

Artículo de investigación

Evaluación de tres métodos de propagación para árboles élite del banco de germoplasma de cacao del Centro de Formación Agroindustrial de Campoalegre, Huila (Colombia)

Evaluation of three propagation methods for elite trees of the cocoa germplasm bank of the Campoalegre Agroindustrial Training Center, Huila (Colombia)

Lili Estefani Fernández Toro¹, Angie Milena Cardozo Aguilar¹,
Carolina Ávila Cubillos¹, Valentín Murcia Torrejano¹, Leidy
Machado Cuellar¹, David Saavedra Mora¹

1. Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura,
Regional Huila.

Correo de correspondencia:
leidymachadocuellar@gmail.
com

Cómo citar: Fernandez Toro,
L. E., Cardozo Aguilar, A. M.,
Ávila Cubillos, C., Murcia
Torrejano, V., Machado
Cuellar, L., & Saavedra Mora,
D. (2022). Evaluación de tres
métodos de propagación
para árboles élite del
banco de germoplasma
de cacao del Centro de
Formación Agroindustrial
de Campoalegre, Huila
(Colombia). Revista
Agropecuaria y Agroindustrial
La Angostura, 9(1), 43-59.

Resumen

La propagación asexual en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es una alternativa de conservación y mejoramiento genético en el cultivo de cacao. El objetivo de esta investigación fue evaluar tres métodos de propagación: estacas, acodos e in vitro. La investigación se desarrolló en el Centro de Formación Agroindustrial, donde se seleccionaron árboles élites (2, 20, 38, 27, 81, 205, 32 y 69) del Banco de Germoplasma de cacao. Los datos que se registraron en los tres métodos fue el color y tiempo. El mejor resultado encontrado fue acodo, observándose en menor tiempo formación de callos y por consiguiente de raíces.

Palabras clave: Élite, bancos de germoplasma, acodo, estaca, in vitro embriogénesis somática.



Abstract

Asexual propagation in cocoa (*Theobroma cacao* L.) is an alternative for conservation and genetic improvement in cocoa cultivation. The objective of this research was to evaluate three methods of propagation, by cuttings, layering and in vitro. The research was carried out at the Agroindustrial Training Center, where elite trees were selected from the Cocoa Germplasm Bank. The data recorded in the three methods were color and time. The best result found was layering, observing the formation of callus and consequently the formation of roots in less time.

Key words: Élite, germplasm bank, acodo, stake, in vitro somatic embryogenesis.

44

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los principales cultivos de interés comercial en más de 50 países, concentrado principalmente en África, aportando una producción de 74,9% a nivel mundial y América latina el 19,1% (CIAT, 2019, ICCO, 2022). Costa de Marfil es principal productor de cacao generando 2,20 millones de toneladas que equivalen al 38,21% de la producción mundial; Ghana ocupa el segundo lugar con 800.000 toneladas (13,90%) y el tercer lugar es para Indonesia con un total de 739,483 toneladas equivalente (12,85%) (FAO, 2022; Martínez & Martínez 2021; Sukmawati et al., 2021).

Colombia ocupa el quinto lugar en Latinoamérica con el 1,10 % de la producción

mundial con 63.416 toneladas para el 2020 equivalente al 6,36% del total (FEDECACAO, 2021 ; FAO, 2022). Las exportaciones de cacao de Colombia alcanzaron cerca de 70 países por un valor de \$57,1 millones de dólares (OEC, 2019; ITC, 2021; Colombia Productiva, 2021), en torno aproximadamente 176.000 mil hectáreas sembradas, con un incremento del 40% en nuevas áreas. Los cinco departamentos con mayor producción son Santander (28,037 toneladas equivalentes al 40,57%), Antioquia (5,600 toneladas que equivalen al 8,8%), Arauca (4,8 mil toneladas representando el 7,6%) (Moreno, 2021) y el departamento del Huila (4,197 toneladas con una participación del 6,8%) (MINAGRICULTURA, 2022; Moreno, 2021).

