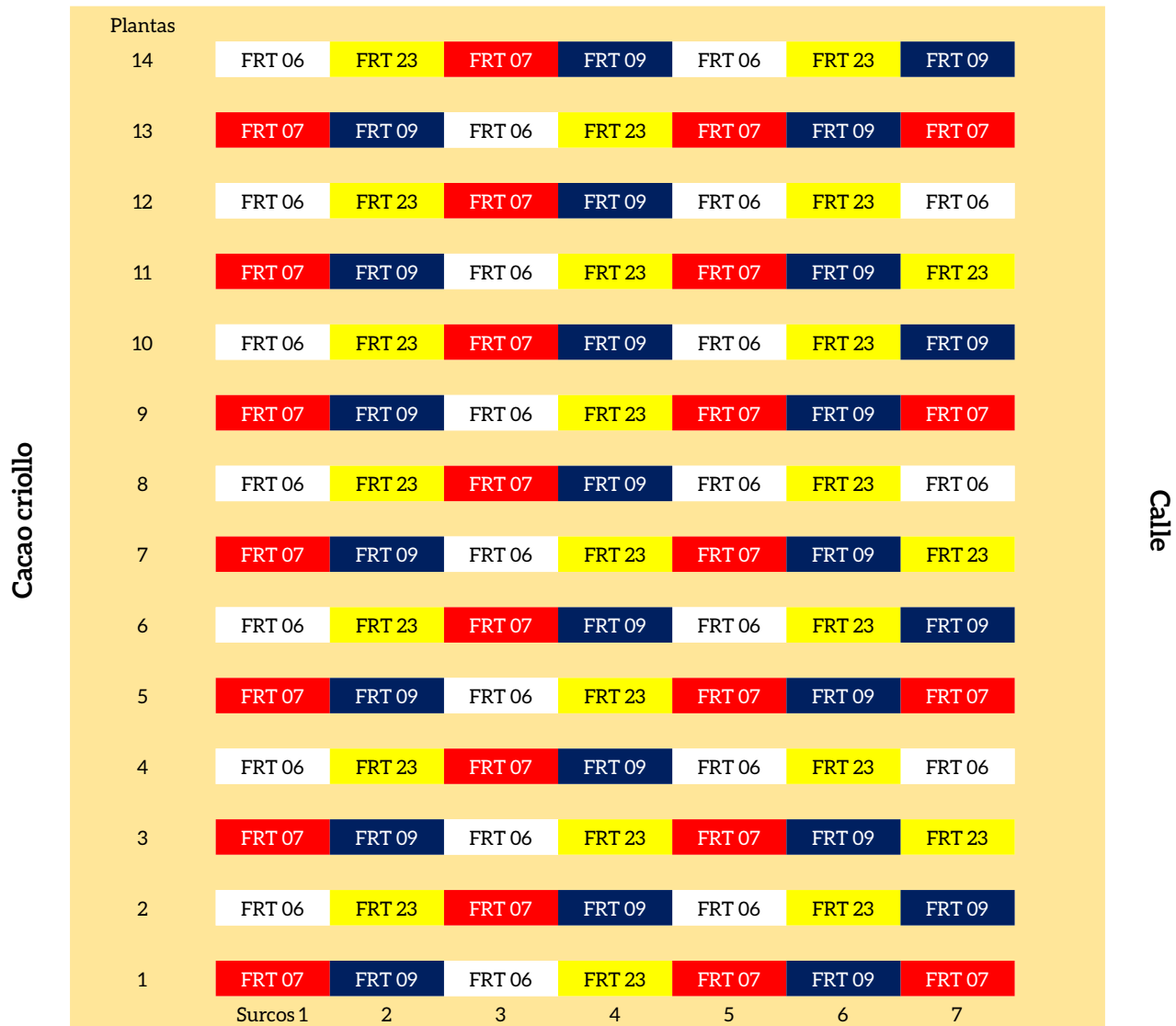
Figura 8. Arreglo de la siembra de *Coffea canephora* alternando clones de dos en dos, en la Cooperativa Hacienda Santa Clara.

CONCLUSIONES

Se cuenta con cuatro bancos de germoplasma de cacao y tres de café robusta, con este germoplasma se iniciará un programa de investigación a fin de generar paquetes tecnológicos integrales para transferirlos a los productores interesados en estos cultivos tomando en cuenta su aptitud de requerir sombra por lo que se constituirán en cultivos altamente rentables y ecológicamente amigables, asimismo, serán la base para iniciar programas de divulgación que enmarquen la adopción y formación de productores en el manejo estos nuevos cultivos.

