



CIENCIA ergo-sum, Revista Científica  
Multidisciplinaria de Prospectiva  
ISSN: 1405-0269  
ISSN: 2395-8782  
ciencia.ergosum@yahoo.com.mx  
Universidad Autónoma del Estado de México  
México

## Documentación de procesos de restauración ecológica asistida: islas de cultivo y plantaciones de melina en Guanacaste, Costa Rica.

Sierra Parra, Ana María; Quijano Prieto, Nicolás Enrique; Herrera-Martínez, Christian G.; Villalobos Soto, Roger; Delgado, Diego; Gutiérrez Leitón, Milena

Documentación de procesos de restauración ecológica asistida: islas de cultivo y plantaciones de melina en Guanacaste, Costa Rica.

CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, vol. 29, núm. 2, 2022

Universidad Autónoma del Estado de México, México

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10470856001>

**DOI:** <https://doi.org/10.30878/ces.v29n2a9>

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado. No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

## Documentación de procesos de restauración ecológica asistida: islas de cultivo y plantaciones de melina en Guanacaste, Costa Rica.

Documentation of assisted ecological restoration processes: Crop islands and melina plantations in Guanacaste, Costa Rica

Ana María Sierra Parra  
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,  
Costa Rica  
anasierra728@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5460-1598>

DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v29n2a9>  
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10470856001>

Nicolás Enrique Quijano Prieto  
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,  
Costa Rica  
nicolas.quijano@catie.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-3501-0853>

Christian G. Herrera-Martínez  
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,  
Costa Rica  
christian.herrera@catie.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-3501-0853>

Roger Villalobos Soto  
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,  
Costa Rica  
rvillalo@catie.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0001-9213-6017>

Diego Delgado  
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza,  
Costa Rica  
ddelgado@catie.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-3346-2178>

Milena Gutiérrez Leitón  
Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica  
mgutierrez@acguanacaste.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0003-1412-7005>

Recepción: 07 Octubre 2020

Aprobación: 04 Marzo 2021

### RESUMEN:

Se recopilan las lecciones aprendidas de los procesos de restauración asistida útiles para promover esta actividad en territorios ecológicamente similares con el objetivo de documentar el contexto histórico y el proceso de cada tratamiento silvicultural, con edades entre 22 y 26 años, que ejecuta el Programa de Restauración y Silvicultura del Área de Conservación Guanacaste en el Sector San Cristóbal. Por medio de la revisión de literatura, visitas y entrevistas a actores clave, se respalda el hecho de que las

plantaciones de *Gmelina arborea* (como especie nodriza) y las islas de regeneración son alternativas para acelerar la restauración del bosque secundario en términos de eliminación de pastos, recuperación de estructura y especies de bosques húmedos tropicales naturales de la zona.

**PALABRAS CLAVE:** restauración ecológica asistida, reforestación, islas de cultivo, plantaciones, bosques secundarios, Corredor Biológico Rincón-Cacao.

## ABSTRACT:

This research compiles lessons learned from assisted restoration processes, useful to promote this activity in ecologically similar territories. The objective was to document the historical context and the process of each silvicultural treatment, executed by Restoration and Silviculture program of the Guanacaste Conservation Area in the San Cristóbal Sector, with ages between 22 and 26 years. Through literature review, visits and interviews with stakeholders, this research supports the fact that the plantations of *Gmelina arborea* (as a nurse species) and the regeneration islands are alternatives to accelerate the restoration of secondary forest in terms of removal of pastures, recovery of structure and species of natural tropical rainforests in the area.

**KEYWORDS:** Assisted ecological restoration, reforestation, crop islands, plantations, secondary forests, Rincón-Cacao Biological Corridor.

## INTRODUCCIÓN

Durante la primera década del siglo XXI, el cambio de la tierra en América Latina y el Caribe incluyó una extensiva deforestación (Aide *et al.*, 2012); en Centroamérica se calculó en 1.86 millones de hectáreas en el periodo comprendido entre 1990-2000 (Armenteras *et al.*, 2017; FAO, 2011). Los bosques húmedos tropicales se vieron afectados debido a la transformación de la cobertura forestal para diversos usos de la tierra relacionada con cambios socioeconómicos, demográficos y políticos ligados a la promoción del uso de suelos para actividades como la ganadería y la agricultura, así como su posterior abandono. Así, es como cobra importancia un trabajo de restauración forestal en áreas abandonadas de este tipo en donde los bosques secundarios se encuentran en un proceso de restauración (Aide *et al.*, 2012; Holl, 2002; Holl *et al.*, 2000).

Estos bosques son claves, ya que tienen el potencial de proteger altos niveles de diversidad biológica en el planeta, así como de brindar servicios ecosistémicos cercanos a bosques maduros; razón por la cual también pueden considerarse bosques del futuro (Aide *et al.*, 2012; Celentano *et al.*, 2011; Chazdon, 2008; Granda Moser *et al.*, 2015; Holl, 2002; LaFrankie *et al.*, 2006; Quesada *et al.*, 2009).

El 2021 representa una oportunidad para acelerar algunos desafíos de restauración que comprenden éste y otros ecosistemas a gran escala al ser declarado como el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas<sup>[1]</sup> por la Asamblea General de las Naciones Unidas con el objetivo de prevenir, detener y revertir la degradación de los ecosistemas en el mundo y también como un periodo para alcanzar Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relativos al cambio climático.

