

SELECCIÓN DE ÁRBOLES MADRE Y ESTABLECIMIENTO DE ENSAYO DE PROCEDENCIAS DE *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. EN COSTA RICA

Ph.D. William Hernández Castro¹
william.hernandez.castro@una.ac.cr
Investigador-Docente
<https://orcid.org/0000-0003-2416-8329>
M.Sc. Luis Diego Méndez Mejías¹
luis.mendez.mejias@una.ac.cr
Investigador-Docente
<https://orcid.org/0009-0008-0653-9142>
M.Sc. Priscilla Rigg Aguilar¹
priscilla.rigg.aguilar@una.ac.cr
Académica-Asistente de Investigación
<https://orcid.org/0000-0001-6150-4884>
Ing. For. Ana Paula Pérez Poveda¹
Ana.perez.poveda@est.una.ac.cr
Estudiante Asistente de Investigación
<https://orcid.org/0009-0008-6456-635X>

¹Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) de la Universidad Nacional de Costa Rica, Código postal: Heredia 86-3000 Costa Rica.

Resumen

Introducción: El Guanacaste (*E. cyclocarpum*) es una especie forestal nativa de Costa Rica, que posee un alto potencial de utilización para la reforestación comercial, tanto por las características físico-mecánicas de la madera como por su comportamiento en plantación. **Objetivo:** Seleccionar árboles madre de nueve procedencias de diferentes regiones de Costa Rica, para la posterior recolección de semillas, producción de plantas en vivero y establecimiento de ensayo de procedencias en el campo. **Metodología:** Se trabajó con 10 familias por procedencia, las cuales fueron establecidas en un diseño experimental completamente al azar, con 20 bloques, distribuidas al azar en parejas en cada bloque. Se realizó un análisis de suelo donde se reflejó que las características de este presentan condiciones adecuadas para el establecimiento del ensayo. El proceso de viverización se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) de la Universidad Nacional de Costa Rica, posteriormente todas las plántulas fueron trasladadas al Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH) donde finalmente se estableció el ensayo de procedencias. El distanciamiento utilizado fue de 1.75 metros entre plantas y de 4 metros entre hileras, para una densidad por hectárea de 1428 árboles. Se aplicó 50 g de fertilizante de la fórmula 10-30-10 más elementos menores. El terreno tuvo una preparación mecanizada con el propósito de mejorar las características físicas del suelo. **Resultados:** Como resultado se obtuvo el establecimiento de un ensayo de procedencias con un total de 90 familias distribuidas en todo el ensayo, para un total de 3600 árboles plantados.

Abstract

Introduction: Guanacaste (*E. cyclocarpum*) is a native forest species of Costa Rica, which has a high potential for use in commercial reforestation, both for the physical-mechanical characteristics of the wood and for its behavior in plantation. Objective: To select mother trees from nine provenances from different regions of Costa Rica, for subsequent seed collection, nursery production and establishment of provenance trials in the field. Methodology: We worked with 10 families per provenance, which were established in a completely randomized experimental design, with 20 blocks, randomly distributed in pairs in each block. A soil analysis was carried out, which showed that the soil characteristics were suitable for the establishment of the trial. The nursery process was carried out at the Institute of Forestry Research and Services (INISEFOR) of the National University of Costa Rica, after which all the seedlings were transferred to the Horizontes Experimental Forestry Station (EEFH) where the provenance trial was finally established. The spacing used was 1.75 meters between plants and 4 meters between rows, for a density per hectare of 1428 trees. A 50 g fertilizer of the formula 10-30-10 plus minor elements was applied. The land was mechanized in order to improve the physical characteristics of the soil. Results: As a result, a provenance trial was established with a total of 90 families distributed throughout the trial, for a total of 3600 trees planted.

1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica es un país pequeño donde la mayoría de las áreas de terrenos son aptas para el uso forestal. La reforestación es una opción de cultivo tanto en terrenos de uso forestal como agropecuario de forma más permanente y menos intensiva, debido a que el ciclo de producción es de largo plazo (Gutiérrez, 2018). La tasa de reforestación disminuyó significativamente a partir del año 2000, provocando un debilitamiento de la industria forestal nacional desde el punto de vista socioeconómico y que, al ser sostenido mayormente por la reforestación con especies exóticas deja un vacío en la variedad de maderas en el mercado, dando paso a una mayor importación de productos de madera de menor calidad concentrada en pocos beneficiarios, con su consecuente impacto en empleo e ingresos en las zonas rurales (Molina, 2018). Por su parte, Costa Rica es un país de pequeños finqueros y de pequeños bosques que se podría definir predominantemente como forestería de pequeña escala o “Small Scale Forestry”, donde su identidad forestal debería basarse en un mercado específico y de producción asociativa a pequeña escala (Murillo, 2018), lo cual sería un punto de vital importancia para considerar una producción forestal con especies nativas que permitan potenciar una materia prima de mayor calidad.