Más del 60% de la zona costera cuenta con áreas planas a semiplanas, suelos fértiles y que permiten el laboreo mecanizado, por lo tanto, el esfuerzo que realiza la Hacienda Santa Clara, con el apoyo de la Universidad de El Salvador, en la adopción de nuevos cultivos como el cacao (iniciado en el 2016) y café robusta (2018), son basados en el principio de adopción de cultivos: " **el cultivo debe de ser rentable**

Vivienda



Café arábica (Var. Cuscatleco)

Figura 9. Mapa de clones de Café robusta establecido en la Cooperativa Santa Clara distanciamiento (3.0 X 3.0 m)

y amigable al ambiente”, los que se constituyen como la base fundamental de quienes se proyectan y encuentran gran potencial en el café robusta y cacao.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, según acuerdo de cooperación número 0214405-62018-003-00 entre el Proyecto de USAID y la Universidad de El Salvador, Centro América.

BIBLIOGRAFÍA

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2007. Asegurando Nuestro Futuro. Colecciones de germoplasma del CATIE. Turrialba, Costa Rica. 204 p.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2013. Información meteorológica: Servicio Meteorológico Nacional. San Salvador, El Salvador.

Nieto-Ángel, R. 2007. Frutales Nativos. Un recurso fitogénético de México. Universidad Autónoma de Chapingo. Km 38.5, Carretera México-Texcoco. 270 p.

Parada Berríos, FA; Cruz Pineda, E. 2002. Bancos de germoplasma como material de Propagación de frutales diversificados en los cedas del CENTA. Informe memoria Institucional. Inédito.



<https://revistaagrocienza.wordpress.com/>



Nota Técnica

Procesamiento artesanal de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café (*Coffea arabica*)

Handmade processing of cocoa (*Theobroma cacao* L.) and coffee (*Coffea arabica*)

Chávez-Santamaría, JD¹; Rodríguez-Urrutia, EA²; Molina-Escalante, MO³; Lovo Lara, LM⁴.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar, mejorar y estandarizar los métodos de procesamiento de subproductos de cacao y obtener una fórmula comercial manteniendo la calidad en el porcentaje de mezcla de cacao, azúcar y otros ingredientes, se inició un proceso de transformación artesanal del cacao y del café entre los meses de febrero y diciembre de 2018. Asimismo, se consideró de importancia hacer análisis de calidad de grano producido y almacenado en los diferentes lugares de suministro y su rendimiento. Este esfuerzo se llevó a cabo en la Planta de Procesamiento Agroindustrial (PPA), de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP), de la Facultad de Ciencias Agronómicas. La adquisición del grano de cacao seco se realizó en los mercados de San Luis Talpa y San Pedro Masahuat, La Paz; y el mercado del municipio de Mejicanos, San Salvador. El procesamiento de los diferentes productos se realizó de manera artesanal y semi industrial. Los productos elaborados fueron: tablilla de chocolate, tablilla de chocolate con café y bombones de chocolate negro y bombones rellenos. Como resultado se formuló un producto nuevo como lo es la tablilla de cacao/café como una forma novedosa para los diferentes productores y grupos emprendedores de la zona además se estandarizó y mejoró los métodos artesanales de procesamiento de los subproductos de derivados de cacao para una mejor rentabilidad de los productos.

Palabras claves: Cacao, café, chocolate, tablilla, bombones, procesamiento artesanal.

SUMMARY

In order to evaluate, improve and standardize the methods of processing cocoa by-products and obtain a commercial formula while maintaining quality in the percentage of cocoa, sugar and other ingredients, a process of artisanal transformation of cocoa and coffee was initiated between the months of February and December 2018. Likewise, it was considered important to make quality analysis of grain produced and stored in the different places of supply and their performance. This effort was carried out in the Agroindustrial Processing Plant (PPA), of the Experimental and Practices Station (EEP), of the Faculty of Agronomic Sciences. The acquisition of dry cocoa beans was made in the markets of San Luis Talpa and San Pedro Masahuat,

- 1 Tesista, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
- 2 Departamento de Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
- 3 Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
- 4 Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

La Paz; and the market of the municipality of Mejicanos, San Salvador. The processing of the different products was done in an artisanal and semi industrial way. The elaborated products were: chocolate bar, chocolate bar with coffee and dark chocolate chocolates and filled chocolates. As a result, a new product was formulated, such as the cocoa / coffee tablet as a novel form for the different producers and entrepreneurial groups in the area, as well as the traditional methods of processing cocoa derivatives by-products for a better standardization and improvement of product profitability.

Keywords: Cocoa, coffee, chocolate, clipboard, bonbons, artisanal processing.

INTRODUCCIÓN

La industria del procesamiento de productos de cacao en El Salvador tradicionalmente ha sido deficiente, debido al poco conocimiento de procedimientos y estándares para producir y formular un producto derivado del cacao de calidad, nutritivo y rentable, aparte de la poca producción de cacao y manejo de fermentación por el sector cacaotero según FUNDESYRAM (2015).

