

De la siembra a la restauración: protocolo para la plantación de árboles nativos y la mejora de los servicios ecosistémicos en el contexto de la adaptación climática

From Planting to Restoration: Protocol for Native Tree Planting and Enhancing Ecosystem Services in the Context of Climate Adaptation

Óscar Chacón Chavarría¹

DOI: 10.22458/rb.v35i2.5606

Recibido – Received: 30 / 09/ 2024 / Corregido – Revised: 14 / 10/ 2024 / Aceptado – Accepted: 24/ 10/ 2024

RESUMEN

La adecuada selección y uso de especies nativas en la reforestación es esencial para la restauración de los ecosistemas y la mejora de los servicios ecosistémicos urbano – rurales y contribuye de manera significativa a la adaptación al cambio climático. Al estar adaptadas a las condiciones locales, estas especies favorecen la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas, lo cual permite una mejor respuesta ante fenómenos climáticos extremos. La plantación de especies nativas ayuda a reducir las temperaturas, creando microclimas más frescos que mitigan el efecto de las islas de calor. Además, mejoran la infiltración de agua al disminuir el riesgo de inundaciones y la erosión. Estas especies también son cruciales para la polinización, ya que muchas proveen alimento a polinizadores como las abejas, fundamentales para la reproducción de plantas y la producción de alimentos. La incorporación de estas especies es clave para mejorar la belleza escénica. Su presencia en entornos naturales y urbanos embellece el paisaje y promueve el bienestar y la calidad de vida de las personas. El uso de especies nativas en la reforestación no solo impulsa la biodiversidad, sino que también fomenta la captura de carbono, la mejora la calidad del aire y regula el ciclo del agua; es decir, contribuye a la preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras.

Palabras clave: adaptación; árboles; biodiversidad; compostaje; rehabilitación; servicios ecosistémicos.

ABSTRACT

The proper selection and use of native species in reforestation is essential for the restoration of ecosystems and the enhancement of urban-rural ecosystem services and significantly contributes to climate change adaptation. Since these species are adapted to local conditions, they promote ecosystem biodiversity and resilience, which favors a better response to extreme weather events. Planting native species helps reduce temperatures by creating cooler microclimates that mitigate the heat island effect. Additionally, they improve water infiltration by decreasing the risk of flooding and erosion. These species are also crucial for pollination, as many provide food for pollinators such as bees, which are fundamental for plant reproduction and food production. Incorporating these species is key to enhancing scenic beauty. Their presence in natural and urban environments beautifies the landscape and promotes people's well-being and quality of life. The use of native species in reforestation not only boosts biodiversity, but also promotes carbon capture, improves air quality and regulates the water cycle; in other words, it preserves natural resources for future generations.

Keywords: adaptation; trees; biodiversity; composting; rehabilitation; ecosystem services.

¹ Centro de Educación Ambiental, Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica, A. P. 474-2050 Costa Rica. ochacon@uned.ac.cr
ID: <https://orcid.org/0000-0003-3596-9076>

Presentación

El Centro de Educación Ambiental -CEA- de la Universidad Estatal a Distancia -UNED- se fundó en 1977 bajo el nombre de Programa de Educación Ambiental -PEA-, con el propósito de fomentar una actitud responsable y comprometida con el ambiente entre los diferentes sectores de la sociedad costarricense. Su enfoque ha sido contribuir a la mejora de la calidad de vida mediante acciones como la investigación, la extensión universitaria, las capacitaciones, la producción de materiales didácticos, los talleres, y otras iniciativas educativas orientadas a evaluar y abordar los desafíos y oportunidades ambientales en los territorios.

Este material consiste en un protocolo básico para la adecuada selección, siembra y mantenimiento de especies arbóreas que faciliten la recuperación y mantenimiento de los servicios ecosistémicos y apoyen en la adaptación ante el cambio climático a través de soluciones basadas en la naturaleza.

Introducción

La reforestación con especies arbóreas nativas se ha consolidado como una estrategia efectiva para la restauración de ecosistemas y la mitigación de los efectos del cambio climático. El proceso contribuye no solo a la mejora de la biodiversidad, sino también al incremento de servicios ecosistémicos críticos, como la fijación de carbono, la retención de suelos y la reducción de riesgos asociados a eventos hidrometeorológicos extremos. En particular, la capacidad de los árboles nativos para evitar la erosión del suelo, retener gases de efecto invernadero y disminuir la frecuencia e intensidad de inundaciones es de gran relevancia en un contexto de crecientes impactos ambientales derivados del cambio climático (Programa Derechos, Cambio Climático y Bosques, CEPLAES-RFN, 2015).

Además, favorece la regeneración de hábitats que sustentan diversas especies de polinizadores, como abejas y mariposas, así como aves y mamíferos, promueve así la conectividad estructural del paisaje (Murgueitio y otros, 2011 & da Silva y otros, 2012). Estos procesos son esenciales no solo para mejorar la salud y funcionalidad de los ecosistemas, sino también para incrementar la resiliencia de las comunidades humanas que dependen de ellos.

No obstante, el éxito de las iniciativas de reforestación depende de dos aspectos fundamentales como son la participación y apropiación ciudadana y la implementación de protocolos de plantación rigurosos que aseguren la selección adecuada de especies, el uso de técnicas apropiadas para la siembra y el mantenimiento posterior. Esto incluye la consideración de factores como la adaptabilidad de las especies al entorno local, la temporalidad de la siembra y la disponibilidad de recursos hídricos (Chazdon & Guariguata, 2016). Por lo anterior, se ha desarrollado este protocolo de plantación enfocado en estas necesidades, con el fin de maximizar los beneficios ecológicos y sociales de las campañas de reforestación.

Objetivo del protocolo

Brindar una guía didáctica que ofrezca los pasos esenciales para la siembra adecuada de árboles nativos, mediante la correcta selección de especies, la elección del sitio de plantación y la aplicación de métodos de siembra efectivos, con el propósito de garantizar la supervivencia de los árboles y optimizar los servicios ecosistémicos en las áreas intervenidas.



Conceptualización

El uso de plantas nativas en la reforestación urbana y rural se ha convertido en una estrategia clave para la rehabilitación y restauración de ecosistemas, ya que estas especies están adaptadas a las condiciones locales y juegan un papel crucial en la sostenibilidad ambiental. Estudios recientes subrayan que las plantas nativas son más eficientes en la rehabilitación de hábitats, favoreciendo la biodiversidad y mejorando la resiliencia de los ecosistemas frente a los impactos del cambio

climático (Chazdon y otros, 2017). Para comprender a fondo los beneficios y desafíos de la reforestación con especies nativas, es necesario abordar una serie de conceptos clave que guiarán la implementación de proyectos exitosos. Entre estos conceptos se incluyen la restauración ecológica, la conectividad estructural y funcional, los servicios ecosistémicos, los corredores biológicos y el manejo adecuado de áreas de protección hídrica (Forest Restoration in Landscapes, s.f.). A continuación, se detallan estos y otros términos relevantes para una visión integral de la reforestación con plantas nativas.