Desde sus inicios, en la época de 1960, la reforestación experimental y comercial con especies nativas ha sufrido una serie de contratiempos que no le han permitido alcanzar el gran potencial que tienen debido a ciertos aspectos como su menor crecimiento anual respecto a otras especies exóticas, además del subdesarrollado paquete tecnológico (material genético, sitios, manejo, aserrío, secado) que impide asemejar las características de sus homólogas procedentes del bosque al que el mercado está acostumbrado (Molina, 2018). Sin embargo, la producción de especies nativas debería ser aprovechado en gran medida no solo por los servicios ecosistémicos que brindan, sino también por la calidad de la madera y los escenarios bajo los que permiten establecer

abarcando una excelente opción tanto a pequeños productores como en los diferentes sistemas productivos del país promoviendo la inclusión de diversos proyectos no solo de plantaciones puras, sino también agroforestales y silvopastoriles. Para ello se deben tomar en cuenta ciertos criterios de selección de especies nativas los cuales deben basarse en su valor de mercado reconocido, su tipo de madera (semidura o dura), amplia distribución natural en toda la región latinoamericana, buen potencial de desarrollo en condiciones de plantación, de fácil propagación (sexual o asexual) y buena tasa de crecimiento anual (Murillo, 2018).

Para obtener éxito en reforestación con especies nativas valiosas se deben tener en cuenta ciertos aspectos como un programa de mejoramiento genético e investigación orientada hacia la alta calidad de la madera con una buena producción de duramen (De Camino Velozo, 2018). Si bien es cierto que ya existe suficiente información técnica sobre las especies maderables nativas, aún quedan aspectos por resolver; como, por ejemplo, la disponibilidad de semillas de calidad o la variabilidad de la calidad de la madera provenientes de plantaciones; sin embargo, estas limitaciones se pueden resolver o mejorar con el tiempo. Debido a lo anterior, se debe desarrollar un programa nacional de identificación, protección y conservación de árboles semilleros, dándoles a los dueños de los árboles o de los bosques, incentivos para protegerlos y proveer dichas semillas (González, 2018), esto permite asegurar su permanencia a lo largo del tiempo y su futura reproducción.

Dentro de las especies nativas a considerar como de importancia para producción nacional se encuentra el *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. que pertenece a la familia Fabacea. Se caracteriza por ser un árbol grande, caducifolio, de copa extendida con ramas ascendentes y forma semiesférica. El árbol puede alcanzar alturas hasta de 50 m y 3 m de diámetro, robusto, cilíndrico y con gambas pequeñas. La corteza es lisa a ligeramente fisurada de color gris claro a blancuzco, con gran cantidad de lenticelas, con un exudado pegajoso de sabor dulce que coagula al contacto con el aire, (Rojas y Torres, 2020). El duramen es marrón oscuro, a veces con tintes rojizos. Tiene lustre alto y ha sido comparada con la madera de nogal. La albura es de color blanco apagado y se funde con el duramen más oscuro. Es una madera de peso ligero o mediano (0.35-0.60) de textura media a gruesa. Seca bien, aunque lentamente. Es fácil de trabajar y clavar. El duramen es resistente a termitas y pudrición en agua, permitiendo su uso para construir embarcaciones. El aserrín es irritante y puede causar reacciones alérgicas. En el país, se distribuye naturalmente entre 0-1200 msnm, con precipitaciones entre 750-2500 mm/año (Cordero y Boshier, 2003).

Debido a los aspectos antes mencionados es que este trabajo tiene como objetivo desarrollar las bases para el establecimiento de un programa de mejoramiento genético y conservación de germoplasma de la especie *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) (Jacq.) Griseb. en Costa Rica, con el fin de generar información de importancia que permita utilizar esta especie a futuro en proyectos de reforestación, sistemas agroforestales y silvopastoriles, con buenos índices de productividad apuntando a un crecimiento en el uso de especies nativas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Costa Rica tiene un área total de 51100 km², sin embargo, se caracteriza por poseer regiones geográficamente muy diferentes, con un clima muy diverso y condiciones edáficas muy distintas. El estudio abarcó varias regiones del país, geográficamente contrastantes y ecológica y climáticamente diferentes. Cada una de estas regiones constituyó una procedencia donde la especie *E. cyclocarpum* se distribuye de manera natural, estas son; Atenas, Estación Experimental Forestal Horizontes, La Cruz, Pacífico Central, Península de Nicoya, San Carlos, Santa Cruz, Zona Norte y Zona Sur.