En el establecimiento de los nuevos cultivos de cacao, se debe considerar la conservación

de variedades genéticas mediante bancos de germoplasma y el uso de jardines clonales que permitan la propagación vegetal y la adopción de programas de mejoramiento genético (García, 2008; FAO, 2021). Esta etapa es necesaria para la selección de genotipos que respondan a los requerimientos y las necesidades del sector cacaotero como la tolerancia a fitoparásitos, altos rendimientos de producción, adaptación al cambio climático y atributos sensoriales en el grano de cacao. A nivel mundial, existen diversos bancos de germoplasma (Encina et al., 2018), entre los que se destaca Costa Rica que cuenta con el centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza (CATIE), reconocido por ser un centro de investigación que provee material botánico para mejoramiento genético (Ramírez, 2021), conservando más de 1.200 accesiones entre Trinitarios y Criollos (Nieves et al., 2019); en Colombia instituciones como FEDECACAO, SENA, AGROSAVIA, Universidad de la Amazonia entre otras, tiene materiales regionales de cacao, importante para la conservación.

Acorde con el Acuerdo 003 del Consejo Nacional Cacaotero de Colombia, se definió el listado de materiales potenciales para ser empleados como copa y semilla en el patronaje de los procesos de propagación vegetal (Sáenz, 2010). Se destacan como patrones para injertación, los siguientes: P 7, PA 46, PA 121, PA 150, EET 96, EET 400, CAU 39, CAU 43 y IMC 67. Sin embargo, entre los materiales recomendados para la región del Huila, se

destacan específicamente los clones: TSH 565, TSH 812, ICS 1, ICS 39, ICS 40, ICS 60, ICS 95, EET 8, EET 96, EET 400, CCN 51 y SCC 61.

Basado en esta amplia diversidad de materiales, se ha venido perdiendo la genética de materiales regionales con alto rendimiento productivo con potencial para la comercialización de cacao especiales; considerados por las características organolépticas del grano de cacao. Para la conservación y desarrollo productivo de materiales potenciales, la propagación vegetal resulta ser una técnica eficiente y de gran utilidad para el sector cacaotero (Osuna et al., 2017; Peña López 2019). El método más común es la propagación sexual, en el cual se utilizan las semillas botánicas, de plantas con características tanto del padre como de la madre (Paz et al., 2020).

Para evitar y/o reducir la variabilidad genética la propagación asexual o clonación se convierte en una estrategia viable para obtener plantas homogéneas (Peña López, 2019), evitando variantes genéticas en las plantas (Valera & Garay, 2017; Gutiérrez y Muños, 2017; Paz et al., 2020). En el cacao la propagación asexual, se puede hacer por: acodo (Paz et al., 2020; Buechel, 2021), enraizamiento de estacas (Elías, 2021) embriogénesis somática (Acuña y Godoy, 2017; Díaz-López et al., 2018; Hidalgo, 2019; Suárez, 2020) y por injertación (Gárate et al., 2020); cualquiera de estas técnicas permite las características genéticas iguales a la planta

que se desea clonar (INIA, 2020). En este sentido el objetivo de la investigación fue evaluar tres métodos de propagación para árboles élite del banco de germoplasma de cacao del Centro de Formación Agroindustrial.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Campoalegre en el Centro de Formación Agroindustrial del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) - Regional Huila, localizado a 2° 40' 30,2" N y 75° 21' 24,6" W, 533 m.s.n.m; lugar que en promedio al año presenta una temperatura de 26,3°C, una humedad relativa de 67% y una radiación solar de 191,2 watt/m² con 6 horas de sol/día. El régimen de lluvias es bimodal, con una precipitación media anual 1370 mm con dos picos de lluvia: marzo-mayo y octubre a noviembre (Ordoñez et al., 2021). De acuerdo con la clasificación ecológica propuesta por Holdridge (1987), el Centro de Formación Agroindustrial se ubica en una zona de vida de Bosque Seco Tropical (Bs-T).

Recolección de datos

La propagación se realizó con tres métodos asexuales: Estacas, *in vitro* embriogénesis somática y acodo. Se seleccionaron ocho genotipos de cacao sobresalientes del banco de germoplasma del Centro de Formación Agroindustrial, codificados como: 2, 20, 38, 27, 81, 205, 32 y 69; establecidos en el año 1980 como

una estrategia de recuperación y conservación de materiales regionales con potencial productivo y comercial, distribuidos en 546 genotipos de cacao en un área de 0.5 Ha (Ávila et al., 2016).