Tabla 1
Conceptualización clave para la siembra adecuada de árboles

Concepto	Descripción
Árbol	Planta leñosa de gran tamaño que presenta un tronco único y elevado con ramas. Se clasifican en: Caducifolios: pierden sus hojas durante la época seca la distribuir su energía a las funciones esenciales, ahorrando nutrientes. Perennes: aquellos que mantienen sus hojas durante todo el año. Suelen ser más resistentes a climas extremos. Frutales: son los que producen frutos para el consumo humano o animal. Ornamentales: utilizados con fines decorativos por su floración. No siempre se corresponden con especies nativas.
Arbusto	Planta leñosa de menor tamaño que el árbol, con múltiples ramas que emergen desde su base.
Área de protección hídrica	Espacios clave para proteger extensiones de agua que se encuentran en el subsuelo o superficie terrestre (cuerpos de agua). De acuerdo con la legislación de Costa Rica, pueden abarcar las siguientes longitudes según el cuerpo de agua: Nacientes: 100 metros de radio. Ríos, quebradas y arroyos en zonas rurales con pendiente plana: 15 metros a ambos lados del cauce. Ríos, quebradas y arroyos en zonas urbanas con pendiente plana: 10 metros a ambos lados del cauce. Ríos, quebradas y arroyos en sitios en terrenos quebrados: 50 metros a ambos lados del cauce. Riberas de lagos, embalses naturales o lagos artificiales construidos por el Estado: 50 metros horizontales.
Bosque	Ecosistema nativo u autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizado por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura de pecho (Ley Forestal N°7575 Costa Rica, 1996).
Bosque ribereño	Bosque que se encuentra en las orillas de cuerpos de agua, actúa como zona de amortiguamiento.
Compostaje	Proceso biológico en el que los residuos orgánicos son descompuestos en condiciones controladas.
Conectividad estructural	Distribución física de hábitats que permite la conexión entre fragmentos del bosque.

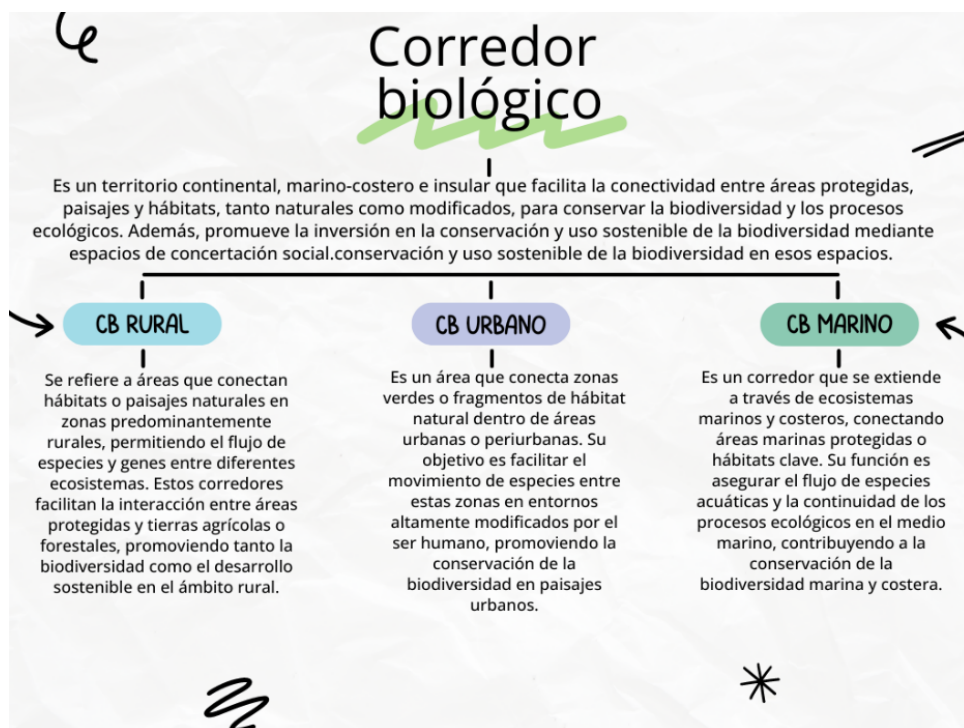
Concepto	Descripción
Conectividad funcional	Facilidad con la que las especies se mueven a través del paisaje, considerando su comportamiento.
Reforestación	Proceso de plantar árboles en áreas degradadas para recuperar la cobertura forestal.
Rehabilitación forestal	Acción de mejorar las funciones ecológicas de un bosque dañado sin restaurar todas sus características.
Restauración ecológica	Proceso integral de recuperación de un ecosistema a su estado original o funcional.
Semillas	Órganos reproductivos de plantas que contienen el embrión para formar nuevas plantas.
Sucesión ecológica o sucesión natural	Proceso natural de cambio en la estructura de una comunidad ecológica con el tiempo.
Suelo	Capa superficial de la Tierra que sostiene la vida vegetal y contiene nutrientes.
Vivero	Lugar donde se cultivan plantas, especialmente para la reforestación y restauración ecológica.

Nota. La tabla contiene algunos conceptos clave necesarios para los procesos relacionados con la reforestación. Elaboración propia.

Los corredores biológicos son un área dentro del territorio conformado por hábitats naturales o modificados cuyo fin es brindar bienes y servicios ambientales para la sociedad por medio de la interconexión de bosques o zonas núcleo de interés comunitario. Son

considerados estrategias de conservación comunitaria donde las personas son parte fundamental para su éxito, gracias a la participación en procesos diversos entre los cuales destaca la reforestación para la conservación de nacientes, ríos y quebradas.

Figura 1
Corredor biológico



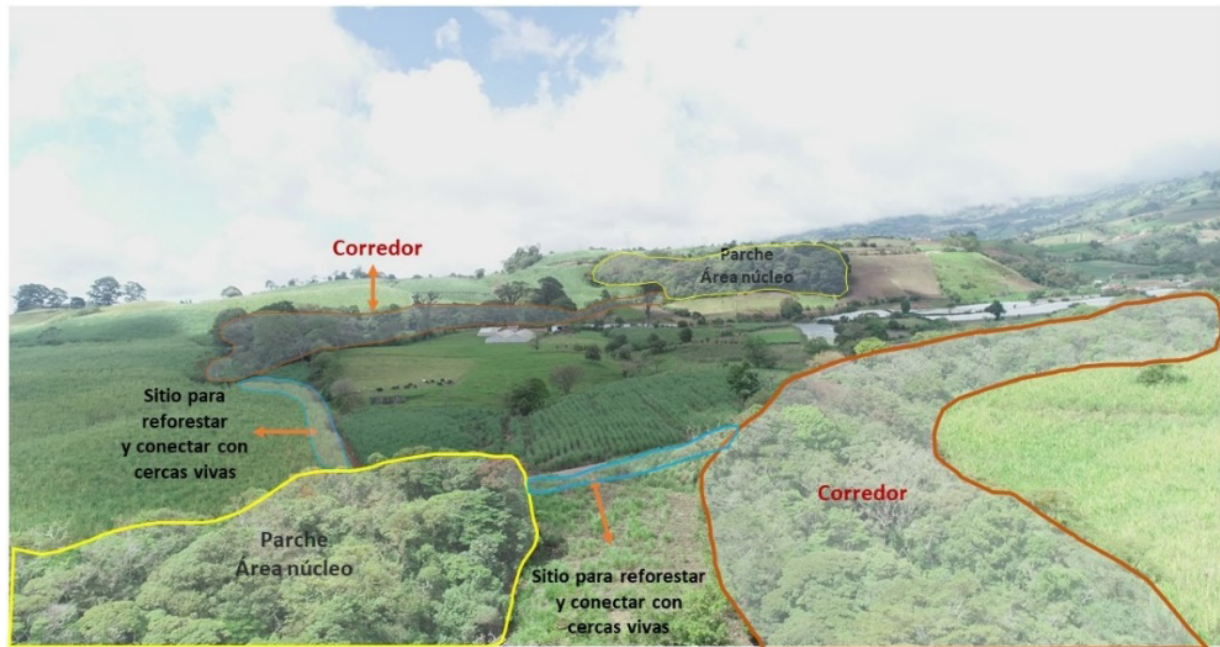
Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Áreas de Conservación -SINAC- (SINAC, 2024), la reforestación es fundamental en los corredores biológicos para restaurar la conectividad estructural y funcional, en procura de garantizar el flujo de especies, permitiendo la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento

de los procesos ecológicos esenciales. Este proceso busca interconectar bosques riparios con otras áreas núcleo a partir del proceso de reforestación en sitios clave. La siguiente figura muestra una representación gráfica de la conectividad en áreas rurales.