La agroindustria del cacao es una actividad que está nuevamente estimulando el interés de muchos productores, viendo su potencial a futuro, ya que constituye una oportunidad para el desarrollo, como un nuevo rubro de generación de ingresos y trabajo.

Según Kalvatchev *et al.* (1998) durante la fermentación, la pulpa provee el sustrato para varios microorganismos que son esenciales para el desarrollo de los precursores del sabor a chocolate, los cuales son expresados completamente después, durante el proceso de tostado.

La etapa de transformación es la que mayor cantidad de recursos tecnológicos requiere, incluye los procesos de limpieza, tostado, descascarillado, trituration, molienda y prensado. El tostado es el proceso térmico que se realiza en un tostador con la finalidad de desarrollar las características de aroma y sabor preformadas durante la fermentación, estos aromas y sabores finales formados son los que habitualmente apreciamos en los productos de chocolate según López (s.f.).

La Estación Experimental y de Practicas (EEP), de la Universidad de El Salvador en el desarrollo de su función social impulsa actividades de

emprendedurismo capacitando en primer orden a los productores de las mancomunidades de los municipios del departamento de La Paz, conocida como “Los Nonualcos”; durante este proceso se ha capacitado en técnicas de estandarización de fórmulas en productos de cacao como una forma de impulsar las diferentes actividades de la cadena de valor de este cultivo en la zona y mejorar procedimientos en las actividades de procesamiento, fórmulas comerciales e inocuidad de productos de cacao. En este proceso se involucra otros sectores como los jóvenes (mujeres y hombres) de centros escolares, colegios, alcaldías, no solo de La Paz, sino, de todo el país en función de capacitar y generar competencias de transformación de materia prima de forma integral en diferentes estratos de población.

Por otra parte, uno de los eslabones de la cadena de valor de los cultivos como el cacao y café es la transformación del producto como complemento a las actividades del proyecto: **“Conservación y manejo de recursos fitogenéticos de café robusta (*Coffea canephora*) y cacao criollo (*Theobroma sp.*) en sistemas agroecológicos productivos como estrategia frente al cambio climático”**, con el cual se inició un proceso integral y sistemático de producción en la EEP de ambos cultivos, capacitando productores en toda la cadena de valor.

La estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador con el apoyo de USAID implementa un plan de fortalecimiento para que los productores locales conozcan los procedimientos de fermentación, secado y procesamiento para fabricar de manera semi-industrial productos de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El procesamiento artesanal del cacao y del café se realizó entre febrero y diciembre de 2018, en la Planta de Procesamiento Agroindustrial (PPA) de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP), de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (UES), la cual se encuentra ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, en el departamento de La Paz, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 32° C.

Adquisición del grano de cacao

La adquisición del grano de cacao para todos los procesos se llevó a cabo en los mercados del municipio de Mejicanos a un precio de \$2.00 por libra de grano seco; en el mercado del municipio San Luis Talpa al precio de \$1.75 por libra y en el mercado de San Salvador a un precio de \$2.25 por libra (Cuadro 1). Entre las características en común del grano comprado en los diferentes municipios: no es grano fermentado, sino, que el grano fue lavado y secado, no obstante, se elaboraron productos con una calidad aceptable para ese tipo de grano. Asimismo, se adquirió una cantidad de mazorcas de cacao en la finca de Don Otoniel López Beltrán, en el municipio de san Pedro Nonualco, al cual se le realizó el proceso de fermentación y secado para utilizarse en los diferentes procesos.

Cuadro 1. Comparativa de precios de grano de cacao en El Salvador

Mercado	Precio	Característica
San Salvador	\$2.25	no fermentado
Mejicanos	\$2.00	no fermentado
San Luis Talpa	\$1.75	no fermentado

Fermentación de cacao

Este proceso se llevó a cabo en la Planta de Agroindustria de la Estación Experimental y de Prácticas, a fin de medir los parámetros observados durante esta etapa y para enseñarles a los productores de la zona como mejorar la calidad del cacao como materia prima para elaborar chocolate de calidad.

El proceso se llevó a cabo en cajones tipo escalera de madera de cedro con dimensiones de 40 cm de ancho, 40 cm de altura y 100 cm de largo (Figura 1) durante 5 días, tiempo durante el cual se midieron diferentes parámetros como temperatura, grados brix y pH, a fin de identificar todos los cambios químicos que se dan durante el proceso y que impactan en el sabor y calidad del grano (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medición de parámetros de fermentación del cacao

Día	Temperatura	Grados brix	pH
1	50°C	15%	3.7
2	50°C	15%	3.5
3	45°C	14%	3.2
4	45°C	10%	3.2
5	40°C	8%	3.2



Figura 1. Cajas fermentadoras de cacao con madera de cedro. Adquiridas con apoyo del proyecto cacao-café (USAID)

Secado de cacao

El secado se realizó en la planta de agroindustria durante 5 días; los primeros dos días durante 5 horas por la mañana para evitar el sol fuerte y los otros 3 días secado bajo techo haciendo remoción para un secado uniforme, esto se hizo utilizando zarandas y haciendo pruebas de frotación de granos que es una manera práctica de determinar el contenido de humedad presente en el grano fermentado, ya que, si produce un ruido seco o chasquido significa que ya está suficientemente seco y listo para procesarlo (Figura 2).