La restauración consiste en un proceso encaminado a iniciar, acelerar o direccionar el restablecimiento de la estructura, composición y función de los ecosistemas hacia un estado de referencia a partir de la ejecución de estrategias asistidas o acciones que aceleren procesos como reemplazo de especies, reforestación, forestación, entre otros (Celentano *et al.*, 2011; Lamb, Erskine y Parrotta, 2005; Society for Ecological Restoration, 2004; Walker, Walker y Hobbs, 2007). Por ello, es necesario documentar experiencias con el fin de generar conocimiento sobre los resultados de éstas en campo, ya que aportan al entendimiento de procesos ecológicos en paisajes degradados, contribuyen a la definición de pautas y procedimientos de restauración y también al establecimiento de metas para dichos procesos (Barrera Cataño, Aguilar-Garavito y Rondón-Camacho, 2008; Mansourian, Vallauri y Dudley, 2005; Thompson, 2011).

En el sector San Cristóbal, parte del Área de Conservación Guanacaste (ACG),<sup>[2]</sup> se han desarrollado experiencias valiosas de restauración, procesos biogeográficos y ecológicos como la migración de especies en gradientes altitudinales, la sucesión y la restauración ecológica de bosques (ACG, 2012) a través de dos estrategias de restauración asistida: islas de regeneración o cultivo y plantaciones forestales de melina

(*Gmelina arborea* Roxb.). Dichas estrategias fueron llevadas a cabo en la década de los noventa y veinte años más tarde han dado como resultado el restablecimiento de la cobertura vegetal en terrenos que se encontraban degradados sobre todo por actividades ganaderas.

Esta investigación documenta lecciones aprendidas basadas en la implementación de las estrategias mencionadas y genera información relacionada a los procesos de restauración activa que pueda llegar a replicarse en territorios ecológicamente similares.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. 1. Área de estudio

El ACG (Área de Conservación Guanacaste) comprende un bloque de bosque continuo conservado a través de Áreas Silvestres Protegidas (ASP) con una extensión de 163.000 ha. Abarca cuatro ecosistemas tropicales importantes de Costa Rica y se extiende desde el área marina en los alrededores del archipiélago de las Islas Murciélagos en el océano Pacífico (pasando por la meseta de Santa Rosa hasta la cima de los volcanes Orosí, Cacao y Rincón de la Cordillera Volcánica de Guanacaste) hasta el inicio de las pendientes hacia las tierras bajas del lado Caribe del país (ACG, 2012).

El Corredor Biológico Rincón Cacao (CBRC) es una estrategia de conservación a escala de paisaje que comprende 2.800 ha, se encuentra dentro del ACG y pretende conectar dos regiones del bosque tropical de Costa Rica, en las provincias de Alajuela y Guanacaste. Une el área terrestre del Parque Nacional Rincón de la Vieja (PNRV) –establecido en el entorno del volcán del mismo nombre– y el Parque Nacional Guanacaste (PNG) que incluye los volcanes Orosí y Cacao.

El CBRC posee dos sectores de relevancia ecológica debido a los procesos de restauración que se han llevado a cabo allí: el Sector San Cristóbal y San Gerardo. En ellos predomina un bosque tropical muy húmedo (Holdridge, 2000) con una precipitación media de 3.250 mm, con elevaciones entre los 500 y 1 650 msnm (ACG, 2012). Los usos de suelo comprenden bosques maduros, plantaciones, bosques secundarios, pastos y áreas no forestales que incluyen asentamientos humanos y vías de comunicación, entre otros.

### 1. 2. Sistematización de información

Para recopilar la información, se revisó literatura secundaria sobre los procesos de restauración que se han realizado en el Sector San Cristóbal dentro del CBRC desde 1995, se realizaron visitas de campo y se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los actores clave involucrados en específico en la toma de decisiones durante la ejecución de las estrategias, quienes ocuparon cargos como jefe del Programa de Restauración y Silvicultura del ACG, Coordinador de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Asesor Científico del ACG, Director y Coordinador del Programa de Investigación, Subdirector de Ecodesarrollo ACG y Guardaparques con énfasis en restauración. Con dicha recopilación se construyó el contexto histórico nacional y local y con ello se elaboró una línea temporal de hitos históricos que enmarcaron dos estrategias de restauración: plantaciones de melina (*G. arborea*) e islas de cultivo.

En la sistematización fue incluida la historia de uso de suelo en los sitios de interés, los objetivos de restauración planteados, las razones de la elección de las estrategias, retos de la restauración, pasos seguidos para la implementación y toma de decisiones, consideraciones del éxito o no de las estrategias utilizadas, así como lecciones aprendidas de los procesos. Además, se realizó la interpretación de las dos experiencias de restauración asistida efectuadas en el Sector San Cristóbal de ACG a partir de lo cual fue posible ordenar y reconstruir información sobre los métodos seleccionados, así como los factores políticos, socioeconómicos y ecológicos que intervinieron en cada proceso (Jara H., 1994).

## 2. RESULTADOS

### 2. 1. Contexto histórico nacional y local

Durante los años setenta y parte de los ochenta una buena fracción de la provincia de Guanacaste, al norte de Costa Rica, se dedicaba a la ganadería, en su mayoría para la producción de leche. En ese entonces, era factible encontrarse con iniciativas del gobierno que promovían el cambio de uso de suelo para dar fortaleza a la actividad económica principal y esto incluía la eliminación de bosques primarios. Desde estas décadas suceden en la provincia de Guanacaste una serie de cambios de índole político, administrativo y ambiental gracias a los que se logra establecer un bloque geográfico de alta importancia para la conservación de la biodiversidad en el país y reconocido en el ámbito global: el Área de Conservación Guanacaste compuesta en la actualidad por los Parques Nacionales: Santa Rosa, Guanacaste y Rincón de la Vieja, además de la Estación Experimental Forestal Horizontes y el Refugio de Vida Silvestre Bahía Junquillal.

Los cambios en la provincia ocurrieron en un periodo de más de cuarenta años. Muchos de ellos surgieron de manera independiente y se articularon con el tiempo, por lo que lograron un determinante enlace territorial en términos de conservación entre diferentes ecosistemas en Costa Rica.