Figura 2

Representación gráfica de los elementos necesarios para la conectividad en el territorio



Notas. La figura muestra aspectos clave para la conectividad: 1. parches de bosque: considerados áreas núcleo para la conectividad, están representados por los bosques remanentes del paisaje. 2. Corredor: área que actualmente presenta conectividad entre áreas núcleo, especialmente asociados con los bosques riparios. 3. Sitios por reforestar: son áreas clave donde deben implementarse acciones de reforestación o establecimiento de árboles dispersos o cercas vivas para mejorar la conectividad entre áreas núcleo y corredores. Elaboración propia

Protocolo para la siembra de vegetación

La restauración de ecosistemas mediante la siembra de vegetación nativa se ha convertido en una práctica fundamental para la conservación de la biodiversidad y la resiliencia ambiental. Según la Society for Ecological Restoration -SER- (2024) "la restauración ecológica es un proceso que busca ayudar a la

recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido", lo que resalta la importancia de emplear especies autóctonas adaptadas a las condiciones locales. Asimismo, la reforestación tradicional se reconoce como una de las técnicas de restauración activa más utilizados, ya que busca crear un dosel y fomentar la sucesión natural de los bosques autóctonos.

Figura 3

Proceso de evolución del bosque



Nota. Elaboración propia por medio de inteligencia artificial (OpenAI, 2024). La figura contiene una representación del proceso de evolución del bosque en sus diferentes etapas. Siendo la colonización de especies oportunistas la primera de ellas, hasta llegar a una etapa clímax donde los árboles maduros dominan el paisaje.

¿Qué es un agente perturbante?

Acontecimiento que afecta a una comunidad, un ecosistema o la biodiversidad, a tal punto que puede provocar una modificación de su estado natural o impedir que llegue a su estado óptimo, pudiendo ocasionar su degradación e incluso su desaparición.

Existen dos grandes grupos de agentes perturbantes:

Naturales: provocados por cambios en las condiciones ambientales.

Antrópicas: ocasionadas por las actividades que desarrollan las personas.

La **sucesión ecológica** en un bosque, tal como describe García-Astillero (2018), es un proceso dinámico que permite la recuperación y el establecimiento de comunidades vegetales tras la afectación por un agente perturbante. Este fenómeno natural se encuentra estrechamente vinculado a la práctica de la reforestación, que busca restaurar áreas degradadas y fomentar un ecosistema saludable. La reforestación no solo inicia la sucesión ecológica al introducir especies nativas, sino que también acelera el proceso al crear condiciones favorables para el establecimiento de plantas pioneras, que son cruciales para mejorar el suelo y preparar el terreno para

especies más complejas. Además, al contribuir a la adaptación al cambio climático, la reforestación ayuda a aumentar la biodiversidad y la biomasa (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC-, 2023), procesos fundamentales que, a medida que avanzan hacia el estado de clímax, consolidan la estabilidad del ecosistema. Por lo tanto, la reforestación se presenta como una estrategia clave no solo para mitigar los efectos del cambio climático, sino también para facilitar y guiar la sucesión ecológica en los bosques, beneficiando tanto al ambiente como a la calidad de vida de las personas que dependen de estos ecosistemas. Además, la reforestación enriquece la belleza escénica de un área, transformando paisajes y proporcionando espacios recreativos que mejoran la calidad de vida.

A continuación, se propone un enfoque para abordar situaciones perturbadoras de origen natural o antrópico que afectan tanto los espacios naturales como los sociales (parques urbanos, parques recreativos, áreas aledañas a canchas de deportes, aceras, entre otros). Este enfoque se organiza en tres unidades que forman parte de un protocolo diseñado para proporcionar los elementos necesarios para asegurar una intervención adecuada a partir de la reforestación como una estrategia clave.

Unidad 1. Planificación de la siembra

La planificación de la siembra de árboles, con especial énfasis en los nativos, es un proceso fundamental para asegurar el éxito de las iniciativas de restauración, conservación y embellecimiento urbano y rural. La etapa implica una cuidadosa determinación de los sitios por intervenir, considerando factores como la degradación del suelo, la biodiversidad existente y la conectividad ecológica. Además, es



esencial definir claramente los objetivos de la siembra, que pueden abarcar desde la recuperación de hábitats hasta la mitigación del cambio climático. Finalmente, la selección de especies adecuadas es crucial, ya que estas no solo deben adaptarse a las condiciones locales, sino también contribuir al fortalecimiento de la resiliencia ambiental. Esta planificación integral garantiza una intervención efectiva y sostenible que beneficia tanto a la flora y fauna local como a las comunidades humanas.

Para el desarrollo de esta unidad, se sugiere seguir los pasos descritos a continuación.

Paso 1. Determinación del sitio o sitios por intervenir

De preferencia debe ser un sitio público que cumpla con las siguientes condiciones:

- De fácil acceso.
- Ubicado en una pendiente no pronunciada, especialmente si se busca sembrar especies de tipo frutales para el consumo humano.
- Ser un sitio que facilite el mantenimiento posterior a la siembra.
- Cuyo beneficio sea de interés comunitario (área de protección hídrica, parques públicos, centros educativos, entre otros).

Si el sitio por intervenir se encuentra en riberas, es fundamental, en primer lugar, delimitar el área de protección hídrica utilizando una cinta métrica y marcando los límites con estacas. Asimismo, se recomienda contar con el apoyo del personal técnico del SINAC y la colaboración de los propietarios de la finca para obtener el aval correspondiente.

Paso 2. Determinar el objetivo de la siembra

El objetivo debe estar vinculado a un proceso de bienestar comunitario, que ofrezca soluciones a problemas ambientales:

- Conservación del recurso hídrico.
- Control de la erosión.
- Control de inundaciones.
- Fomento de la conectividad ecológica.
- Atracción de biodiversidad local.
- Control de la temperatura.
- Control de especies vegetales invasoras.
- Fomento del retorno de polinizadores.
- Mejora de la composición florística para fines de turismo rural comunitario.
- Ser espacio de sensibilización.

La selección de las especies vegetales debe alinearse con el objetivo (Alcaldía Municipal de Soledad, 2019 & Shelef y otros, 2017). Por ejemplo, si el enfoque es la recuperación de la estructura vegetal local, se deben elegir especies nativas. En cambio, si se busca establecer una huerta que satisfaga necesidades alimenticias, es fundamental optar por especies adaptadas a las condiciones climáticas locales para asegurar una producción adecuada. Esto incluye garantizar un suelo de calidad y enriquecerlo mediante la aplicación de abono orgánico, riego y cuidados constantes.

Por otra parte, si el propósito de la reforestación es atraer polinizadores, las especies elegidas deben presentar características específicas de floración que favorezcan el retorno de abejas, mariposas, escarabajos y otros polinizadores.



Figura 4
Especies de plantas que atraen polinizadores



Nota. Representación de especies de plantas que atraen polinizadores como mariposas, escarabajos y abejas, las cuales construyen con su actividad un ecosistema más saludable y equilibrado. Estos polinizadores son esenciales para la reproducción de muchas plantas, lo que a su vez favorece la diversidad biológica. Al cultivar estas especies, no solo se potencia la producción agrícola y la calidad de los cultivos, sino que también se contribuye a la conservación de estos importantes insectos, promoviendo su retorno y asegurando un ambiente propicio para su desarrollo. Fomentar la presencia de estas plantas es, por lo tanto, un paso crucial en cualquier estrategia de reforestación o restauración ecológica. Fotografías de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2023.