Selección de árboles madre

Se realizó una exploración general en cada una de las regiones existentes a nivel país, con el objetivo de conocer donde se distribuye naturalmente la especie y a la vez darle seguimiento al proceso fenológico de la especie, las poblaciones localizadas durante este proceso constituyeron cada una de las procedencias del estudio. Dicha identificación y selección de árboles se realizó entre los meses de febrero y abril del año 2022, que corresponde a la época de floración y producción de frutos y semillas de Guanacaste en el país, además coincide con la época seca en la gran parte del territorio nacional, cuyas precipitaciones disminuyen notablemente. Para cada procedencia se seleccionaron 10 árboles madre, que en total corresponde a 90 árboles entre las nueve procedencias anteriormente mencionadas.

Producción de plantas en vivero

De los 90 árboles se recolectó semillas para su posterior germinación y producción de plantas en vivero. Las semillas fueron germinadas en arena, previa aplicación de un tratamiento pregerminativo, que consistió en la escarificación de las semillas de manera manual, que permitiera activar el metabolismo y posterior aceleramiento en la germinación. Para evaluar el porcentaje de germinación se tomó una cantidad de 100 semillas por familia de cada una de las procedencias seleccionadas, se monitoreo la germinación hasta el día 20 que fue el día donde se estabilizó la germinación de todas las semillas, las plantas obtenidas por familia fueron utilizadas posteriormente para el establecimiento de un ensayo de procedencias. Debido al bajo porcentaje de germinación en vivero, se procedió a realizar la germinación la semilla utilizando la técnica in vitro, en el laboratorio de Biotecnología del INISEFOR, estableciendo en promedio 80 semillas por familia de cada una de las procedencias de las cuales no fue posible germinar en vivero.

Establecimiento de ensayo de procedencias

Las plantas producidas en vivero fueron trasladadas al campo, donde se plantaron utilizando un diseño experimental completamente al azar, con 20 bloques distribuidas las familias al azar, en parejas en cada bloque. El propósito del ensayo de procedencias es obtener a futuro información que permita realizar una selección genética de las mejores familias y a la vez funcione como un

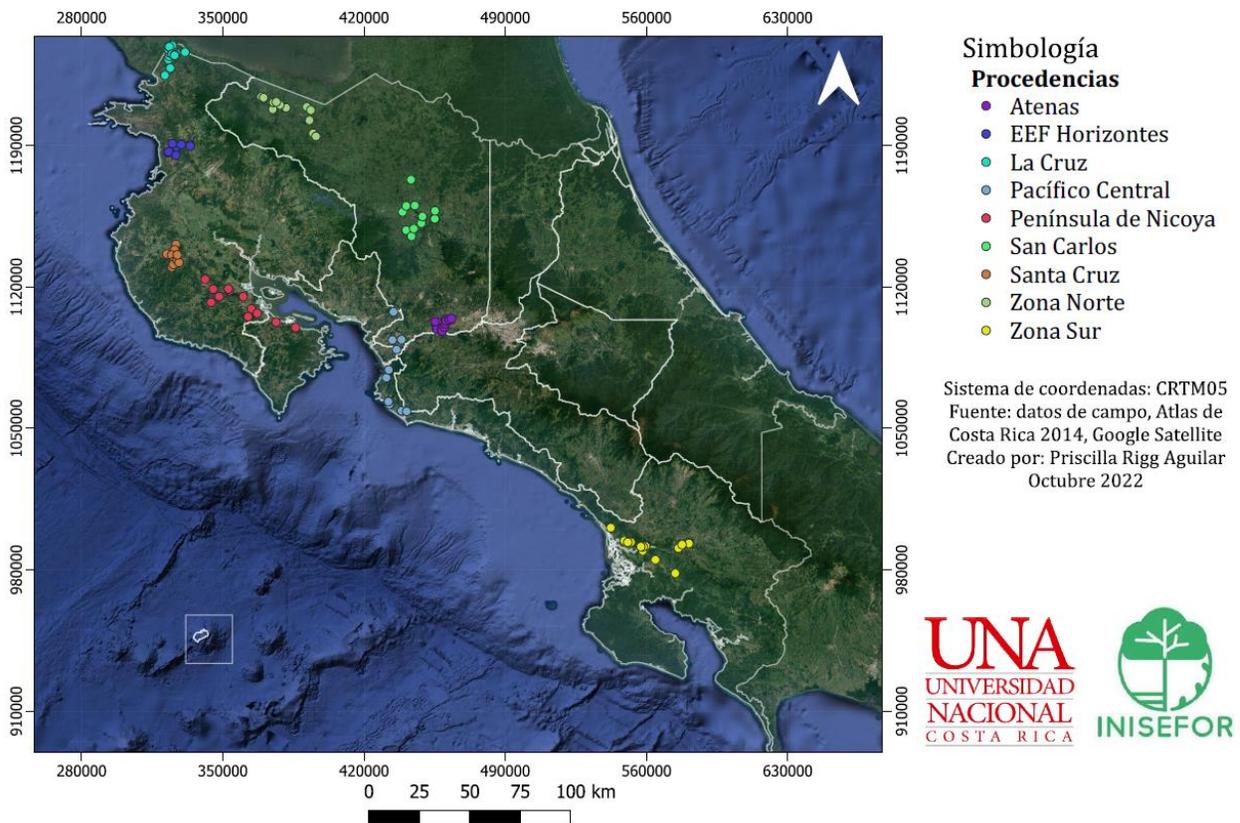
banco de germoplasma *ex-situ* que garantice la conservación de la especie, ya que está compuesto por un número significativo de familias que son representativas de la distribución natural de la especie *E. cyclocarpum* en Costa Rica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La especie *E. cyclocarpum* se distribuye de forma natural en casi todo el país, por lo tanto, se trató de tener representatividad de la mayor parte de las poblaciones existentes. En total se identificaron 9 poblaciones, las cuales se localizan en regiones con elevación entre los 100 – 700 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).