Métodos de propagación

Método de estaca

Se realizó acorde con la metodología propuesta por Chávez et al. (2019) en horas de la mañana a partir de las 6:00 hasta las 10:00 am, se colectaron 96 varetas (Figura 1) libre de plagas y enfermedades de la estructura terminal vegetativa, con una longitud de 12 a 15 cm de largo y con un diámetro de 0.5-0.8 cm. Las varetas fueron depositadas en un recipiente plástico con agua y cubiertas con papel periódico húmedo. Posteriormente, la desinfección de los tejidos vegetativos se realizó mediante inmersión en una solución desinfectante con hipoclorito de sodio al 10% durante 10 a 15 segundos, seguido de dos enjuagues con agua destilada para evitar posibles contaminaciones por patógenos. Por último, se suministró regulador fisiológico (Hormonagro® 1) en una concentración del 100% (1.5 gramo /1 litro de agua) en aplicación foliar directa para promover la inducción de raíces; posteriormente, se envolvieron en su totalidad con un plástico formando una cámara húmeda (Figura 2). Durante cada semana se proporcionó riego por los lados de la cámara húmeda y se observó el color, vigor y desarrollo vegetativo (raíces y hojas).

Figura 1

Recolección de varetas

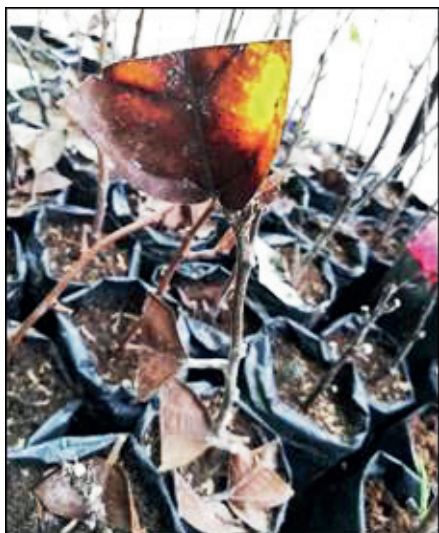


Figura 2

Cámara húmeda



Método de acodo

Para evaluar el desarrollo vegetativo por el método de acodo, se siguió la metodología propuesta por Moreno et al. (2020), donde se seleccionaron varetas con características fenotípicas sobresalientes. Para el desarrollo del presente estudio se retiró un anillo de la corteza de 1 cm de largo (Figura 3), en donde la parte descubierta se cubre con plástico y se deposita un sustrato en relación 2:1:1 (Suelo + broza + cascarilla de arroz) cubierta con un plástico ahuecado (Figura 4). Posteriormente, se realizó el corte del acodo por debajo del anillado y se estableció en una bolsa con el mismo sustrato descrito anteriormente para su evaluación y adaptación (Santander, 2019). Se suministró riego dos veces por semana a cada acodo empleando jeringas estériles en un volumen de 5 mL de agua; necesario para mantener la humedad del sustrato, la viabilidad de callos y la formación de raíces. Una vez evidenciado el crecimiento y formación de raíces, se realizó la climatización de los acodos en bolsas de polietileno de 7 cm de ancho por 14 cm de longitud durante 6 semanas, para luego establecerlas en sitio definitivo (Figura 5). Se registraron datos de color empleando la tabla Munsell para la clasificación estructura vegetativas y longitud de raíces con el uso de calibrador vernier digital (Mitutoyo), expresado en milímetros.

Figura 3

Anillado

**Figura 4**

Sustrato

**Figura 5**

Suministro de agua



Método de *in vitro* embriogénesis somática

Para el establecimiento *in vitro* de estructuras vegetativas de cacao, se siguió la metodología propuesta por López-Báez et al. (2001). Se recolectaron explantes vegetativos de botones florales (pétalos y estaminodios) con un tamaño de 5 a 8 mm de largo en horas de la mañana (7:00 a.m.), dispuestos en recipientes plásticos con agua destilada estéril (Figura 6-7). Para la desinfección de los explantes, se realizaron lavados con agua corriente durante 30 minutos, seguido de una inmersión de hipoclorito de sodio al 5% más una gota de Twenn 20 alrededor de 15 minutos. En cada proceso de desinfección se realizó enjuagues con agua destilada estéril para remover el exceso. En cámara de flujo laminar se procedió a seccionar los pétalos y estaminodios (Hidalgo, 2014), sembrados en medio de cultivo líquido M&S (Murashige y Skoog, 1962) en frasco de vidrio compota con un volumen de medio de 20 mL. En cada recipiente se colocaron 5 bases de estaminodios y 5 bases de pétalos pertenecientes de un botón floral, distribuidos uniformemente en toda la superficie del medio (Figura 8). Los medios fueron esterilizados en una autoclave a 121 °C y 1.2 kg/cm² de presión por 20 minutos. Los explantes se mantuvieron en oscuridad por 30 días a una temperatura ambiente de 25 °C y una humedad relativa mayor al 85% (Calderón Acuña & Montes de Godoy, 2017).