Por otro lado, si la finalidad es contar con especies atractivas para la belleza escénica se pueden seleccionar especies que presenten características multisensoriales a nivel de olfato, de vista o una estructura que permita diferenciarlas de otras por medio del tacto.

Figura 5
Plantas que presentan características sensoriales



Nota. Representación de especies de plantas que presentan características sensoriales para ser percibidas por diferente público meta, basados en los sentidos del tacto, la vista y el olfato. Fotografías de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2023.

Paso 3. Selección de las especies por utilizar

La selección de las plantas por utilizar es un paso crucial que influye directamente en el éxito del proyecto. Es fundamental considerar aspectos como el tamaño y la velocidad de crecimiento de las especies elegidas, ya que esto no solo determinará el espacio que ocuparán, sino también su capacidad para establecerse y desarrollarse en el entorno. Además, es importante evaluar el uso o servicio que cada planta puede ofrecer, desde la producción de madera y alimento hasta su papel en la atracción de biodiversidad y la mejora del suelo. También se debe tener en cuenta el rango de distribución y el hábitat de las especies, con el fin de que sean adecuadas para las condiciones locales, lo que contribuirá a su adaptación y supervivencia en el ecosistema reforestado. Esta combinación de factores permitirá crear un entorno saludable y sostenible que beneficie tanto a la comunidad como al ambiente (Melí y otros, 2014).

Tamaño y velocidad de crecimiento

El primer aspecto clave por considerar en esta etapa es el tamaño que puede alcanzar cada planta. Este criterio es esencial antes de iniciar un proceso de reforestación, ya que seleccionar

especies con alturas adecuadas puede prevenir problemas futuros, como el levantamiento de las aceras o el contacto con las líneas eléctricas, así como otros riesgos potenciales. A continuación, se presenta una tabla que ofrece una breve descripción de diversas especies de árboles según la altura que pueden alcanzar.

Tabla 2

Descripción de tipos de árboles según su altura

Tipo	Altura
Árboles pequeños	Menos de 5 o 6 metros
Árboles medianos	Entre 6 a 15 metros
Árboles grandes	Mayor a 15 metros

Nota. Elaboración propia a partir de fuentes secundarias tales como Hartshorn (2009) e International Dendrology Society (2024).

Es importante tomar en cuenta que para sembrar un árbol o arbusto es recomendable que presente una altura superior a un metro. Sin embargo, es posible sembrar plantas de menor tamaño, pero requerirán de mayor cuidado y mantenimiento constante para asegurar su sobrevivencia y crecimiento.

Figura 6

Cuidados de especies de plantas de menor tamaño



Nota. La figura muestra especies con tamaños entre 50 a 60 cm de altura, las cuales requieren de un monitoreo constante y aplicación de abono orgánico para su adecuado desarrollo. Fotografías de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2023.

Por otro lado, las especies de rápido crecimiento desempeñan un papel crucial en la creación de condiciones ambientales favorables para el establecimiento de otras especies más grandes y de crecimiento más lento. Estas plantas, conocidas como **especies pioneras**, son las primeras en colonizar áreas perturbadas y son altamente resistentes, gracias a su notable capacidad de rebrote (Martínez-Ramos & García-Orth, 2007). Su rápido crecimiento no solo

proporciona sombra, lo que ayuda a suprimir **especies invasoras**, que son plantas no nativas que se propagan rápidamente y pueden alterar ecosistemas locales, tal como el zacate gigante (Martínez-Ramos & García-Orth, 2007). Además, estas especies pioneras actúan como refugio y fuente de alimento para la fauna local, siendo fundamentales para la restauración y el fortalecimiento de los ecosistemas.

Figura 7

Especies de plantas de rápido crecimiento



Nota. La figura contiene algunas representaciones de especies de rápido crecimiento, las cuales al cabo de pocos meses podrán superar los dos metros de altura. Fotografías de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2023.

Crterios para la selección de especies de plantas

Uso

La selección de especies para un proyecto de reforestación o restauración ecológica es un proceso crítico que debe alinearse con los objetivos previamente establecidos. Cada especie posee propiedades específicas que determinan su idoneidad para distintos usos y servicios ecosistémicos. Por lo tanto, es esencial considerar las características biológicas, ecológicas y funcionales de las plantas elegidas.

A continuación, se presentan algunos de los principales usos que deben ser considerados al momento de seleccionar las especies de plantas para un proceso de reforestación.

Tabla 3

Principales usos potenciales de las especies vegetales por utilizar en un proyecto de recuperación forestal

Usos potenciales
Control de erosión, ornamental, alimento de aves y mamíferos.
Ornamental, abejas, mariposas.
Envoltura para alimentos.
Frutos comestibles y de buen sabor, muy aprovechados por las aves y demás vida silvestre de la zona.
Construcción, sombra.
Forraje
Medicinal
Para disminuir la erosión en sitios de mayor pendiente.
Alimento para murciélagos
Maderable
Comestible

Nota: Elaboración propia.



A continuación, se presenta una selección de 25 especies de árboles que son ideales para procesos de reforestación comunitaria. Estas especies no solo contribuyen a la restauración de ecosistemas degradados, sino que también ofrecen una variedad de beneficios ambientales, sociales y económicos.

Entre estos beneficios se encuentran la mejora de la calidad del suelo, la captura de carbono, la provisión de hábitats para la fauna, así como la generación de recursos maderables y no maderables.

Tabla 4
25 especies de árboles ideales para procesos de reforestación comunitaria

Nombre científico	Nombre común	CITES	Lista roja CR	Lista roja UICN	Vertiente	Distribución	Servicio / Uso
<i>Alnus acuminata</i>	Jaúl	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	1500-3100 m s.n.m.	Fijación de nitrógeno, protección de cuencas, abono orgánico.
<i>Anacardium excelsum</i>	Espavel	-	-	-	Ambas vertientes	Hasta 900 m s.n.m.	Alimento para aves, reforestación cerca de ríos.
<i>Andira inermis</i>	Carne asada	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-1000 m s.n.m.	Medicinal, maderable, forraje.
<i>Anthodiscus chocoensis</i>	Ajo negro	-	Peligro de extinción	En peligro	Vertiente Pacífica	Golfito y Península de Osa.	Alimento para roedores, maderable.
<i>Billia hippocastanum</i>	Cucaracho	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	500-2800 m s.n.m.	Maderable, importancia hídrica.
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche	-	Peligro de extinción	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-1200 m s.n.m.	Alimenticio, medicinal, control de erosión.
<i>Brunellia costaricensis</i>	Cedrillo macho	-	-	Vulnerable	Ambas vertientes	1100-3000 m s.n.m.	Importancia hídrica.
<i>Bunchosia costaricensis</i>	Cereza	-	-	-	Vertiente Pacífica	1.5-3 m.	Importancia hídrica.
<i>Bursera simaruba</i>	Indio desnudo	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-1900 m s.n.m.	Alimento para aves, importancia hídrica.
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-1500 m s.n.m.	Medicinal, polinización, alimento para aves.
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Madroño	-	-	-	Vertiente Pacífica	0-400 m s.n.m.	Maderable, medicinal, polinización.
<i>Casimiroa edulis</i>	Matasano	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	500-2500 m s.n.m.	Atrae abejas, medicinal, ornamental.
<i>Cassia grandis</i>	Carao	-	-	Preocupación menor	Vertiente Pacífica	0-1200 m s.n.m.	Importancia hídrica, forraje.