A principios de la década de los setenta, se formaliza la creación del Parque Nacional Santa Rosa (1971) con ánimos de promover la conservación de ecosistemas tan valiosos como el bosque seco de Guanacaste, con un total de 9.904 ha; más adelante, logra ampliar su territorio en 1977 y 1980, que abarca el Sector de Islas Murciélagos. Durante 1973 es creado y administrado de manera independiente, el Parque Nacional Rincón de la Vieja con 14.083.9 ha destinadas a la conservación de variedad de bosques tropicales, incluyendo bosque húmedo y seco. Años más adelante, se propone la creación del Parque Nacional Guanacaste (PNG) en 1986, como un nuevo modelo de administración, restauración, conservación, manejo de área protegida y como una iniciativa para ampliar la protección del ecosistema seco del Sector Santa Rosa hacia un área mayor y su respectiva conexión con otros ecosistemas a lo largo de un gradiente.

En 1991 se formaliza de manera legal la creación del Parque Nacional Guanacaste y durante el periodo comprendido entre 1994 y 1999 se logran adquirir alrededor de 2.000 ha de fincas con potreros y algunos parches de bosque, en concreto entre la zona de los volcanes Cacao y Rincón de la Vieja y, de esta manera, ampliar y conectar el área de bosque húmedo con el resto de ecosistemas protegidos, lo cual significó la aplicación de una estrategia de conservación a gran escala impulsada por la consolidación de una de las once áreas de conservación de Costa Rica, el área de conservación Guanacaste (ACG): el Corredor Biológico Rincón Cacao (CBRC).

En 1995, en un esfuerzo por mejorar la conectividad entre el parque Nacional Rincón de la Vieja y el Parque Nacional Guanacaste, se plantearon metodologías alternas de restauración asistida con el objetivo de acelerar y facilitar el proceso de regeneración de los bosques a partir de la eliminación de pastos remanentes agresivos en los potreros y restablecer a largo plazo los atributos de los bosques húmedos de la zona promoviendo la conectividad de los parques nacionales. De acuerdo con esto, a lo largo de 1995 y 2000 se ejecutaron estrategias de restauración asistida de carácter experimental en zonas aledañas al Sector San Cristóbal y San Gerardo de ACG (ubicado dentro del CBRC). Islas de cultivo con especies nativas y no nativas, y plantaciones de melina como especie nodriza y habilitadora de la regeneración, fueron las estrategias pioneras en la zona, que una vez puestas en marcha se abandonaron ante el avance natural de la sucesión ecológica.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) declaró al ACG Patrimonio Mundial de la Humanidad. Este reconocimiento se dio gracias a varias razones, entre ellas a que posee el 2.6% de la biodiversidad mundial. Esto corresponde a 335.000 especies en 1.000 km<sup>2</sup> y es el único bloque conservado de cuatro ecosistemas elementales del trópico, el marino-costero, bosque seco, bosque nuboso y bosque lluvioso (ACG, 2012). Para 2012 se suma el Corredor Biológico Rain Forest (CBRF), el

cual aumentó la zona disponible de bosque lluvioso, llenó un vacío de conservación y contribuyó de forma destacada a la conservación del bloque protegido de ACG que en su origen yacía sólo en terrenos en el pacífico del país y que ahora se extiende hacia el Caribe (ACG, 2012).

A continuación, se presenta el panorama de hechos históricos de carácter local, nacional e internacional que pudieron haber actuado como agentes impulsores o inhibidores de los procesos de restauración asistida y se desarrollaron aproximadamente durante dos décadas en el Sector San Cristóbal del ACG (figura 1).

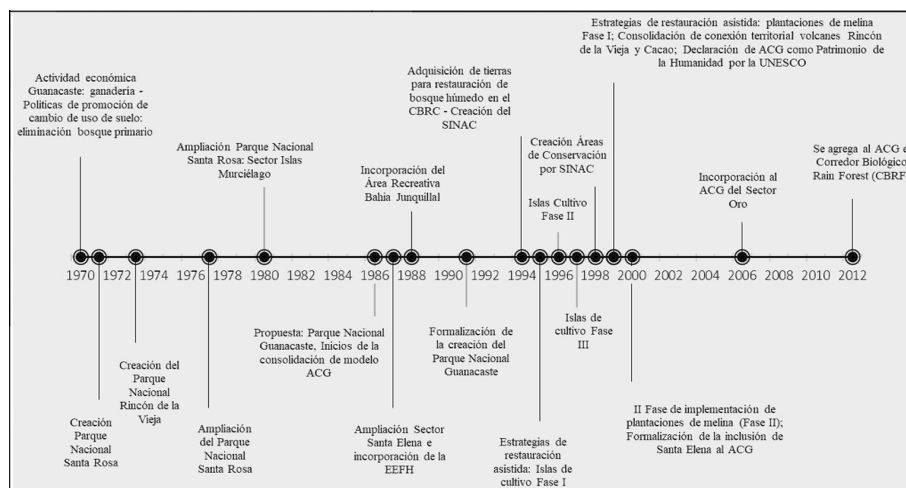


FIGURA 1

### Hitos del proceso de restauración asistida de más de veinte años en el Corredor Biológico Rincón Cacao, Costa Rica

Fuente: elaboración propia. Nota: Línea del tiempo. Hechos que enmarcaron la consolidación del Área de Conservación Guanacaste y estrategias de restauración implementadas a menor escala dentro del Corredor Biológico Rincón Cacao. EEFH: Estación Forestal Experimental Horizontes.