Figura 2. a y b) Proceso de secado del grano de cacao en zaranda

Elaboración artesanal de tablilla de chocolate

El chocolate en tablilla es la combinación de cacao, azúcar, nuez moscada y canela (Cuadro 3), que se utiliza para preparar una bebida de chocolate caliente. En el Cuadro 3 se describe la cantidad de cada uno de los ingredientes de una tablilla de chocolate, en gramos.

Cuadro 3. Ingredientes de una tablilla de chocolate.

Ingredientes	Cantidad (gramos)
Cacao tostado	27
Azúcar	63
Canela	0.35
Nuez Moscada	0.3

El procedimiento para la fabricación artesanal de tablilla de chocolate (Figura 3) es el siguiente:

1. Selección y limpieza del grano seco de cacao.
2. Tostado del grano seco de cacao a temperatura de 130° C por 20 minutos.
3. Separación de la cáscara del grano tostado de cacao en forma manual.
4. Mezclado y homogenizado de los ingredientes (cacao tostado, azúcar, nuez moscada y canela).
5. Molido los ingredientes.
6. Amasado y moldeado.
7. Empacado en papel aluminio para su almacenado.



Figura 3. a y b) Jóvenes emprendedores aprendiendo la elaboración de tablilla de chocolate para bebida caliente.

Procesamiento artesanal de tablilla de chocolate con café

El chocolate con café en tablilla elaborada fue la combinación de cacao, café, azúcar, nuez moscada y canela; se utilizó para preparar una bebida de chocolate con café caliente. La cantidad de ingredientes de una tablilla de chocolate con café se detallan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Composición de una tablilla de chocolate con café.

Ingredientes	Cantidad (gramos)
Cacao tostado	27
Café tostado	9
Azúcar	63
Canela	0.35
Nuez Moscada	0.30

El procedimiento para la fabricación artesanal de tablilla de chocolate con café (Figura 4) es el siguiente:

1. Selección y limpieza de los granos secos de cacao y café.
2. Tostado de los granos de cacao a una temperatura de 130° C por 20 minutos.
3. Tostado de los granos de café a una temperatura de 200° C por 30 minutos.
4. Separación de la cáscara del grano tostado de cacao en forma manual.
5. Mezclado y homogenizado de los ingredientes (cacao tostado, café tostado, azúcar, nuez moscada y canela).
6. Molido de los ingredientes.
7. Amasado y moldeado.
8. Empacado en papel aluminio para su almacenado.



Figura 4. a y b) Mujeres emprendedoras aprendiendo la elaboración de tablilla de Chocolate con café para bebida caliente.

Procesamiento artesanal de bombones de chocolate

El término bombón es el que se utiliza normalmente para designar a un tipo de confitura hecha a base de cacao, azúcar y lecitina de soya como emulsificante (Cuadro 5). El bombón por lo general tiene un tamaño

pequeño y en la gran mayoría de los casos se realiza con chocolate, aunque también se pueden encontrar bombones de otros productos como leche y manteca de cacao, otros.

Cuadro 5. Ingredientes de los bombones de chocolate.

Ingredientes	Cantidad (gramos)
Cacao tostado	18
Manteca de cacao	3.50
Azúcar	14.50
Lecitina de soya	0.50

El procedimiento para la elaboración artesanal de los bombones de chocolate es el siguiente:

1. Conchado o refinado por 48 horas como mínimo para mejorar el tamaño en micras de la pasta, y para mezclar los demás aditivos como el azúcar y la lecitina de soya.
2. Temperado o templado, es la técnica que consiste en hacer pasar el chocolate por distintas temperaturas entre 40° a 50° C de calentamiento, luego enfriarlo a 29° C hasta conseguir la consistencia ideal para la fabricación de bombones. Esta consistencia viene dada por la cristalización de las moléculas de la manteca de cacao.
3. Moldeado.
4. Empacar y almacenar a temperatura de 16° C para su conservación.

Equipos y utensilios para los diferentes procesos

Conchadora o refinadora (Figura 5): se utiliza para refinar la pasta de cacao, además de eliminar sabores ácidos y mejorar la untuosidad del producto.