Figura 6

Botones florales de cacao elite, utilizados para micropropagación en condiciones de laboratorio

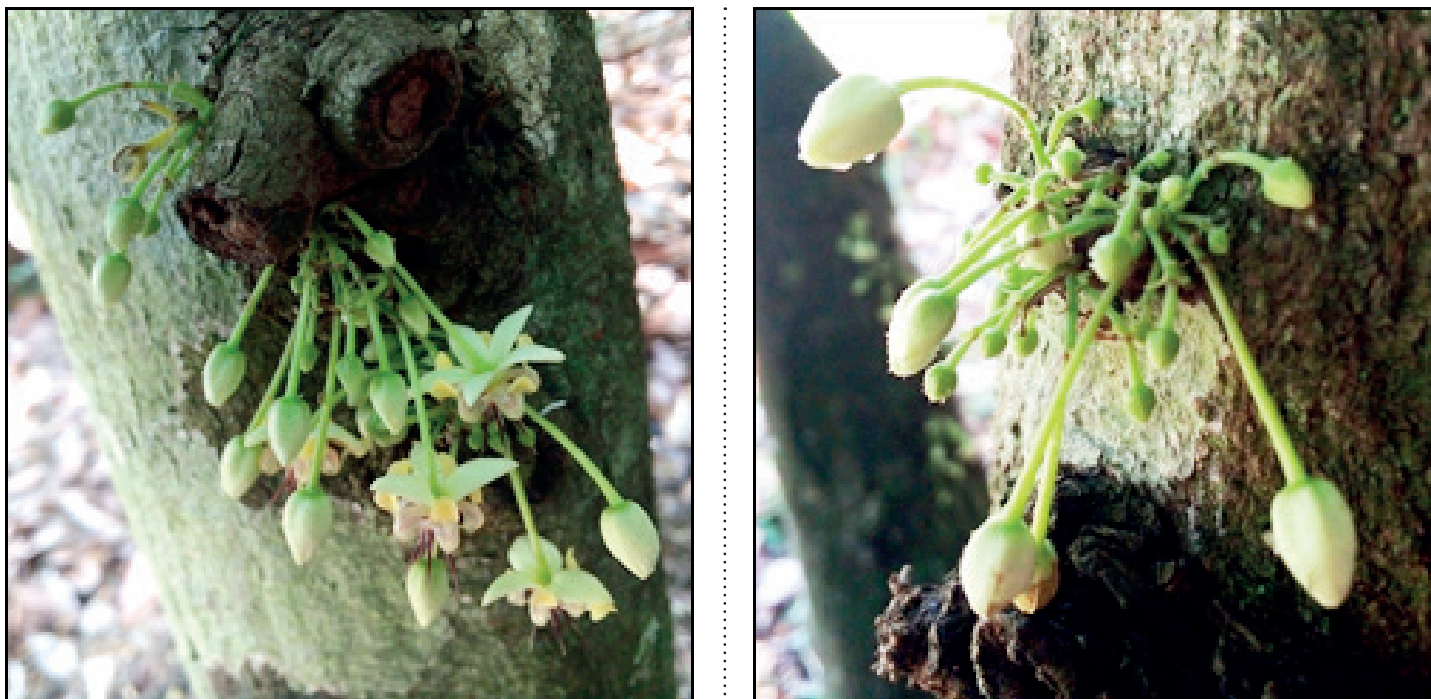


Figura 7

Botón floral de cacao longitud entre 5-8 mm

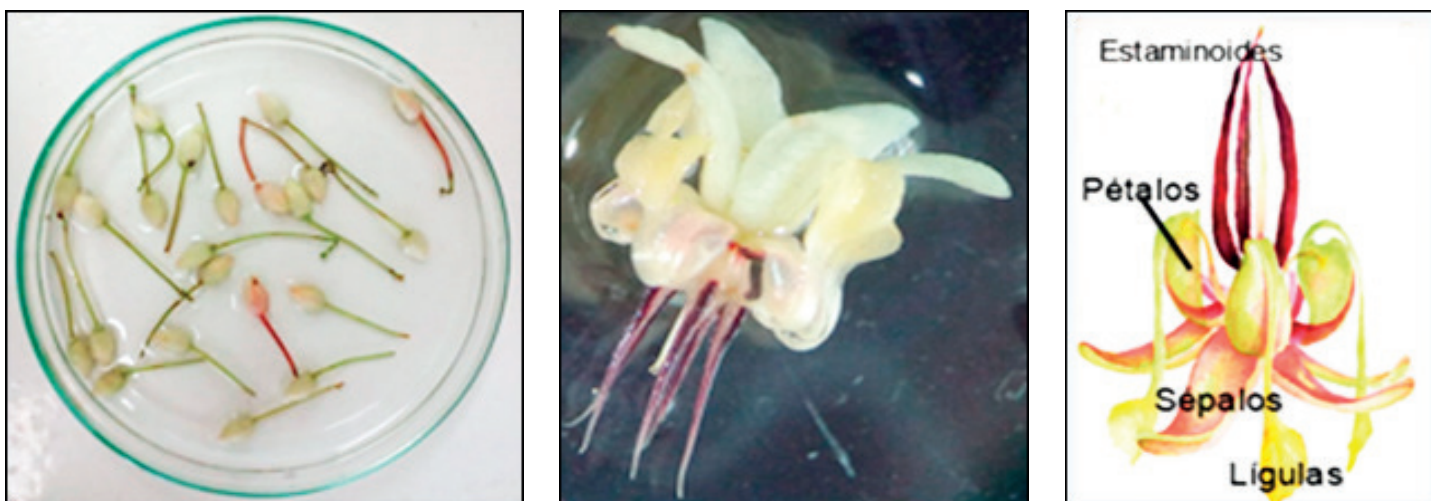


Figura 8

Colecta de botones florales en agua estéril fría

**Resultados y Discusiones****Propagación por estaca**

A los nueve días se observó solo brotación de yemas y una hoja (Figura 9). Al completar 30 días de establecidas las estacas, no se evidenció presencia de callo, por tanto, se procedió a dejar

las varetas al aire libre quedando expuestas al sol por un tiempo prolongado, lo que provocó la deshidratación y marchitez (Figura 10) con un porcentaje de sobrevivencia de las estacas del 5.70% y enraizamiento de un 2.85%. La sobrevivencia de las estacas no fue superior a las dos semanas (Figura 11), es posible que estas condiciones se hayan presentado por acción de auxinas, así como, a las inadecuadas condiciones de humedad relativa y temperatura.

Figura 9

Brotación de yemas (9 días)



Figura 10

Deshidratación



Álvarez Agudín (1997), explica que la acción de las auxinas se evidencia en dos etapas: la primera estimula el crecimiento eficaz en concentraciones mínimas de AIA, acelerando los procesos metabólicos en los explantes; mientras que, en caso contrario, las concentraciones elevadas de AIA provoca inhibición en el crecimiento y desarrollo de las varetas terminales, obteniendo un mayor número de explantes vegetativos no viables; en

Figura 11

Vareta contaminada no superior a dos semanas