## 2. 2. Descripción de las estrategias de restauración asistida efectuadas (1995-2000)

### 2. 2. 1. Islas de cultivo (1995-1997)

Esta propuesta metodológica fue planteada y retroalimentada de manera constante a lo largo de tres años por parte de expertos y de experiencias compartidas en talleres. Las áreas donde se puso en práctica el ensayo estaban constituidas por potreros de diferente tamaño, con un área de 30 ha entre 1995-1996 y 40 ha en 1997, y presentaban características singulares que influyeron en el proceso de restauración. Se encontraban distantes a las vías principales y de difícil acceso, ya que eran terrenos de topografía irregular, suelos compactados, con piedras, densos pastizales (alcanzaban alturas de 1 m) y en donde no había presencia de fauna silvestre relevante.

Aunado a lo anterior, se encontraban inmersos en zonas boscosas en la base de la falda volcánica de la zona. Los potreros tenían algunos árboles remanentes como resultado de procesos ganaderos en donde se requería sombra para los animales, los cuales, para efecto de la estrategia, permanecieron como árboles semilleros y de percha importante para dispersores como aves y murciélagos que se movilizaban en la matriz del paisaje en la falda volcánica.

Uno de los aspectos críticos por enfrentar era la alta densidad de pastizales. Por ello, en 1995, cuando recién iniciaba la primera fase del proyecto, se realizaron “chapeos” intensivos con el propósito de habilitar la tierra para la siembra. Sin embargo, esto presentó muchas dificultades, pues, una vez cortado, el pasto retoñaba con facilidad y el terreno tenía muchas piedras (figura 2).



De acuerdo con la experiencia de la primera fase, en los años posteriores (fase II, 1996 y fase III 1997) se implementó una nueva idea en terrenos de mayor área, que fue la quema controlada, como paso previo a la mecanización con tractor. Esta última actividad constituía un elemento clave para reducir el pasto, aprovechar la ceniza como abono y activar del banco de semillas. Tiempo después, sería reconocida como un elemento que propició mayor diversidad de especies vegetales.

Una observación particular considerada impulsora del proceso de restauración es la presencia de dispersores que llegaban durante las actividades de mecanización; es posible que sea debido a la exposición de insectos y semillas.



FIGURA 2

Panorama de restauración inicial

Fuente: Félix Carmona. Nota: durante 1995 (izquierda)-1997 (derecha) en el Sector San Cristóbal, CBRC, ACG.

La siembra sería la actividad final que se realizaría en las áreas a restaurar antes de dejarlas abandonadas al paso del tiempo. Para ello, se tuvo en cuenta el riego de semillas y la provisión de plántulas de varias fuentes – bosques naturales de la zona, plantaciones y viveros comunitarios– en donde la propagación de plantas fuese en bolsa, con tierra y hojarasca proveniente de los bosques circundantes.

El diseño de la siembra fue aleatorio, bajo una distancia mínima de 3 x 3 m, a manera de núcleos (aprovechando los remanentes) fortalecidos con bandas o líneas de individuos que los conectaban entre sí. En la fase I se utilizaron estacones: plántulas extraídas como secciones vegetativas de plantas madre de interés de diferentes especies que fueron usadas para facilitar el desarrollo de especies vegetales que proporcionarían sombra, semillas y que sirvieran como percha para la avifauna (figura 3).

La selección de especies para siembra estuvo basada en que –nativas o no– fuesen de rápido crecimiento, adaptadas a bosques húmedos tropicales, que pudiesen proveer frutos para la fauna dispersora de semillas y que, a largo plazo, propiciaran conectividad e integración de las áreas en restauración, al paisaje original remanente.



FIGURA 3

Mecanización del terreno (izquierda) e implementación de siembra con estacones (derecha), durante 1995, en el Sector San Cristóbal, CBRC, ACG.

Fuente: Félix Carmona.

De acuerdo con los resultados preliminares de 1995, la avifauna fue el segundo mecanismo de dispersión más relevante después del viento y más efectivo que murciélagos y mamíferos terrestres. Sólo sobrevivió el 50% de los estacones; por ello, en los dos años posteriores (fase II y fase III) decidieron adicionar pseudoestacones entendidos como un árbol joven producido en almácigo o colectado de regeneración natural de bosques secundarios de la zona, los cuales resultaron ser más efectivos, cabe la posibilidad porque eran sembrados a raíz desnuda y con tallo lignificado, propiedad que les confería más probabilidades de sobrevivir.

En el caso de la primera y segunda fase (1995 y 1996) se emplearon especies forestales nativas y frutales que estuviesen disponibles en los bosques circundantes, vivero o plantación. En 1997 se toma la decisión de añadir especies no nativas, como la melina, para que actuaran como especies nodriza y facilitar un ambiente propicio para el establecimiento de otras especies, además de representar una fuente de alimento para la fauna. El número total de individuos producidos en los tres años del proyecto en viveros, pseudoestacones y estacones fue de 140.710, pertenecientes al menos a 40 especies.

Otra actividad básica consistió en la dispersión manual de semillas de diferentes especies como aguacate, mango, caobilla, manzana rosa, entre otros, con la intención de impulsar la restauración, en la cual hubo una colaboración social. En 1995 se regaron 163 kg de semillas; en 1996, 297 kg y en 1997, 85 kg; muchas de ellas frutales de al menos 21 especies.

Después de 20 años, las islas de cultivo dieron origen a bosques secundarios. Un vistazo de estos bosques hoy por hoy permite identificar a la brevedad la juventud que poseen, así como algunas de las especies características utilizadas. Sin embargo, como resultado de su estructura, y gracias al efecto de la dispersión de semillas de especies durables en su territorio, en muchos lugares se ha hecho cada vez más difícil diferenciarlos de parches de bosques remanentes de los años noventa debido a su efectiva integración en el paisaje con bosques secundarios de mayor edad como los que hay en la zona (figura 4).



FIGURA 4  
Panorama de las islas de cultivo (1996-1997)

Fuente: Ana María Sierra.