Nombre científico	Nombre común	CITES	Lista roja CR	Lista roja UICN	Vertiente	Distribución	Servicio / Uso
<i>Cassia moschata</i>	Coralillo	-	-	Preocupación menor	Vertiente Pacífica	0-1000 m s.n.m.	Medicinal, fijadora de nitrógeno.
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro real	X	Peligro de extinción	Vulnerable	Vertiente Caribe	0-500 m s.n.m.	Melífero, atracción de abejas.
<i>Cedrela salvadorensis</i>	Cedro	X	Peligro de extinción	Preocupación menor	Vertiente Pacífica	0-1100 m s.n.m.	Sombra para cultivos, importancia hídrica.
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-1000 m s.n.m.	Importancia hídrica, refugio de fauna.
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo	X	-	Vulnerable	Ambas vertientes	20-1200 m s.n.m.	Maderable, medicinal.
<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Dama	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	1000-1500 m s.n.m.	Importancia hídrica, ornamental.
<i>Clusia rosea</i>	Copey	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-1200 m s.n.m.	Ornamental, control de erosión.
<i>Cojoba arborea</i>	Lorito	-	-	Preocupación menor	Vertiente Pacífica	1100-2000 m s.n.m.	Importancia hídrica, atractivo para polinizadores.
<i>Copaifera camibar</i>	Camíbar	-	Peligro de extinción	En peligro	Vertiente Pacífica	0-350 m s.n.m.	Maderable, extracción de resina.
<i>Cordia eriostigma</i>	Laurel Muñeco	-	-	Preocupación menor	Vertiente Pacífica	200-1200 m s.n.m.	Importancia hídrica, alimento para aves.
<i>Cordia gerascanthus</i>	Laurel negro	-	Peligro de extinción	Preocupación menor	Vertiente Pacífica	0-350 m.s.n.m.	Maderable, importancia hídrica.
<i>Couratari scottmorii</i>	Copo	-	Peligro de extinción	Casi amenazado	Vertiente Pacífica	50-200 m s.n.m.	Importancia hídrica, maderable.
<i>Crescentia kujete</i>	Jícaro	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-1100 m s.n.m.	Importancia hídrica, ornamental.
<i>Croton schiedeanus</i>	Copalchí	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	20-1200 m s.n.m.	Medicinal, hospedera de mariposas.
<i>Cupanoa glabra</i>	Huesillo	-	-	-	Ambas vertientes	0-1900 m s.n.m.	Importancia hídrica, maderable, medicinal.
<i>Delonix regia</i>	Malinche	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	Tierras bajas a medias	Ornamental, atrae polinizadores.
<i>Ehretia latifolia</i>	Raspaguacal	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	1200-2000 m s.n.m.	Importancia hídrica, ornamental.
<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	-	-	-	Ambas vertientes	760-1500 m s.n.m.	Medicinal.
<i>Garcinia intermedia</i>	Jorco	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-1800 m s.n.m.	Importancia hídrica, maderable.
<i>Genipa americana</i>	Guaitil	-	-	Preocupación menor	Ambas vertientes	0-900 m s.n.m.	Maderable, producción de alimentos.



Nombre científico	Nombre común	CITES	Lista roja CR	Lista roja UICN	Vertiente	Distribución	Servicio / Uso
<i>Guaiacum sanctum</i>	Guayacán real	X	Peligro de extinción	Casi amenazado	Vertiente Pacífica	5-200 m s.n.m.	Maderable, medicinal.
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo ternero	-	-	Preocupación menor	Vertiente Pacífica	0-1000 m s.n.m.	Importancia hídrica. Alimento de aves y mamíferos. Medicinal.

Notas. La tabla incluye 25 especies de árboles, con sus nombres científicos y comunes, así como su estatus en las listas de conservación del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y la UICN (Unión Mundial para la Naturaleza). CITES es un acuerdo internacional que protege el comercio de especies para garantizar su supervivencia. La tabla también muestra la vertiente y distribución geográfica de cada especie, se destaca su adaptabilidad a diversos ecosistemas. Además, se describen los servicios y usos de cada árbol, que van desde su papel en la reforestación y conservación del suelo, hasta su valor como fuente de alimento, medicina y recursos maderables, lo cual es crucial para las iniciativas de conservación. Elaboración propia a partir de información documental de las guías de árboles de Costa Rica y las bases de datos GBIF (GBIF, 2024), la lista roja de especies de la UICN (UICN, 2024), Tropicos (Tropicos, 2024) y la lista roja de especies en peligro de extinción de Costa Rica (Sistema Costarricense de Información Jurídica -SCIJ-, 2017).

Unidad 2. Durante la siembra

En esta sección se abordan aspectos clave que deben tenerse en cuenta para garantizar el éxito de un proyecto de reforestación. La siembra de árboles no solo implica seleccionar las especies adecuadas, sino también entender su comportamiento en el ecosistema, las condiciones del suelo, el clima y las interacciones con otras plantas y fauna local. Además, se analizarán factores como el uso de abono orgánico y las necesidades de mantenimiento a lo largo del tiempo. Al prestar atención a estos elementos, se maximizarán las posibilidades de que los árboles establecidos contribuyan efectivamente a los objetivos planteados y a la conservación ambiental.

Espaciamiento entre plantas

La distancia mínima recomendada entre cada planta sembrada es un factor crucial que puede variar según los objetivos del proyecto de siembra y las especies elegidas. En general, a medida que aumenta el tamaño máximo de crecimiento de las especies y la extensión

de sus copas, también se incrementa el espacio necesario entre ellas (Comisión Nacional Forestal de México, 2010).

La determinación del espaciamiento debe considerar no solo el área total disponible para la siembra, sino también la pendiente del terreno y las características específicas de las especies seleccionadas. A continuación, se presentan algunos métodos para establecer el espaciamiento adecuado entre las plantas.

- **Método siembra tresbolillo:** sistema de siembra donde tres plantas forman un triángulo equilátero (aquel cuyos lados tiene igual dimensión), y en cada uno de los vértices se coloca una especie. La distancia mínima por utilizar entre cada línea del triángulo es de 2 metros. Este método se puede utilizar especialmente en sitios de lomas o pendientes más inclinadas e incluso en terrenos planos para cumplir el papel de barrera cortaviento o barreras contra la erosión. Este método se recomienda para cuando el objetivo busca replicar un ecosistema natural (Comisión Nacional Forestal de México, 2010 & Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, 2008).

Figura 8

Método de siembra directa

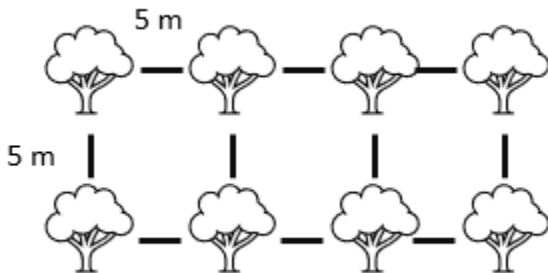


Nota. Fotografía de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2022.

- **Método rectangular:** el método suele utilizarse en terrenos planos o con pendiente leve y consiste en establecer un diseño rectangular. El distanciamiento entre plantas depende de la especie. Para especies de porte mediano se utiliza un distanciamiento de tres metros y para especies de porte grande un distanciamiento de cinco metros (Comisión Nacional Forestal de México, 2010 & Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, 2008).

Figura 9

Método de siembra rectangular

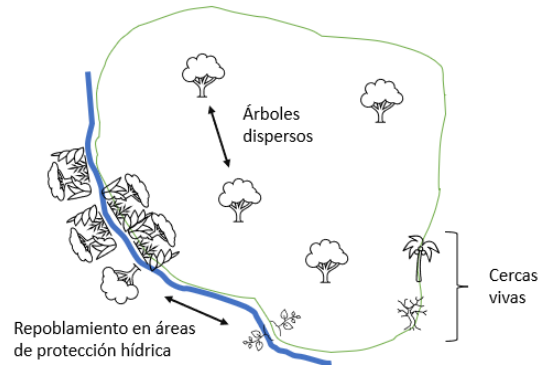


Nota. Elaboración propia.