Figura 5. a) Conchadora o refinadora. b) Refinadora en uso.
 Equipo adquirido en el proyecto cacao-café USAID

Atemperadora (Figura 6): es un equipo que sirve en el proceso de fabricación de bombones para mejorar la textura, brillo, crocancia y cristalizar la manteca de cacao que son factores fundamentales para fabricar bombones. El tiempo estimado para este proceso es 40 minutos para lograr los cambios de temperatura adecuados para el proceso.



Figura 6. a) Atemperadora. Equipo adquirido en el proyecto cacao-café USAID. b) Manteca de cacao luego del proceso en la atemperadora.

Molino industrial (Figura 7): se utiliza para moler el grano de cacao para obtener la pasta y luego refinar para bombones o mezclar con otros ingredientes para fabricar tablilla.



Figura 7. a) Molino industrial. b) Pasta de cacao molido en el molino.

Fogón de ocho quemadores: utilizado para llevar a cabo el proceso de tostado del grano seco durante un tiempo estimado de 20 a 30 minutos que requiere el proceso.

Basculas digitales: se utiliza para estandarizar productos por peso exacto en el proceso de formulación.

Brixometro: se utiliza para medir la concentración de azúcares en el proceso de fermentación de cacao.

Cacerolas: utilizadas para el tostado de grano de cacao y café y temperado de pasta.

Paletas de madera: se usan durante el proceso de molido y mezclado del grano de cacao.

Mesas de acero inoxidable: se utilizan durante todo los procedimientos de fabricación de los diferentes productos de cacao.

Papel aluminio: utilizado para envoltura de producto.

Bolsas plásticas: se usan para empacado de producto

Huacales grandes: se usan para pesado de materia prima durante el proceso.

Moldes de silicón: se utilizan para darle forma estética al producto.

RESULTADOS

Fermentación de cacao

Con el procedimiento de fermentación se logró identificar el rendimiento y calidad que se obtiene con respecto al grano que se compró en los diferentes mercados, el cual es solamente lavado y secado (Cuadro 6).

Los resultados obtenidos en rendimiento fueron mejores con los granos fermentados ya que fue una muestra con mayores cuidados desde la selección de los frutos sometidos al proceso de fermentación, mientras que en las muestras obtenidas en los

Cuadro 6. Comparación de rendimiento de diferentes tipos de cacao

Tipo de grano	Característica (sabor)	% de rendimiento	Rendimiento de producto
Mercado de Mejicanos	muy amargo	60%	1:3:4
Mercado de San Salvador	amargo	70%	1:3:4
Mercado de San Luis Talpa	amargo	70%	1:3:4
Grano fermentado	amargo agradable	100%	1:3:4

diferentes mercados presentaban entre el 30 y 40% de impurezas, afectando así el rendimiento a la hora del pesado en bruto. Con respecto al rendimiento del producto como se observa en el cuadro 6 se establece una relación de 1:3:4 que significa que por 1 kg de cacao seco, más la adición de 3 kg de azúcar se obtienen 4 kg de tablilla equivalente a 66 piezas de chocolate de 60 gramos cada una.

Chocolate para bebida tradicional

En el caso de la tablilla tradicional elaborada con cacao proveniente de los diferentes mercados, se realizó la comparación con la tablilla elaborada con el cacao fermentado (Figura 8), se hicieron pruebas organolépticas para determinar cuál de las cuatro

tablillas tenía la mejor aceptación y con ayuda de los productores, estudiantes y trabajadores de la EEP se determinó que la tablilla elaborada con cacao fermentado obtuvo el 100% de aceptación, mientras las otras 3 muestras solo obtuvieron el 40% de aceptación (Cuadro 7).

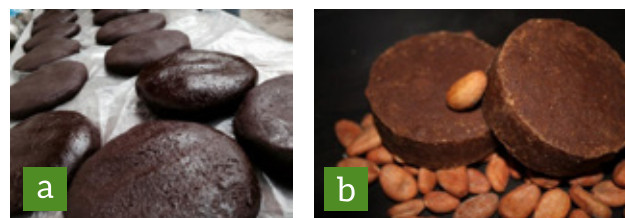


Figura 8. a y b) Tablilla de chocolate terminada y lista para su preparación con agua.

Cuadro 7. Comparación de tablilla con cacao de diferente procedencia en El Salvador.

Producto	Aceptación	No. de personas	% de aceptación
Tablilla elaborada con cacao del mercado de Mejicanos	baja	15	40%
Tablilla elaborada con cacao del mercado de San Salvador	baja	15	40%
Tablilla elaborada con cacao de San Luis Talpa	baja	15	40%
Tablilla elaborada con cacao fermentado	alta	15	100%

Las características de este producto de cacao quedo estandarizado con un peso de 60 gramos por tablilla con un porcentaje representativo de cada ingrediente de 40% de cacao, 58% de azúcar, 1% de canela, 0.70% de vainilla y 0.3% de nuez moscada.