la segunda etapa, reporta que las aplicaciones en alta dosis de auxinas en las varetas terminales ocasiona una baja viabilidad y/o mortalidad, debido a la producción elevada de etileno limitando su crecimiento. Hartman y Kester (1991), basados en una serie de experimentos sostienen que las hojas en la estaca proporcionan una acción estimulante sobre el rizogénesis lo que contribuye a la formación de las raíces.

Propagación por acodo

Por el método de propagación por acodo, se evidencio en el explante la formación de callo a partir de los 40 a 45 días respectivamente (Figura 12) y de color blanco crema. Posteriormente, durante el proceso de adaptación se evidenciaron en algunos acodos la presencia de raíces adventicias con una longitud de 0,5 cm y 5 cm respectivamente. Luego de 12 semanas del proceso de anillado, se observó un color café claro en los callos de los explantes (Figura 13) con una longitud mínima de las raíces de 12 mm; así como, múltiples raíces adventicias en los explantes (Figura 14).

Figura 12

*Aparición de callos *Masa callogineca* crecimiento que incrementó en las áreas del explante que tuvieron mayor contacto con el medio de cultivo*



Figura 13

Raíz con longitud de 12 mm



Figura 14

Mayor número de raíces



El proceso de aclimatación, documentado en la Figura 15, requiere de la preparación de cobertizo o una rama cubierta por plástico en la parte inferior cubriendo raíz, a través de injertos prendidos para su desarrollo por el espacio de dos a tres meses, antes de ser llevados al campo definitivamente.