### 2. 3. Plantaciones de *Gmelina arborea* (1999-2000)

En 1997 era aún factible encontrar terrenos con grandes pastizales que llegaban a superar a veces el metro y medio de altura; por ello, a mediados de 1999 se usó la melina, especie no nativa de Costa Rica, como herramienta para la eliminación de pastizales, bajo un sistema silvicultural que favoreciera la regeneración del bosque.

Sin embargo, la idea de trabajar con una especie exótica fue algo particular para ese entonces. Algunos ambientalistas argumentaban que no sería favorable debido a que esta especie era “introducida” y esto tendría el potencial de afectar la ecología del sitio, cambiar la conducta de animales y, además, si bien el objetivo era



conectar dos parques nacionales, llegaría un punto en que se podría encontrar árboles de melina dentro del ACG, aspecto que alteraría la visión de conservación de especies dentro de estas áreas.

A pesar de esto, fueron reconocidas varias potencialidades de esta especie: *a*) ofrece posibilidades para el desarrollo de reforestaciones gracias a su rápido crecimiento y su relativa facilidad de manejo (Rojas *et al.*, 2004); *b*) es utilizada en la rehabilitación de la biodiversidad tanto en el suelo como en la vegetación en bosques tropicales semihúmedos o húmedos, ya que puede volver a ocupar espacios perturbados y abiertos relativamente rápido (ITTO, 2002); *c*) aumenta con rapidez la fertilidad del suelo (elevando los grados de nutrientes y el contenido de materia orgánica), sombrea la vegetación herbácea que compite para crear condiciones propicias al alterar el microclima y favorece la regeneración natural de especies forestales, por lo que se acelera el aporte de semillas contribuidas por fauna silvestre, incluso pueden llegar a proveer una fuente de ingreso a los propietarios de las tierras (Holl, 2002; ITTO, 2002; Parrotta, 1992); *d*) es una especie que puede soportar condiciones de estrés en lugares degradados mejor que las especies nativas e inclusive puede revertir la degradación (Ashton *et al.*, 1997; Holl, 2002; Lugo, 1997; Parrotta, 1992).

Algunas de las ventajas reconocidas respecto a esta nueva metodología, en el Sector San Cristóbal (ACG) era el hecho de que tenía un buen establecimiento y no se invertía tanto dinero y tiempo. A pesar de lo anterior, siempre existió la preocupación del rebrote de la melina, así como de la posible germinación de las semillas. Se consideraba, también, la posibilidad de que la especie no se pudiera desarrollar en un ecosistema tan diferente (bosque húmedo) y que además el avance de las hormigas cortadoras y la depredación de las hojas de la melina (al no tener defensa natural) sería un factor que ejercería presión sobre esta especie no nativa.

La puesta en funcionamiento de la estrategia también se pensó de forma tal que cuando la melina cumpliera su función como habilitadora de condiciones para el establecimiento de la cubierta vegetal pudiese en algún momento ser aprovechada. Este hecho podría permitir tener recursos económicos para seguir financiando proyectos de restauración en la zona; sin embargo, a partir de los resultados obtenidos, nunca se cortó.

En 1999 y 2000 se sembraron 30 ha de pseudoestaques de melina, 15 ha cada año. El diseño tuvo en cuenta una distancia de 3 m, equivalente a 33 000 individuos aproximadamente. Las características de los sitios en los que fue sembrada la melina eran pastizales, zonas bajas con bosques secundarios cercanos y terrenos planos a ondulados atravesados por arroyos y quebradas. Varias de estas características son óptimas para el establecimiento de la especie sumadas a suelos con alta disponibilidad de nutrientes (elevado contenido de calcio, magnesio) y en suelos con historial de cultivos agrícolas y charrales (Rojas *et al.*, 2004). La siembra de melina recibió mantenimiento durante su primer año de vida. Después, no se realizó ningún otro manejo, con plena intención de que la melina actuara facilitando regeneración del bosque y permitiendo el surgimiento de especies nativas (figura 5).



FIGURA 5

Establecimiento de plantaciones de *Gmelina arborea*

Fuente: Félix Carmona. Nota: con fecha en 1999, Sector San Gerardo, CBRC, ACG.

En los años siguientes a la implementación del tratamiento y hasta el 2002 fueron establecidas parcelas de monitoreo en los diferentes bloques de edades de siembra con el fin de evaluar a grandes rasgos la composición florística, el porcentaje de pasto, cobertura de copas y árboles adyacentes nativos portadores de semillas. De

acuerdo con las mediciones realizadas en tres años consecutivos, se reportó un aumento en la diversidad florística de los sitios. Con el paso de los años, el cierre de dosel de melina y la progresiva desaparición del pasto favoreció el crecimiento de especies durables (figura 6). Se pudo evidenciar una tendencia en la disminución de especies tal vez porque eran pioneras temporales, que estuvieron bajo la influencia acelerada de la melina y referente a la regeneración, fue elevada, equivalente a un 67%, representado en especial por especies como *Hydrocotyle sp.*, *Hemidiodia sp.*, *Pavonia schiedeana* y *Mimosa xanthocentra*.

Durante la implementación de esta estrategia con melina, fue posible establecer la presencia de un grupo dominante de herbáceas (69%), seguido por arbustos leñosos (20%) y por último especies arbóreas (11%). Se pudieron identificar alrededor de 19 especies (22%) que antes no existían en los potreros y se encontró que la mayoría de las especies fueron dispersadas por viento (33%), seguidas por las especies dispersadas por su propio peso (20%), mamíferos terrestres (11%), murciélagos (7%) y aves (9%).



FIGURA 6

Evolución de cuatro primeros años de la plantación establecida en 1999

Nota: Félix Carmona, 2002.