Figura 1. Ubicación de los árboles identificados y seleccionados en campo de nueve procedencias de la especie *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) en Costa Rica.

Localización geográfica de árboles de *Enterolobium cyclocarpum* identificados en campo



Fuente: Elaboración propia

La calidad de los árboles seleccionados varío dependiendo de la procedencia, sin embargo, en general todos los árboles seleccionados presentaban bifurcación a una altura relativamente baja (Salas, 1993). La especie *E. cyclocarpum* ha sido muy aprovechada desde hace muchas décadas en todo el país, principalmente en toda la Vertiente del Pacífico que es donde se localizan la mayor parte de las poblaciones. La madera se utiliza para la construcción y para la elaboración de muebles

de alto valor comercial, ya que por sus características de durabilidad, versatilidad y color la hacen una especie muy cotizada en el mercado de la madera tanto a nivel nacional como internacional, además de que es relativamente fácil de trabajar. Los árboles identificados y seleccionados como semilleros presentaron un diámetro a la altura del pecho promedio superior a 60 cm, lo que permite suponer que son árboles lo suficientemente adultos con buena capacidad de producción de frutos y semillas (Figura 2).

Figura 2. Árboles madre seleccionados para la recolección de frutos y semillas de *E. cyclocarpum* en Costa Rica.



Fotos: William Hernández Castro

Los frutos fueron recolectados en estado maduro, los cuales fueron trasladados al Instituto de Investigación y Servicios Forestales para la extracción de semillas, a partir de las cuales fue posible obtener el material que permitiera la producción de plantas en el vivero y el establecimiento del ensayo de procedencias en el campo (Figura 3).

El porcentaje de germinación en camas de invernadero vario mucho entre procedencias, presentando en promedio 60% de germinación, sin embargo, debido a la poca respuesta a la germinación se tomó la decisión de realizar dicho proceso por medio de cultivo *in vitro*, es decir, colocando las semillas en un medio de cultivo que estimulara la germinación y posteriormente se trasplantó a recipientes (jiffys) para ser aclimatados en invernadero, este proceso permitió obtener altos porcentajes de germinación, lo que a la vez demostró que el problema no radica en la viabilidad de la semilla, sino más bien en alguna etapa del proceso de germinación en las camas de germinación, específicamente para las familias donde se utilizó la técnica *in vitro*, la germinación fue superior al 90%, con la limitación de que el trabajo para obtener dicho porcentaje de germinación fue mucho mayor, no así en el tiempo de producción de las plantas, ya que se obtuvo en menor tiempo las plántulas requeridas para el ensayo.

Figura 3. Almacenamiento de semillas (A), germinación de semillas (B y C), producción de plantas en vivero (D y E) y establecimiento de ensayo de procedencias en campo (F) de *E. cyclocarpum* en Costa Rica.