Figura 15

A climatización



Este método permite que las ramas continúen con el proceso de fotosíntesis y genere proceso de división celular en la zona de anillado, posiblemente por la acumulación de auxinas que induce el enraizado, obteniendo mejores resultados que el método por estacas; debido a que las plantas reciben de manera

eficiente agua y nutrientes absorbidos por las raíces, translocándolas hasta el follaje. Moreno et al. (2020), mencionan que la muerte de acodos está asociada a diferentes problemas entre ellos tenemos la fragilidad de las ramas y el peso que ocasionan el quiebre de las mismas en la zona de anillado, por lo que se considera importante evitar retirar el anillo de la corteza; además, se deben realizar heridas superficiales en el área a acodar. Palacios (1951) identifica el mismo problema pero este le atribuye a la acción del viento; por lo que los acodos requieren para su adaptación condiciones óptimas de temperatura, humedad relativa, radiación solar y viento. El proceso de desarrollo y adaptación de los acodos durante seis (6) semanas, se obtuvo una proporción entre 7,7 a 21,4% de explantes enraizados y un ciento por ciento (100%) de acodos con división celular (formación de callos).

Propagación por *in vitro* embriogénesis somática

A las 12 semanas se observó una alta formación de callogénesis, de color cristalino y apariencia higroscópica para estaminodios (Figura 16). Durante esta fase de establecimiento *in vitro*, también se evidenció una masa de células no diferenciadas en los explantes (pétalos) a partir de las 2 semanas (Figura 17). Es importante resaltar que la formación de callos en los tejidos de cultivo *in vitro* depende de la formulación de medio de cultivo, la concentración de fitohormonas, temperatura y humedad

relativa. Estudio realizados por Hidalgo (2014) reportaron un alto porcentaje de formación de callos entre las semanas 4 a 6, respectivamente. Por otra parte, Quimbita (2011) menciona que el éxito del establecimiento *in vitro* de explantes de cacao depende del proceso de desinfección, la formulación del medio de cultivo y las condiciones atmosféricas.

Figura 16

Estaminodio con indicios de un posible embrión globular

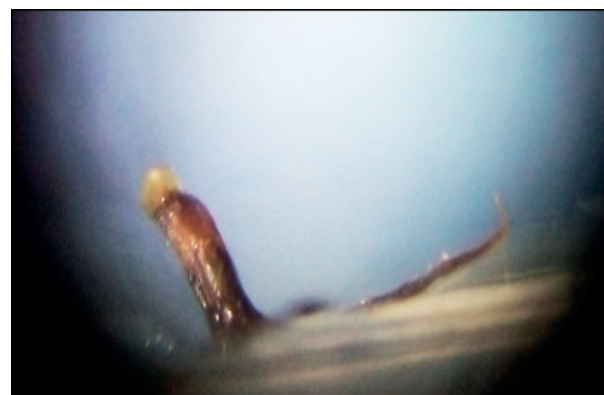


Figura 17

Formación de callos en pétalos y estaminoides



Conclusiones

La selección de árboles de cacao mediante la propagación permite mejorar el proceso de multiplicación de plantas de cacao y la obtención material, para nuevas plantaciones. Se evidenciaron mejores resultados mediante la implementación del método de acodo, observándose la formación de callos en menor tiempo y por consiguiente de raíces.

Referencias bibliográficas

Acuña, H. O. C., & de Godoy, M. E. M. (2017). Micro propagación de variedades nativas de cacao (*Theobroma cacao*) mediante embriogénesis somática. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 6, 87-95.

Álvarez Argudín, J. (1997). *Propagación vegetativa de los árboles frutales*. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. https://books.google.com.co/books/about/Propagaci%C3%B3n_vegetativa_de_los_%C3%A1rboles.html?id=rAljcgAACAAJ&redir_esc=y

Buechel, T. (2021). Consejos para la propagación exitosa de plantas jóvenes. PRO-MIX. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/consejos-para-la-propagacion-exitosa-de-plantas-jovenes/>

Calderón Acuña, H. O., & Montes de Godoy, M. E. (2017). Micro propagación de variedades nativas de cacao (*Theobroma cacao*) mediante embriogénesis somática. *Producción agropecuaria y desarrollo sostenible*, 6, 87-95. <https://doi.org/10.5377/payds.v6i0.5721>

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2019). Análisis de la cadena productiva del cacao en Colombia. <https://www.purdue.edu/colombia/partnerships/cacaoforpeace/docs/2019FinalCacaoReport-Spanish.pdf>

Chávez, H. M., Fuentes, C. J., Parada-Berrios,

F. A., Osegueda, E. V., & Lara, L. L. (2019). Evaluación de diferentes dosis de ácido indol butírico (AIB), en el enraizamiento de estacas de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.) utilizando polipropagadores de madera. *Revista Agrociencia*, 3(14), 13-23.