- **Método especies dispersas para múltiples propósitos:** utilizado para cubrir diferentes objetivos como establecer una cerca entre linderos a partir de especies vegetales vivas; sembrar árboles dispersos dentro de una matriz de cobertura destinada a fines agropecuarios o repoblamiento del área de protección de un cauce. El distanciamiento estará asociado con la definición de sitios prioritarios para su colocación de acuerdo con la función y objetivo planteado (Comisión Nacional Forestal de México, 2010 & Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, 2008).

Figura 10

Método de siembra directa



Nota. Elaboración propia.

Independientemente del método utilizado durante un proceso de siembra, es recomendable mezclar especies de diferentes estratos. Esto implica combinar árboles, arbustos, herbáceas y otras plantas con el objetivo de maximizar los beneficios ambientales. Esta diversidad no solo contribuirá a la salud del ecosistema, sino que también generará impactos positivos en los ámbitos social y económico para las comunidades locales.

Técnicas de siembra

- **Siembra directa:** consiste en colocar una especie vegetal con cierto tamaño directamente en el suelo.

Figura 11

Método de siembra directa



Nota. Fotografías de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2022.

- **Siembra por semillas:** esta técnica consiste en sembrar directamente la semilla de las especies seleccionadas. Requiere un mayor esfuerzo e incrementa la probabilidad de que la especie sufra algún tipo de complicación durante su proceso de desarrollo. Por lo tanto, se recomienda implementar un proceso de recolecta de semillas de múltiples fuentes para posteriormente continuar con el proceso de viverización para potenciar la mejora en la calidad genética.
- **Perchas muertas y vivas:** consiste en fomentar el rebrote de vegetación en espacios abiertos por medio del establecimiento de una percha artificial elaborada con materiales como el bambú, ramas vivas o muertas, formando una especie de triángulo donde se podrán posar las aves quien posteriormente excretarán en la

parte inferior de la percha, dando paso a la dispersión de semillas. Si bien, este procedimiento es más lento que la siembra directa, ayuda a que se pueda repoblar vegetación relacionada con las fuentes de alimento de las aves.

Figura 12

Perchas muertas o vivas



Nota. Fotografías de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2022.

- **Por estacas:** este método consiste en la utilización de estacas de algunas especies que se adaptan de forma sencilla a este proceso de siembra, su velocidad de crecimiento es mayor y permite contar con nuevas plantas de manera rápida. Algunos ejemplos de especies que se pueden reproducir y sembrar por este método son el madero negro, el güitite, el botón de oro, entre otras.

Figura 13
Siembra por estacas



Nota. Fotografías de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2022.

Control de elementos perturbantes

Esta etapa implica analizar las razones por las cuales el ecosistema natural no ha logrado recuperarse de manera autónoma. Diversos factores como la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad, la contaminación o el impacto de especies invasoras, pueden obstaculizar el proceso natural de restauración. En este contexto, la intervención humana se vuelve esencial, y estrategias como la reforestación se convierten en herramientas clave para ayudar a restaurar la salud y funcionalidad del ecosistema (Comisión Nacional Forestal de México, 2010). Al identificar las causas de la degradación, se pueden implementar medidas específicas que no solo faciliten la recuperación del entorno, sino que también promuevan la resiliencia frente a futuras perturbaciones.

Existen numerosos agentes perturbadores que afectan la salud y la estabilidad de los ecosistemas. A continuación, se enumeran algunos de los más significativos.

- Presencia de especies invasoras (por ejemplo, el zacate gigante),
- cultivos dentro de áreas de protección hídrica,
- invasión por infraestructura,
- acumulación constante de residuos sólidos,
- contaminación del agua y del suelo,
- deforestación y tala indiscriminada,
- prácticas agrícolas no sostenibles,
- cambio climático y fenómenos meteorológicos extremos,
- sobreexplotación de recursos naturales.

Cada uno de estos elementos puede contribuir a la degradación ambiental, alterando el equilibrio ecológico y dificultando la recuperación de los ecosistemas.

Preparación del terreno previo a la plantación

Limpieza del terreno

Antes de iniciar el proceso de siembra, es fundamental llevar a cabo una adecuada preparación del terreno. Esto implica limpiar el área, lo que incluye cortar el pasto y otras especies presentes en el sitio destinado a la reforestación. Sin embargo, es importante aclarar que la limpieza no debe interpretarse como la eliminación total de la cobertura vegetal. Aunque este procedimiento tiene como objetivo facilitar la siembra de la nueva

vegetación, es crucial conservar parte de la vegetación protectora existente. Esta cobertura ayuda a retener el agua y a proteger las plantas por sembrar de los efectos del sol, el viento y las lluvias torrenciales.

En caso de que uno de los agentes perturbantes presentes sea el zacate gigante (común en zonas riparias afectadas) se recomienda realizar una chapia total. De ser posible, se debe eliminar la planta de raíz, dejando el terreno lo más despejado posible para optimizar las condiciones para la nueva siembra.

Figura 12

*Proceso de eliminación del zacate gigante (*Pennisetum purpureum*)*



Nota. Fotografías de Óscar Chacón, Juan Viñas, 2022.

Durante esta etapa no se recomienda utilizar el fuego ni la aplicación de agroquímicos, debido a que ambas acciones incrementarán la contaminación y la degradación ambiental.

Ahoyado

El proceso de elaboración de los huecos necesarios para la colocación de las plantas, ya sean árboles o arbustos, es un paso crucial en la siembra. La profundidad de los huecos variará según el tamaño de las especies seleccionadas; no obstante, se puede comenzar

con huecos de aproximadamente 15 a 30 centímetros de profundidad dejando el suelo extraído junto a cada uno de ellos (Autoridad del Canal de Panamá, 2006). La profundidad del hueco dependerá del tamaño y el tipo de planta por sembrar.

Se recomienda preparar los huecos entre uno y tres días antes de la actividad de siembra, lo que permite adelantar el trabajo. Sin embargo, es fundamental considerar las condiciones climáticas. En caso de encontrarse en una época del año con intensas

lluvias, es preferible cavar los huecos un día antes de la siembra. Esto ayudará a evitar que se llenen de agua y a prevenir la pérdida del suelo necesario para rellenar el espacio una vez que las plantas hayan sido colocadas.

Materiales y herramientas necesarias para la siembra

La implementación de una campaña de siembra requiere una serie de materiales y herramientas esenciales para cada etapa del proceso. A continuación, se detallan los elementos necesarios.

- **Palines y palas:** indispensables para la elaboración de los huecos donde se sembrarán las plantas.
- **Machetes:** utilizados para la chapia del zacate y otras especies vegetales que obstaculizan una adecuada siembra.
- **Abono orgánico:** insumo fundamental para proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo. Se recomienda una mezcla de 70% de suelo y 30% de abono, evitando que el abono entre en contacto directo con las raíces o el tallo de la planta. La cantidad por utilizar debe ser equivalente al tamaño de la palma de la mano.
- **Estacas y cintas de marcaje:** necesarias para identificar claramente las ubicaciones de siembra de cada especie.
- **Cinta métrica o mecate:** herramientas imprescindibles para medir las distancias de siembra y los márgenes de las áreas de protección hídrica.
- **Agua:** tras la siembra, es recomendable regar alrededor de las plantas para reducir el estrés que sufren al ser trasplantadas del envase al hueco.
- **Guantes:** se aconsejan para proteger las manos de las personas involucradas en el proceso.
- **Ropa cómoda:** para facilitar el movimiento durante la actividad.
- **Hidratante:** esencial para mantener una buena hidratación durante la jornada.
- **Elementos de protección solar:** necesarios para resguardarse de la exposición al sol.
- **Saco o bolsa biodegradable:** empleados para recoger los residuos generados durante la actividad.