La melina ha dado origen a bosques secundarios que han demostrado resiliencia frente a dos huracanes Otto y Nate (2016-2017), en donde se vieron afectados pocos individuos, y han soportado algunas áreas inundables y permanecen en suelos con un historial destacado de ganadería. Estos bosques aún dejan entrever su carácter de plantación gracias al arreglo espacial y los diámetros más o menos similares entre los individuos de la misma especie; sin embargo, hay sectores en los cuales se evidencia un avance en la conexión estructural con bosques secundarios de mayor edad. También se pueden observar gran variedad de especies nativas que se han establecido, con diámetros similares a la melina, lo cual indica que, al poco tiempo de sembrarse la nodriza, lograron colonizar (figura 7).



FIGURA 7

anorama de bosques secundarios jóvenes en áreas bajo la estrategia de plantaciones de melina después de 20 años de procesos de restauración en el Sector San Gerardo, CBRC, ACG.

### 3. DISCUSIÓN

#### 3. 1. Consideraciones de las estrategias implementadas como ecosistemas restaurados

Las estrategias implementadas en el Sector San Cristóbal de ACG en el CBRC son claros ejemplos de metodologías que a lo largo de 25 y 20 años han mostrado avances en el paisaje en términos de restauración en ecosistemas degradados, en áreas de diferente tamaño, inmersas en el paisaje, que suman 130 ha. Éstas actuaron como una perturbación orientada a cambiar el estado del sistema a bosque húmedo para revertir la degradación con miras a alcanzar características biológicas y ecológicas de los bosques secundarios de la zona. Además, están enmarcadas dentro de procesos de manejo y gestión de bosques y encaminadas a aumentar la resiliencia de ecosistemas de bosque húmedo tropical que habían sufrido procesos de degradación reflejados en disminución de la diversidad y menor cantidad de servicios ecosistémicos (Chazdon *et al.*, 2020a; Thompson, 2011).

Las estrategias cumplieron con varios de los principios planteados por Thompson (2011) para mantener e intensificar la resiliencia forestal evitando degradación a largo plazo y favoreciendo la adaptación al cambio climático; principios que se relacionan con la consecución de la meta última del ACG: la conectividad en el paisaje del Corredor Biológico Rincón Cacao.

Esta área de conservación fomentó la protección de la biodiversidad en función de que se expandió el área protegida y se incluyeron más terrenos en sus parques –como el caso del Parque Nacional Guanacaste– procurando el mantenimiento de la conectividad, reduciendo la fragmentación y recuperando bosques a través de procesos de restauración asistida. Según R. Chazdon *et al.* (2020b) y Thompson (2011) en un proceso de restauración es clave mantener la diversidad genética existente y la complejidad estructural del paisaje con bosques naturales como referencia, además de respetar parches de bosque remanente y evitar la reducción de poblaciones de especies arbóreas que constituyen el paisaje. De acuerdo con lo anterior, se deben asignar áreas de regeneración asistida con especies cuyas características sean similares a las condiciones deseadas en un futuro. Como parte de este principio hoy en día se pueden observar en el CBRC los bosques secundarios jóvenes que se están regenerando en las áreas donde fueron implementadas las estrategias y que, poseen individuos de especies típicas de los bosques húmedos de la zona, por ejemplo, *Hampea appendiculata* y *Nectandra membranacea*. La primera de ellas es leñosa de tierras bajas y típica de etapas sucesionales tempranas (Finegan, 1996; Guariguata y Ostertag, 2002).

Otro de los principios que se reconocen como parte del mantenimiento de la resiliencia está relacionado con el hecho de que existan redes nacionales y regionales de áreas protegidas que, respaldadas científicamente, puedan llegar a lograr conectividad en el paisaje (Janzen y Hallwachs, 2020).

El panorama que se observa hoy es consecuencia de procesos de restauración en donde las áreas han seguido una trayectoria encaminada a alcanzar similitud con los atributos de los bosques de referencia (Society for Ecological Restoration, 2004). Esto implica que el “nuevo” ecosistema presenta un conjunto de especies características del ecosistema de referencia, así como grupos funcionales, ambiente físico e integración al paisaje ecológico con capacidad de proveer bienes y servicios naturales, hábitat para especies, protección de la diversidad genética y que ofrezca valor estético y actividades de valor y carácter social (Ceccon y Martínez-Garza, 2016; Society for Ecological Restoration, 2004).

Partiendo de los atributos mencionados y la sistematización de los resultados obtenidos, tanto las plantaciones de melina como las islas de cultivo parecen evidenciar la reversión de la degradación que existía en la zona hace más de cien años respecto a los bosques secundarios de referencia que se pueden observar en la zona y que, además, se encuentran en un proceso de construcción de conectividad en el bloque ACG.

Asimismo, es crucial reconocer que cada una de las estrategias presentaron elementos que condicionaron la restauración de bosques y facilitaron la regeneración y el establecimiento de las especies deseadas, por ejemplo, la disponibilidad de semillas de bosques circundantes, su germinación, la competencia con vegetación



existente, microclima, fuegos, nutrientes del suelo, comunidades microbianas, herbivoría e incluso factores sociales fueron algunos de los elementos condicionantes (Brancalion y Holl, 2020; Holl, 2002).

Dentro de las lecciones técnicas aprendidas de la restauración asistida llevadas a cabo en el CBRC, se destaca el empleo de semillas de plantas pertenecientes al gremio de heliófitas efímeras, las cuales germinan pronto porque que el pasto no puede ahogarlas y logran colonizar con más rapidez (*Ochroma pyramidale*, *Guazuma ulmifolia*), además las hace idóneas como sitios de percha para las aves, que adquieren relevancia en la fase de dispersión de semillas de especies durables que continúan en el proceso de sucesión. También se resalta que, si las áreas por restaurar son ganaderas, puede marcar gran diferencia el hecho de sacar el ganado de forma progresiva o sacarlo radicalmente, ya que es un controlador de gramíneas.