Colombia Productiva. (2021). Maro. Obtenido de Producción Anual; Empleo; Ventas: <https://www.maro.com.co/apuesta-pdp/bienes/1>

Consejo Nacional Cacaotero CNC (2010)

Díaz-López, A. A., Salazar-Yamarte, E. G., Albarrán-Rincón, J. G., Marín, C., & Vegas-García, A. L. (2018). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento sobre la embriogénesis somática en tres cultivares de cacao. *Agronomía Tropical*, 68(3-4), 137-152.

Elías, C. P. F. (2021). *Evaluación del efecto de tres hormonas naturales en el enraizamiento de estacas de cacao (theobroma cacao L.) Ccn-51, en el recinto zhucay, en la provincia del cañar*. [Tesis Doctoral]. Universidad Agraria del Ecuador.

Encina, C. L., López Granero, M., Regalado, J. J., Arana, A., Carmona, E., & Grícola, M. (2018). El cacao ("*Theobroma cacao*" L.) familia, especies, variedades y colecciones de germoplasma. DIALNET. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6434595>

Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO). (2020). Así quedó el Ranking de producción de cacao en Colombia. <http://https://www>

fedecacao.com.co/post/a%C3%B1o-cacaotero-2020-2021-el-de-mayor-producci%C3%B3n-de-cacao-en-la-historia-de-colombia

Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO). (2001). Fundamento para el establecimiento de cultivos de cacao de alta productividad. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología (PRONATTA). https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Fundamentos_para_el_Establecimiento_de_cultivos_de_cacao_de_alta_productividad.pdf

Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO). (2022). Economía nacional. <https://www.fedecacao.com.co/economianacional>

Gárate Navarro, M. A., Paz Urrelo, J. L., & Delgado Haya, H. (2020). Técnica de Propagación de Cacao (*Theobroma Cacao* L.). Biblioteca Nacional del Perú.

García, L. F. (2008). Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en Perú. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Lima, Perú. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/estudio_caracterizacion.pdf

Gutiérrez Navarro, B. M., & Muños Collantes, L. (2017). Reserva de carbono en la biomasa aéreas de tres plantaciones de diferentes edades de (*Theobroma cacao* L.) en el centro de investigación Kapitari – Manacamiri, Perú. Universidad Nacional

de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5428>

Hartman, H.T., Kester, DE. (1991). Propagación de plantas; principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, México. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/45969/mod_resource/content/1/Propagacion%20de%20plantas.pdf

Hidalgo, C. (2014). Estudio preliminar para la obtención de explantes de cacao (*Theobroma cacao* L.) a través de embriogénesis somática [Tesis - Ingeniería Agronómica]. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6510>

Holdridge (1987) Holdridge, L. R. (1987). Ecología basada en zonas de vida (No. 83). Agroamérica.

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2020). **Guía técnica para la propagación clonal del cacao**. Instituto Nacional de Innovación Agraria <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1142>

International Cocoa Organization (ICCO). (2022). Production of cocoa beans. https://www.icco.org/wp-content/uploads/Production_QBCS-XLVIII-No.-1.pdf

International Trade Centre (ITC). (2021). Trade Map. Obtenido de Lista de los productos exportados por Colombia. https://www.trademap.org/tradestat/Product_SelCountry_TS.aspx