Siembra o plantación

Este es un proceso crucial para el éxito de cualquier proyecto de reforestación, ya que no solo se trata de introducir nuevas plantas en el entorno, sino de garantizar su adecuado establecimiento y crecimiento.

El primer paso por tener en cuenta es el distanciamiento explicado en la sección *espaciamiento entre plantas*, además es necesario considerar los siguientes elementos.

- **Extraer con cuidado la planta** de la bolsa utilizada durante su proceso de viverización. Un manejo apresurado puede dañar las raíces, afectando negativamente su desarrollo.
- **Mezclar el abono orgánico con el sustrato** dentro del hueco preparado para la planta. Se recomienda aplicar abono al menos 2 o 3 veces al año después de la siembra para asegurar un adecuado suministro de nutrientes.
- **Colocar la planta en el hueco**, asegurándose de que la parte visible del tallo quede al nivel del suelo.



- **Cubrir el hueco** cuidadosamente para asegurar un buen contacto entre el sustrato y las raíces.
- **Regar la planta** inmediatamente después de la siembra para facilitar su adaptación al nuevo entorno.
- **Instalar la estaca y cinta de marcaje** para identificar la ubicación de la planta.
- **Realizar un deshierbe alrededor de cada planta sembrada**, que consiste en eliminar manualmente toda la vegetación en un radio de un metro desde el centro de la planta. Este deshierbe ecológico mejora las condiciones de crecimiento y aumenta las posibilidades de supervivencia de la especie.

Unidad 3. Posterior a la siembra

Después de la siembra de las plantas, es fundamental implementar una serie de acciones para garantizar el éxito del proceso de reforestación. Estas acciones no solo incluyen el riego y la protección de las plantas contra posibles agentes perturbantes, sino también el seguimiento continuo del desarrollo de las especies plantadas.

El monitoreo participativo comunitario se convierte en una herramienta clave en esta etapa, ya que involucra a los miembros de la comunidad en la observación y evaluación del crecimiento de las plantas, así como en la identificación de problemas y oportunidades de mejora (Evans & Guariguata, 2016). Este enfoque fomenta un sentido de pertenencia y responsabilidad colectiva, asegurando que los esfuerzos de reforestación sean sostenibles y adaptados a las condiciones locales. A continuación, se abordarán algunas prácticas recomendadas para el cuidado y monitoreo posterior a la siembra.

Tabla 5

Prácticas de seguimiento y mantenimiento de las plantas por sembrar de acuerdo con su temporalidad recomendada

Práctica recomendada	Descripción	Periodicidad mínima
Riego regular	Asegurar suficiente agua, especialmente en los primeros meses.	Semanal (en seco)
Control de malezas	Realizar deshierbe manual alrededor de las plantas.	Cada 2 semanas
Monitoreo de crecimiento	Evaluar el crecimiento y salud de las plantas.	Mensual
Protección contra plagas y enfermedades	Inspeccionar en busca de infestaciones o enfermedades.	Semanal
Aplicación de abono	Aplicar abono orgánico para asegurar nutrientes necesarios.	Cada 4 meses
Establecimiento de señalización	Utilizar estacas y cintas para identificar especies sembradas.	Al inicio de la siembra
Involucramiento comunitario	Fomentar la participación de la comunidad en el monitoreo.	Continuo
Documentación de resultados	Llevar un registro de observaciones y problemas encontrados.	Cada 2 meses

Nota. Elaboración propia.



Estructura del plan de monitoreo

Un plan de monitoreo es fundamental para evaluar la salud y el progreso tras la reforestación. Debe incluir información sobre la especie, la ubicación de su siembra, las características de altura, el diámetro a la altura del pecho, fecha en que se lleva a cabo una actividad en específico y una sección de

comentarios para indicar las observaciones más importantes. Además, es crucial asignar roles y responsabilidades a los participantes y permitir adaptaciones a cambios y desafíos. Esto asegura decisiones informadas y fomenta la sostenibilidad del ecosistema.

El siguiente es un formato recomendado para la implementación de la etapa de monitoreo.

Tabla 6

Ejemplo de matriz para el monitoreo de crecimiento y sobrevivencia de la planta por sembrar

Identificador árbol	Latitud	Actividad	Fecha	Responsable
		Siembra		
Especie	Longitud	Aplicación de abono		
		Rodajea		
Altura		Comentario:		
Diámetro a la altura del pecho -DAP-				

Nota. Elaboración propia.

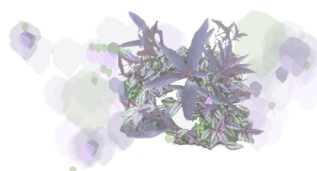
Conclusiones

La reforestación con especies arbóreas nativas se erige como una estrategia vital para la restauración de ecosistemas, la mitigación de los efectos del cambio climático y el embellecimiento de las ciudades. La participación comunitaria en estas iniciativas no solo fortalece el éxito de las campañas, sino que también promueve un sentido de pertenencia y responsabilidad ambiental.

Al involucrar a las comunidades, se garantiza que se incorporen conocimientos locales y se fomente la sostenibilidad a largo plazo.

Además, el enfoque colaborativo potencia la resiliencia de las comunidades frente a los desafíos ambientales, como la erosión, las inundaciones y los fenómenos climáticos extremos.

Para maximizar los beneficios ecológicos y sociales de la reforestación, es fundamental seguir protocolos rigurosos que aseguren la correcta selección de especies y la adecuada implementación de prácticas de siembra y monitoreo.