Chocolate más la adición de café para bebida

Se elaboró una nueva modalidad de tablilla de cacao con café como un producto novedoso logrando la aceptación de las personas participantes en la degustación del producto.



Figura 9. a) Semillas de cacao y café; b) Tablilla de chocolate con café terminada y listo para su preparación con agua.

Con respecto a la tablilla de cacao y café se logró estandarizar el producto con porciones de 60 gramos

por tablilla y 40% de grano de cacao, 54% y 4% de café en polvo, 1% de canela, 0.7% de vainilla y 0.3% de nuez moscada.

Bombones de chocolate negro

Se obtuvo una nueva formulación de bombones, estandarizando un peso de 10 gramos por producto, con una relación de 63% de pasta de cacao, 7% de manteca de cacao, 29% de azúcar y 1% de lecitina de soya (Figura 10). Logrando una aceptación del 70% en las personas seleccionadas para las pruebas de degustación.

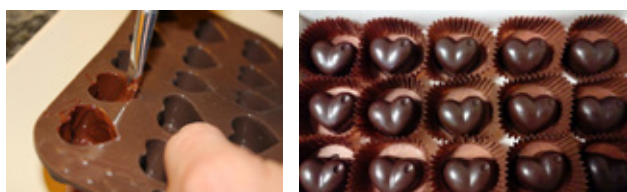


Figura 10. Bombones de chocolate.

CONCLUSIONES

Con respecto a la fermentación realizada se logró mejorar la calidad del grano y rendimiento para el proceso de fabricación de productos, asimismo, la tablilla tradicional fabricada con grano fermentado logro superar a la tablilla elaborada con cacao de los diferentes mercados en calidad y aceptación.

El producto novedoso de tablilla cacao con café obtuvo una buena aceptación con las personas participantes en la degustación.

Con la elaboración de bombones de chocolate se logró capacitar sobre los procedimientos de la fabricación de este producto a los diferentes grupos de personas que participaron en las actividades de emprendedurismo a partir de grano fermentado y sus ventajas sobre el grano lavado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero del Proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, según acuerdo de cooperación número

0214405-62018-003-00 entre el Proyecto de USAID y la Universidad de El Salvador, Centro América.

BIBLIOGRAFÍA

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.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2012. Calidad de cacao en Centroamérica: un vistazo a la situación en 2009. Compilado por Marilyn Villalobos Rodríguez y Shirley Orozco Estrada. 1ª ed. Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Reuniones Técnicas/CATIE; No. 17). 88 p.

Dubón, A; Sánchez, J. 2011. Manual de Producción de Cacao. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Honduras). 1ª Ed. La Lima, Cortés. 208 p.

FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental, El Salvador). 2018. Situación Actual del cacao. (en línea). Consultado 04-feb-2019. Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=4421>

INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador). 2009. Entorno Ambiental, Genética, Atributos de calidad y Singularización del cacao en el nororiente de la provincia de Esmeraldas. Fredy Amores, Ángela Palacios, Juan Jiménez y Dapeng Zhang. Boletín Técnico N.135. QUEVEDO LOS RIOS. ECUADOR.100 p.

López, V. sf. Procesamiento del cacao y requerimientos tecnológicos involucrados. CNTQ (Centro Nacional de Tecnología Química, Bolivia). sf. 3 p.

Zalvatchev, Z; Garzaro, D; Guerra, F. 1998. *Theobroma*

cacao L.: un nuevo enfoque para la nutrición y salud. Agroalimentaria. IVIC (Instituto Venezolano de Investigación Científica, Venezuela). N.6. p 23-25.

Normas de publicación en Revista Agrociencia

Estructura del Artículo Científico

Para la publicación de los resultados de investigación, es necesario tener una estructura eficaz y acorde con las necesidades concretas. Existen varios tipos de estructuras dependiendo de la revista científica y su especialización, aquí se tratará sobre el artículo original o artículo científico.

A pesar de que cada revista tiene sus propias normas de publicación, la estructura del artículo generalmente es común a todas ellas, variando únicamente la forma de presentación, extensión de las partes o algunas pequeñas características relacionadas con el formato. Las normas de publicación incluyen tipo de letra, interlineado, idiomas del título y del resumen, situación de las palabras clave, formato de las citas bibliográficas. En este sentido, los apartados fundamentales que debe presentar un artículo científico son los siguientes:

Nombre de la Investigación

Este es un componente muy importante del artículo, debido a que es probable que se publique como recurso bibliográfico, en bancos de datos, en la página de Internet y en la literatura citada de otros artículos. Quién encuentre el título por uno de estos medios decidirán, basándose exclusivamente en su contenido, si deben o no obtener una copia del artículo, debido que describe el contenido del artículo (naturaleza del estudio, sujeto u objeto experimental y enfoque técnico) en forma específica, clara, exacta, breve, honesta y concisa, de tal forma que el lector

identifique el tema fácilmente.