- López-Báez, O; Moreno, J; Pacheco, S. (2001). Avances en Propagación de Cacao-Teobromacacao- por Embriogénesis Somática en México. *In Ingenic*. Proceedings of the Inter-national Workshop on new echnologies and Cocoa Breeding. Malaysia. Ingenic; p.163-176.
- Martínez, R. M., & Martínez, M. F. R. (2021). Variables que impiden incrementar las exportaciones de cacao en grano del estado de Tabasco. *Cimexus*, **15**(2), 63-81.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MINAGRICULTURA). (2021). Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas (SIOC). Obtenido de Cadena de Cacao: <https://www.minagricultura.gov.co/Paginas/Sisistemas-de-Informacion.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MINAGRICULTURA). (2022). Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) 2007-2019. Biblioteca Digital Agronet. https://www.agronet.gov.co/Lists/Boletin/Attachments/8689/EVAggr%C3%ADcola_SIPRA_AGRONET_2019.xlsx
- Moreno Ávila, G., Sánchez Vera, Z., Portillo Páez, E., Ramírez Villalobos, M., & Gómez, Ángel. (2020). Propagación asexual del Cacao Porcelana (*Theobroma cacao* L.) mediante la técnica de acodo aéreo / Asexual propagation of Porcelana cocoa (*Theobroma cacao* L.) through air layering technique. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 37, 31-37. Retrieved from <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/32987>
- Moreno, G. M. (2021). *Estado del arte: análisis del impacto de la logística verde en los procesos productivos y de exportación del cacao proveniente de los cultivos de paz en Colombia*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/40071>.
- Murashige y Skoog (1962) Murashige T and Skoog F 1962 *Physiol. Plant.* 15 473-97
- Nieves, Y., Vega, C., Villanueva, S., & Henríquez, M. (2019). Artículo de divulgación: Bancos de germoplasma de *Theobroma Cacao*, definición e importancia. *Revistas Ciencias en Revolución*. 5 (15), 35-42.
- Observatorio de Complejidad Económica (OEC). (2019). The Observatory of Economic Complexity. Obtenido de Cocoa Beans in Colombia: <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/cocoa-beans/reporter/col>
- Ordoñez-Espinosa, C.M., Suárez Salazar, J.C., Rangel-Churio, J.O., Saavedra mora, D. (2021). Los sistemas agroforestales y la incidencia sobre el estatus hídrico en árboles de cacao. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, v. 19, n. 1, 2021, p. 256-267. Doi: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(19\)256-267](https://doi.org/10.18684/BSAA(19)256-267)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2021). <https://www.fao.org/about/about-fao/es/>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2022). El cultivo protegido en clima mediterráneo. **Dirección de Producción y Protección Vegetal, Grupo de Cultivos Hortícolas**. <https://www.fao.org/3/s8630s/s8630s.pdf>
- Osuna-Fernández, H. R., Osuna-Fernández, A. M., & Fierro-Álvarez, A. (2017). Manual de propagación de plantas superiores. Universidad Autónoma Metropolitana. https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf
- Palacios, O. (1951). Ensayo de acodos sobre ramas de Theobroma cacao L., tratadas con hormonas. **Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas** (IICA). [Tesis maestría]. San José, Costa Rica. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10709>
- Paz Urrelo, J. L., Delgado Haya, H., & Gárate Navarro, M. A. (2020). Guía técnica para la propagación clonal del cacao. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1142>
- Peña López, J. L. (2019). Propagación de plantas de cacao mediante injertos. **Kuxulkab**, 25(51), 33–40. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a25n51.2923>
- Quimbita, B. (2011). Efecto de la concentración de 2,4- D y el tipo de explante en la formación de callos embriogénicos en el cultivo in vitro de cacao (Theobroma cacao L.) [Tesis pregrado]. Universidad Técnica de Cotopaxi, Bayamo, Cuba.
- Santander Coronel, J.E. (2019). Acodos aéreos en cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51, mediante el uso de las hormonas sintéticas ANA (Acido naftalenacetico) y AIB (Acidoindolbutico) [Tesis pregrado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/f6549e50-0e14-4650-b255-841c2704311a>
- Suárez Padrón, I. (2020). Cultivo de tejidos vegetales. Ed. Fondo Editorial Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/800256e3-9997-4159-aae4-a0a2c5522852>
- Sukmawati, D., Arman, Z., Hasanah, R., Balqis, M., Setiawan, A., Tafrijiyyah, F., Sari, R., Supiyani, A., Prihantini, N. B., Husna, S. N. A., El Enshasy, H. A., & Dailin, D. J. (2021). Application of yeasts isolated from fermented cocoa beans for biocontrol of pathogenic mold in chocolate fruit. **Journal of physics. Conference series**, 1869(1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012042>
- Valera, L. A., & Garay, V. E. (2017). **Producción Vegetal y Establecimiento de Plantaciones. 53 In Guía de apoyo docente**. Universidad de los Andes-Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales-Escuela de Ingeniería Forestal. <http://www.ula.ve/cienciasforestales-ambientales/indefor/wp-content/uploads/sites/9/2017/01/Tema-3-PVEP.pdf>