Las islas de cultivo presentaron la ventaja de elegir varias especies que se emplearían de manera simultánea en las siembras y de este modo aumentar la posible diversidad y con ello atraer dispersores (Holl *et al.* 2017); sin embargo, esta estrategia tuvo mucha intervención. Tanto la quema como la mecanización constituyeron actividades que facilitaron el establecimiento de las plantas, pero implicó un mayor costo en términos de logística, tiempo y dinero.

La quema se presentó como un elemento principal, ya que logró acelerar el proceso de restauración con base en la activación del banco de semillas; en este aspecto, la ceniza constituyó una fuente de fertilizantes y la labor del tractor se pudo agilizar.

Las plantaciones de *G. arbórea* presentaron muchas ventajas como estar en zonas cercanas a las vías principales y eso facilitaba el acceso, la siembra de la melina y el manejo silvicultural (Borda-Niño *et al.* 2020), el cual fue más sencillo en términos de tiempo y costos, siendo más económica de acuerdo con su disponibilidad. En el primer año, después de ser plantada, superó la altura del pasto, tenía hojas de mayor tamaño y fue posible evidenciar la relación inversa entre la ocupación de copa de la melina y la cantidad de pasto, así como también la relación directa: a mayor cobertura de copas mayor regeneración. *G. arbórea* permitió el desarrollo de especies maderables nativas sobre todo a raíz de la sombra y el consecuente cambio de las condiciones microclimáticas, en donde algunas especies como *Acalypha arvensis* y *Psidium guajaba* aumentaron su representatividad. Asimismo, se volvió frecuente la reincorporación de mamíferos y aves dispersoras de semillas que habían desaparecido de esos terrenos años atrás por causa de las actividades de tipo antropogénico debido quizá al aumento de la cobertura, que a su vez representaba hábitat.

Respecto a la controversia que puede llegar a presentar el uso de melina dentro de estrategias de restauración, vale la pena mencionar que, hasta 2004, en América Central no se presentaron reportes que afirmen que compite con especies nativas de bosques (Rojas *et al.*, 2004) y que para el este estudio no se ha detectado carácter invasor para esta especie; sin embargo, es un asunto que debe ser monitoreado y evaluado en el tiempo. Se debe considerar que las alternativas de restauración como las islas de cultivo y la siembra de árboles no nativos, como “cultivos nodriza”, son una herramienta de manejo forestal habilitadora para el establecimiento de vegetación local que subsana la necesidad de activar la restauración de bosques tropicales y conectividad de áreas de conservación y protección de biodiversidad (Brancalion y Holl, 2020; Holl, 2002; Holl *et al.*, 2020). Ambas estrategias dieron valor a la restauración ecológica asistida como elemento primordial en la recuperación de bosques secundarios.

## CONCLUSIONES

Los objetivos iniciales de las dos estrategias de restauración asistida (islas de cultivo como plantaciones de melina) contribuyeron sin duda a la restauración que posee el ACG, en términos de conectividad en el paisaje a través de actividades como el desplazamiento de pasturas, recuperación de estructura, aumento de riqueza y recuperación de especies de bosques naturales de la zona.

A la fecha el ACG corresponde a un bloque protegido de cuatro ecosistemas, que constituye la única área protegida en el neotrópico y que conserva y restaura un gradiente de ecosistemas.



La restauración ecológica asistida es una alternativa interesante para recuperar la resiliencia de los ecosistemas, siempre y cuando se tenga conocimiento suficiente sobre la historia del sitio y se puedan ejecutar actividades a favor del restablecimiento de procesos ecológicos.

La experiencia con islas de cultivo y las plantaciones de melina dan valor a la restauración ecológica en tanto han logrado ser evidencia de servicios ecosistémicos que se derivan de bosques secundarios.

Es ideal que la sistematización de estas experiencias en el trópico funcione como argumento para facilitar la consecución de mecanismos monetarios para llevar a la práctica metodologías similares de investigación en otros lugares con el fin de recuperar paisajes degradados.

## ANÁLISIS PROSPECTIVO

Este artículo ha presentado características, condiciones económicas, sociales, ambientales y lecciones aprendidas de un proceso de restauración ecológica, que podrían ser útiles en próximas experiencias de restauración. La llegada de la actual pandemia con el COVID-19 ha puesto en debate la importante relación existente entre la transmisión de patógenos al ser humano y la reducción de la capacidad de regulación natural de los ecosistemas, capacidad que se ve afectada con la degradación de los bosques de manera descontrolada y que necesita de acciones concretas para ser mitigada. Siendo esto de vital importancia para la vida del ser humano, se ha declarado el periodo 2021-2030 por parte de las Naciones Unidas como la década de la restauración de los ecosistemas al apoyar las metas definidas en el Desafío de Bonn y la Declaración de Nueva York sobre los Bosques con el objetivo de prevenir, detener y revertir su degradación en el mundo (PNUMA/FAO, 2020). Así, la difusión de estrategias de restauración ecológica exitosas funciona como un aporte de soluciones viables y duraderas que pueden ser utilizadas teniendo en cuenta las características y lecciones presentadas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los aportes realizados por los evaluadores, ya que permitieron los ajustes técnicos necesarios para lograr la publicación.