A pesar que no hay una regla única sobre la longitud mínima, máxima u óptima del título en cuanto al número de palabras, la longitud promedio varía en diferentes revistas examinadas recientemente, considerando como promedio 14 palabras (9 mínimo a 20 como máximo). El título no debe contener abreviaturas, fórmulas químicas o nombres comerciales. Usar letra mayúscula únicamente en la primera letra del título (a menos que se trate de nombres propios). Si se incluye un nombre científico, es imperativo que el lector sepa de qué tipo de organismo se trata.

Autores

Un aspecto muy importante es el nombre y apellidos de los investigadores, generalmente se tienen dos apellidos y nombres, por lo tanto deberán colocarse los dos apellidos unidos por un guión. Cuando hay más de un autor estos deben estar separados por comas y los nombres de los autores colocando únicamente las iniciales. El o los docente directores de tesis, deberá estar al final del total de autores del artículo científico. Después del nombre y apellido de cada autor hay que colocar un número arábigo como superíndice, para indicar la dirección de la institución y se indicará con el número uno (1), el autor al cual se le debe dirigir la correspondencia. A los docentes y otros profesionales directores de tesis deberá colocar el número dos (2), el cargo y la dirección de la Unidad académica o de trabajo a la cual pertenecen, la Universidad o Institución laboral y el país. Las direcciones deberán ir en nota separada al pie de página.

Resumen y palabras claves

La mayoría de las revistas científicas, exigen un resumen en varios idiomas sobre el contenido del artículo. La importancia del “Resumen o Abstract” se refleja en la existencia de bases de datos en bibliotecas u otros Centros de Información, donde únicamente aparece el título y el resumen del artículo. Con la proliferación de bases de datos digitales, esta característica se ha convertido en universal.

El resumen, debe ser lo suficientemente sucinto e informativo para permitir al lector identificar el contenido e interés del trabajo y poder decidir sobre su lectura. El resumen debe estar escrito en el pasado y hacer referencia al lugar y fecha de ejecución; además, debe contener el procedimiento metodológico del trabajo, sus principales resultados y conclusiones. Debe dejarse bien claro el hallazgo principal del trabajo y se deben presentar datos numéricos de los resultados sin incluir subtítulos, cuadros, figuras, abreviaciones, referencias bibliográficas y no deben separarse los párrafos. Además, indicar la probabilidad de la prueba estadística entre paréntesis por ejemplo ($p \leq 0.01$) y cuando sea pertinente también el valor calculado ($r = 0.9$; $X^2 = 2$). Evitar expresiones: “En este artículo se presentan o discuten...”

Generalmente los aspectos relacionados con el resumen suelen estar limitados por las normas editoriales. Normalmente no debe superar las 250 palabras y tampoco ser inferior a 150 e incluir una traducción al idioma inglés.

Al final del resumen deben incluirse una serie de términos denominados “Palabras clave” (Key words) por las que el artículo será incluido en los Thesaurus y bases de datos. La búsqueda en los bancos de bibliografía suele

realizarse precisamente por estas palabras clave, siendo importante elegir las adecuadamente. Habitualmente se incluyen los taxones estudiados (de mayor a menor rango), el campo de estudio y las regiones geográficas estudiadas (de menor a mayor rango). El número indicado es de 3 a 8 palabras clave o frases cortas (lexemas) y la primera letra de la primera palabra clave en mayúscula. Ordenarlas por orden de importancia.

1. Introducción

Describe el interés que tiene el tema en el contexto científico del momento, así como una breve reseña del estado actual de los conocimientos en este campo, incluyendo las referencias bibliográficas más importantes. Además, se refiere a los trabajos previos que se han hecho sobre el tema. No necesariamente debe ser muy extensa y debe responder a la pregunta de “porqué se ha hecho este trabajo”. La Introducción es una revisión bibliográfica previa, en la cual todas las afirmaciones van sustentadas por citas bibliográficas, pero no debe confundirse con la introducción de la tesis u otros documentos. Hay que tener presente que el último párrafo se resume el objetivo del estudio. La introducción hace las funciones de revisión de literatura, la cual debe incorporarse al texto según las normas técnicas vigentes del IICA.

2. Materiales y Métodos

En esta sección se responde a la pregunta de “cómo se ha hecho el estudio” y es la escritura del diseño de la investigación la cual debe incluir la ubicación de la investigación en espacio y

tiempo, condiciones climáticas y de suelo, las unidades en estudio, la toma de datos, estudios económicos, el análisis estadístico (variables en estudio, modelos y pruebas estadísticas). Los métodos establecidos y bien conocidos se indican mediante citas bibliográficas. Se detalla el uso de productos químicos (nombres genéricos) y datos de dosis. Para los equipos de presión, se debe señalar tipo, marca y modelo.