El proceso de germinación *in vitro* hasta la aclimatación en invernadero demoró aproximadamente dos meses, mientras que para las plántulas germinadas en cama de germinación el tiempo de producción de plantas fue de hasta 4 meses en algunas procedencias. Los resultados obtenidos en la germinación contrastan con lo obtenido con por Botello (2021), utilizando diversos métodos de germinación, donde obtuvo un 80% de germinación de las semillas aplicando escarificación con pinzas y sembrando a la vez en diversas mezclas de sustrato. Por otra parte, Lozano *et al.*, (2017), utilizando agua a 80°C por 10 minutos en semillas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) obtuvieron un 75% de germinación, especie con una semilla muy similar al *E. cyclocarpum*. Posteriormente, en otra investigación desarrollada con 10 procedencias de *Samanea saman*, especie que produce una semilla con características similares a la del *E. cyclocarpum*, los resultados de germinación obtenidos en promedio fueron de 85% (Hernández, W., *et al.*, 2020) en camas de germinación en invernadero.

Tabla 1. Porcentaje de germinación de la especie *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) obtenido a los 20 días en camas de germinación.

Procedencia	Porcentaje de Germinación
Atenas	33
Horizontes	90*
La Cruz	95*
Pacífico Central	92*
Península de Nicoya	80

San Carlos	97*
Santa Cruz	70
Zona Norte	59
Zona Sur	66
Promedio	76

*Germinación de semillas *in vitro*

Con relación al establecimiento del ensayo de procedencias, este fue plantado en septiembre del año 2023, donde se obtuvo una supervivencia del 95% al mes de plantados los árboles en el sitio de siembra. El crecimiento mostrado a los 5 meses de edad evidencia que la mayoría de las familias se adaptaron adecuadamente al sitio de plantación y que a pesar de los meses secos que han transcurrido durante todo este período, la sobrevivencia se mantiene estable.

4. CONCLUSIONES

Históricamente la especie *E. cyclocarpum* ha sido muy aprovechada, sin embargo, es posible encontrar árboles creciendo de forma aislada con características superiores, en cuanto a su forma, altura y diámetro, permitiendo obtener una base genética con características promisorias para un potencial programa de mejoramiento genético de la especie.

La especie *E. cyclocarpum* presenta altos porcentajes de germinación (mayor a 90%) y sobrevivencia en vivero utilizando la técnica *in vitro*, en contraste a lo obtenido con la germinación en invernaderos (arena), cuyo porcentaje promedio fue de 60%.

La especie *E. cyclocarpum* presenta un alto potencial para el mejoramiento genético, tomando en cuenta el ámbito de distribución natural que presenta, lo que permite suponer una alta variabilidad genética, misma que se espera capturar con el establecimiento del ensayo de procedencias.

Los ensayos de procedencias constituyen a la vez un mecanismo de conservación genética, al estar conformado por individuos de diferentes procedencias, asegurando una base genética amplia, que es el principal insumo para la conservación genética de especies forestales y para el mejoramiento genético forestal.

5. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional de Costa Rica, por el apoyo en recursos humanos, económico y equipo para el desarrollo de la investigación. También a la Estación Experimental Forestal Horizontes, por brindar apoyo logístico y del apoyo del personal de la estación durante las actividades de campo.

6. REFERENCIAS

- Botello, M. A. (2021). Germinación y Establecimiento de una Plantación Forestal de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en Michoacán, México. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 57 p.
- Cordero, J., y D. Boshier. 2003. *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Oxford, Reino Unido. 1079 pp.
- De Camino, V. R. (2018). Especies para la reforestación en Costa Rica: formando un activo de alto valor. *Ambientico* (267), 10-16.
- Gutiérrez, L., M. (2018). Opciones para reforestación comercial con especies nativas en zonas secas de Costa Rica. *Ambientico*, (267), 28-32.
- Hernández, C. W. (2020). Bases para la Conservación y Mejoramiento Genético de Cenízaro (*Samanea saman*) en Costa Rica. Informe de Proyecto de Investigación, Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional de Costa Rica. 30 p.
- Lozano E., C., A. Zapater, M., C. Mamani, B. Flores, C., N. Gil, M. & S. Sühling, S. (2016). Efecto de pretratamientos en semillas de *Enterolobium contortisiliquum* (Fabaceae) de la selva pedemontana argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 51 (1): 79-87. <http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n1.14414>.
- Molina, M., S. (2018). Reforestación y producción comercial de madera con especies nativas. ISSN 1409-214X. *Ambientico* 267. Editorial. Pp. 2-3.
- Murillo, G., O. (2018). ¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país? *Ambientico*, (267), 4-10.
- Rojas-Rodríguez, F., & Torres-Córdoba, G. (2020). Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 17(41), 96–98. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v17i41.5294>