## REFERENCIAS

- ACG (Área de Conservación Guanacaste). (2012). *Programa de restauración y silvicultura*. Disponible en <https://www.acguanacaste.ac.cr/biodesarrollo/programa-de-restauracion-y-silvicultura>.
- Aide, T. M., Clark, M., Grau, H. R., López-Carr, D., Levy, M. A., Redo, D., . . . Muñiz, M. (2012). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean 2001-2010. *Biotropica*, 45(2), 262-271. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x>
- Armenteras, D., Espelta, J. M., Rodríguez, N., & Retana, J. (2017). Deforestation dynamics and drivers in different forest types in Latin America: Three decades of studies (1980-2010). *Global Environmental Change*, 46, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.002>
- Ashton, M., Gamage, S., Gunatilleke, I. U. C. N., & Gunatilleke, C. V. S. (1997). Restoration of a Sri Lankan Rainforest: Using Caribbean Pine *Pinus caribaea* as a Nurse for Establishing Late-Successional Tree Species. *Journal of Applied Ecology*, 34(4), 915-925. <https://doi.org/10.2307/2405282>
- Barrera Cataño, J. I., Aguilar-Garavito, M. y Rondón-Camacho, D. C. (2008). *Experiencias de restauración ecológica en Colombia*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Borda-Niño, M., Meli, P., & Brancalion, P. H. S. (2020). Drivers of tropical forest cover increase: A systematic review. *Land Degradation & Development*, 31(11), 1366-1379. <https://doi.org/10.1002/ldr.3534>

- Brancalion, P. H. S., & Holl, K. D. (2020). Guidance for successful tree planting initiatives. *Journal of Applied Ecology*, 57(12), 2349-2361. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13725>
- Ceccon, E., & Martínez-Garza, C. (2016). *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Celentano, D., Zahawi, R. A., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R. J., & Holl, K. D. (2011). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. *Revista de Biología Tropical*, 59, 1323-1336.
- Chazdon, R., Lindenmayer, D., Crouzeilles, R., Rey Benayas, J., Chaverro, E. L. y Guariguata, M. R. (2020a). *La regeneración natural del bosque en tierras abandonadas como estrategia de restauración*. CIFOR. Disponible en <https://www.cifor.org/knowledge/publication/7621/>
- Chazdon, R. L., Wilson, S. J., Brondizio, E., Herbohn, J. y Guariguata, M. R. (2020b). Consideraciones sobre la gobernanza y la restauración del paisaje forestal: Retos y oportunidades para la presente década. CIFOR. Disponible en <https://www.cifor.org/knowledge/publication/7712/>
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, 320(5882), 1458.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2011). *Situación de los bosques del mundo*. Roma.
- Finegan, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forests: The first 100 years of succession. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(3), 119-124. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)81090-1](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)81090-1)
- Granda Moser, V., Finegan, B., Ramos Bendaña, Z. S., Detlefsen Rivera, G. y Molina, A. (2015). *Potencial de manejo de bosques restaurados por sucesión natural secundaria en Guanacaste, Costa Rica: composición, diversidad y especies maderables*. Turrialba: CATIE.
- Guariguata, M. y Ostertag, R. (2002). *Ecología de bosques neotropicales: sucesión secundaria*. Cartago: Tecnológica.
- Holdridge, L. R. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Holl, K. (2002). Tropical moist forest restoration. *Handbook of Ecological Restoration*, 2, 539-558.
- Holl, K., Loik, M., H. V. Lin, E., & A. Samuels, I. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment, *Restoration Ecology*, 8, 339-349. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80049.x>
- Holl, K. D., Reid, J. L., Cole, R. J., Oviedo-Brenes, F., Rosales, J. A., & Zahawi, R. A. (2020). Applied nucleation facilitates tropical forest recovery: Lessons learned from a 15-year study. *Journal of Applied Ecology*, 57(12), 2316-2328. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13684>
- Holl, K. D., Reid, J. L., Chaves-Fallas, J. M., Oviedo-Brenes, F., & Zahawi, R. A. (2017). Local tropical forest restoration strategies affect tree recruitment more strongly than does landscape forest cover. *Journal of Applied Ecology*, 54(4), 1091-1099. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12814>
- ITTO (International Tropical Timber Organization). (2002). *Guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests*. International Tropical Timber Organization.
- Janzen, D. H., & Hallwachs, W. (2020). Área de Conservación Guanacaste, Northwestern Costa Rica: Converting a tropical national park to conservation via biodevelopment. *Biotropica*, 52(6), 1017-1029. <https://doi.org/10.1111/btp.12755>
- Jara H., O. (1994). *Para sistematizar experiencias: una propuesta teórica y práctica*. San José: Centro de Estudios y Publicaciones, ALFORJA.
- LaFrankie, J. V., Ashton, P. S., Chuyong, G. B., Co, L., Condit, R., Davies, S. J., . . . Villa, G. (2006). Contrasting structure and composition of the understory in species-rich tropical rain forests. *Ecology*, 87(9), 2298-2305. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[2298:CSACOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[2298:CSACOT]2.0.CO;2)

- Lamb, D., Erskine, P. D., & Parrotta, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628-1632. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- Lugo, A. (1997). *The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures*.
- Mansourian, S., Vallauri, D., & Dudley, N. (2005). *Forest restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*. New York: Springer.
- Parrotta, J. A. (1992). The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 41(2), 115-133. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90105-K](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90105-K)
- Quesada, M., Sanchez-Azofeifa, G. A., Alvarez-Añorve, M., Stoner, K. E., Avila-Cabadilla, L., Calvo-Alvarado, J., . . . Sanchez-Montoya, G. (2009). Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management*, 258(6), 1014-1024. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.023>
- Rojas, F., Arias, D., Moya, R., Meza, A., Murillo, O., & Arguedas, M. (2004). *Manual para productores de Melina (Gmelina arborea) en Costa Rica*. Cartago.
- Society for Ecological Restoration. (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Washington.
- Thompson, I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistemicos, resiliencia y degradacion forestal. Unasylva. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 62(238), 25-30.
- Walker, L. R., Walker, J., & Hobbs, R. J. (2007). *Linking Restoration and Ecological Succession*. New York: Springer.

## NOTAS

[1] Disponible en <https://www.decadeonrestoration.org/>

[2] Divisiones administrativas del territorio del Costa Rica definidas por el Ministerio de Ambiente y Energía para la gestión de la biodiversidad.