3. Resultados y Discusión

Es la presentación ordenada de los hallazgos que es la verdadera contribución de la investigación. Se pueden presentar en el texto, cuadros, figuras o ilustraciones, para ello hay que utilizar el medio más claro, adecuado y económico. Se debe tener el cuidado de citar dentro del texto las figuras, cuadros o ilustraciones. La secuencia de redacción no tiene por que ser necesariamente cronológica, sino la que permita una exposición más coherente y clara de los resultados obtenidos. Deben expresarse los resultados de los experimentos descritos en Materiales y Métodos sin repetir ambos elementos y ser vistos y entendidos de forma rápida y clara. El primer párrafo debe ser utilizado para resumir en una frase concisa, clara y directa, el hallazgo principal del estudio. Esta sección debe ser escrita utilizando los verbos en pasado. Evitar el uso de voz pasiva (“el ganado lechero se ha considerado...”), mejor usar: “el ganado lechero es considerado...”. No usar expresiones como: “se efectuó una fertilización nitrogenada...”; debemos ser específicos, cambiar el sustantivo y hacerlo verbo, así: “se fertilizo con nitrógeno...”. Las unidades de medida deben estar claras según el Sistema Internacional de Unidades y las abreviaciones totalmente explicativas, según

las normas vigentes del IICA. La discusión de los resultados es el examen de los resultados, su significado

y limitaciones, enfatiza los aspectos nuevos e importantes de la investigación. Determina la coherencia o contradicción de los datos encontrados. Esta sección es el corazón del artículo y la sección más compleja de elaborar y organizar. Algunas sugerencias que pueden ayudar son: comenzar la discusión con la respuesta a la pregunta de la Introducción, seguida inmediatamente con las pruebas expuestas

en los resultados que la corroboran. Comentar claramente, en lugar de ocultarlos, los resultados anómalos, dándoles una explicación lo más coherente posible. Se contrastarán con los resultados obtenidos en otras publicaciones sobre el tema.

4. Conclusiones

Las conclusiones deben recapitular en forma lógica los resultados obtenidos. Deben ser independientes, concretas y no redundantes. Deben estar basadas en los hallazgos del trabajo, no ser especulativas, ni provenir de la literatura. Deben estar en concordancia con los objetivos que se plantearon en el proyecto de investigación. No deben mencionarse cuadros o figuras. No deben confundirse con recomendaciones. No usar números o viñetas.

5. Bibliografía

En el artículo científico únicamente se admite relacionar bajo este epígrafe, aquellas referencias bibliográficas que han sido directamente citadas en el texto. Las fuentes citadas deben hacerse

de acuerdo a las normas vigentes del IICA. Si hay citas de internet, deberán ser de revistas o textos reconocidos por la comunidad científica internacional y escribirlas según normas técnicas vigentes del IICA. No usar números o viñetas en las bibliografías, únicamente usar letra negrita en autores y año.

6. Agradecimientos (opcional)

Es aplicable a instituciones que apoyaron la investigación.

7. Redacción de cuadros, figuras y texto

Cuadros:

Deben tener un título breve y claro de manera que indique sin dificultad que es lo que se informa en él, debe ser lo más corto y simple posible y deberá estar en la parte superior del cuadro. Para los cuadros que llevan notas al pie del cuadro se hacen con letras más pequeñas que las del texto.

Las siglas y abreviaturas deben escribirse según las normas técnicas vigentes del IICA, de lo contrario deberán ser acompañadas de una nota explicativa al pie del mismo. Los cuadros no deben tener un tamaño mayor de tres cuartos de la página y demasiada información estadística que se tornan incomprensibles y confusos. Se sugiere usar dos números decimales.

Figuras:

Se denominan figuras a los gráficos, diagramas, mapas, fotografías, dibujos manuales e impresiones fotográficas. Los títulos deben de ser concisos y explicativos y se colocan debajo de la figura. Los mapas y dibujos deberán llevar una

escala en el Sistema Internacional de Unidades. Las fotografías deben de ser de buena calidad, buena resolución y excelente contraste. La figura deberá ser de alta trascendencia para el artículo, y se identificará con números arábigos según el orden de aparición en el texto.

Texto:

El texto deberá escribirse en una columna, con letra arial normal número 11 a espacio sencillo. El margen izquierdo deberá ser de 3.0 cm. y el derecho, superior e inferior de 2.5 cm. Las páginas se numeran en el lado inferior en el extremo derecho. Se recomienda no unir el número con la abreviación, excepto cuando se trate de porcentajes o grados centígrados. Los números del cero al nueve se escriben con letras, excepto en unidades de medida.



Contacto: revista.agrociencia@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
ISSN: 2522-6509