Referencias

- Aguilar Fernández, R., Salomon, C., & Jiménez Espinoza, J. J. (s.f.). *Guía para la identificación de árboles amenazados de la Península Osa de Costa Rica*. Jiménez y Tanzi.
- Alcaldía Municipal de Soledad. (2019). *Proyecto de reforestación con especies nativas de la microcuenca del municipio de Soledad desde el arroyo de Platanal hasta la desemboradura del caño de Soledad en el río Magdalena*. Corporación Autónoma Regional del Atlántico: <https://www.google.co.cr/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.crautonomia.gov.co/documentos/inscritososal/17-2019121515301088434700.doc&ved=2ahUKEwiaz7eW5-qIAxUTRjABHUCylscQ-FnoECBMQAQ&usg=AOvVaw1jKpw1Kli4ibz4l-6KESLVG>
- Anónimo. (2012). *Catálogo de especies arbóreas, presentes en las áreas boscosas de las 12 parcelas, que conforman el proyecto agroforestal de Quebrada Grande, Pital de San Carlos, 2012*. <https://www.munisc.go.cr/documentos/Secciones/18/Catalago%20de%20Especies%20Arb%C3%B3reas%20Proyecto%20Agroforestal%20Quebrada%20Grande%20Pital.pdf>
- Autoridad del Canal de Panamá. (2006). *Manual de Reforestación*. <https://www.cich.org/publicaciones/03/manual-reforestacion-vol1.pdf&ved=2ahUKEwig3-am8uqIAxVAQTA-BHXM8AugQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw2Wv-fnNQZ4NmNcA8XkhUqit>
- Avellán Zumbado, M., García, R., & García, T. (2019). *Protocolo de plantación y replantación en espacios públicos: Proyecto Heredia respira*. https://www.heredia.go.cr/sites/default/files/protocolo_de_plantacion_y_re-plantacion_0.pdf
- Chazdon, R. L., & Guariguata, M. R. (2016). La regeneración natural como herramienta para la restauración forestal a gran escala en los trópicos: perspectivas y desafíos. *Biotrópica* 48 (6), 716-730. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/btp.12381>
- Chazdon, R. L., S.-Brancalion, P. H., Lamb, D., Laestadius, L., Calmon, M., & Kumar, C. (2017). A Policy-Driven Knowledge Agenda for Global Forest and Landscape Restoration. *Conservation Letters*, 10(1), 125-132. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/conl.12220>
- Comisión Nacional Forestal de México. (2010). *Prácticas de reforestación*. [https://www.google.co.cr/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF&ved=2ahUKEWj4reX27uqIAxXQRTABHZ7eC_QQFnoECEoQAQ&usg=AOvVaw1axVVN_fm-vW0GPU4X35xQnComisión Nacional Forestal de México. \(2010\). Prácticas de reforestación: Manual básico. https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF](https://www.google.co.cr/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF&ved=2ahUKEWj4reX27uqIAxXQRTABHZ7eC_QQFnoECEoQAQ&usg=AOvVaw1axVVN_fm-vW0GPU4X35xQnComisión Nacional Forestal de México. (2010). Prácticas de reforestación: Manual básico. https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF)
- Consejería de medio rural y pesca de España. (s.f.). *Manual ¿Cómo plantar un árbol?* <https://www.fao.org/forestry/42699-03d582e9a4cf155861b-78cb5365260c16.pdf>
- da Silva, C. I., Gomes-Bordón, N., da Rocha-Filho, L. C., & Garófalo, C. C. (2012). La importancia de la diversidad vegetal en el mantenimiento de la abeja polinizadora, *Eulaema nigrita* (Hymenoptera: Apidae) en campos de maracuyá dulce. *Revista Biología Tropical*, 60(4), 1553-1565. https://doi.org/https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442012000400013&script=sci_arttext&lng=en
- Establecimiento Público Ambiental - EPA -. (2015). *Guía de siembra de árboles*. <https://epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/08/Guia-de-siembra-de-arboles.pdf>
- Evans, K. A., & Guariguata, M. R. (2016). *El monitoreo participativo y la restauración de bosques*. https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-167.pdf&ved=2ahUKEwjihOLC8-qIAxX0QzA-BHb4JMEkQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw2DMTt-FCDX5acBiDcbOtgSN
- Fundación biodiversidad del Ministerio para la transición ecológica. (2018). *Guía práctica de restauración ecológica*. <https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/content/guia-practica-de-restauracion-ecologica>
- García-Astillero, A. (19 de septiembre de 2018). Sucesión ecológica: definición, etapas y ejemplos. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/sucesion-ecologica-definicion-etapas-y-ejemplos-1451.html>
- Gargiullo, M. B., Magnuson, B., & Kimball, L. (2008). *A field guide to plants of Costa Rica*. Zona Tropical.

- GBIF. (30 de septiembre de 2024). *Global Biodiversity Information Facility*. <https://www.gbif.org/>
- González Arce, L. A. (2011). *Flora de Costa Rica I: guía práctica*. EUNED. <https://doi.org/ISBN: 978-9968-31-831-0>
- Hartshorn, G. S. (2009). *The tropical rain forest: An ecological study*. Cambridge University. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0266467400010944>
- Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC-. (junio de 2023). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- International Dendrology Society. (2024). *Dendrology*. <https://www.dendrology.org>
- International Union of Nature Conservancy - IUCN-. (2023). *The IUCN red list of threatened species*. <https://www.iucnredlist.org/es>
- IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf
- Jiménez Madrigal, Q. (1995). *Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica*. INCAFO Costa Rica S.A. <https://doi.org/ISBN: 9968-9740-0-5>
- Martínez-Ramos, M., & García-Orth, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80, 69-84. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/577/57708008.pdf>
- Melí, P., Martínez-Ramos, M., Rey-Benayas, J. M., & Carabias, J. (2014). Combinando criterios ecológicos, sociales y técnicos para seleccionar especies para la restauración forestal. *Applied Vegetation Science*, 17 (4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/avsc.12096>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (2008). *Sistemas de plantación*. <https://www.mapa.gob.es/app/materialvegetal/docs/sistemas%20de%20plantación.pdf>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico . (2006). *Sembrar educación ambiental: claves para la integración del huerto escolar como recurso educativo en la educación secundaria obligatoria*. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/sembrar-educacion-ambiental.aspx>
- Murgueitio, E., Calle , Z., Uribe, F., Calle, A., y Solorio, B. (2011). Árboles y arbustos nativos para la rehabilitación productiva de tierras ganaderas tropicales. *ELSEVIER*, 261(10), 1654-1663. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>
- OpenAI. (2024). *ChatGPT (versión agosto 2024)*. Modelo del ciclo hídrico. <https://chat.openai.com/chat>
- Organización de las Naciones Unidas - Programa Ambiente -. (2023). *Lista de especies CITES*. <https://checklist.cites.org>
- Poder Legislativo. (2017). *Lista Oficial de Especies en peligro de extinción y con poblaciones reducidas y amenazadas: R-SINAC-CONAC-092-2017*. https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=84908&nValor3=109703&strTipM=TC
- Programa Derechos, Cambio Climático y Bosques, CEPLAES-RFN. (2015). *El cambio climático, las comunidades y los bosques*. https://ceplaes.org/wp-content/uploads/2023/04/El_cambio_climatico_las_comunidades_y_los_bosques.pdf&ved=2ahUKewiFxrUN3eqIAXUsQTABHSx1FLAQF-noECDUQAQ&usq=AOvVaw3H7N9m6ezmSPliM-BqN3nue
- Sanchún, A., Botero, R., Morera Belta, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C., & Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. UICN. <https://doi.org/https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/ST-GFE-no.03.pdf>
- Shelef, O., Weisberg, P. J. y Provenza, F. D. (2017). El valor de las plantas nativas y la producción local en una era de agricultura global. *Front. Plant Sci*, 8, 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02069>
- Sistema Costarricense de Información Jurídica -SCIJ-. (2017). *Establece la Lista Oficial de Especies en peligro de extinción y con poblaciones reducidas y amenazadas. R-SINAC-CONAC-092-2017*. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=84908&nValor3=109703&strTipM=TC



- Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Municipalidad de San José. (2019). *Guía para la aplicación del protocolo de reforestación para la rehabilitación y mantenimiento en las áreas de protección de la Gran Área Metropolitana, Costa Rica*. <https://huelladelfuturo.cr/sites/default/files/2020-07/guia-reforestacion-gam.pdf>
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2024). *Corredores Biológicos*. <https://www.sinac.go.cr/ES/correbiolo/Paginas/default.aspx>
- Society for ecological restoration -SER-. (2024). *¿Qué es la Restauración Ecológica?* <https://ser-rrc.org/what-is-ecological-restoration/>
- Stanturf, J. David Lamb, D., Palle Madsen, P. (Ed.). (2012). *Forest Restoration in Landscapes*. (s.f.). https://biologia.ucr.ac.cr/profesores/Arevalo%2520Edgardo/Libros/Mansurian_Forest_restoration_landscapes.pdf&ved=2ahUKewjekeHc9OOIAXV0STABH-be7N7MQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw1Hvu6F-j4m-UZWwm6zjq8
- Tropicos. (30 de septiembre de 2024). *The Tropicos database*. <https://tropicos.org/home>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (30 de septiembre de 2024). *The IUCN red list of threatened species*. <https://www.iucnredlist.org/es>
- Zuchowski, W. (2007). *Tropical plants of Costa Rica*. Cornell edition. <https://doi.org/ISBN:978-0-9705678-4-0>

