

Rehabilitación ecológica de un ecosistema ripario: caso en una sección del cauce del río Maravilla en Jiménez de Cartago, Costa Rica

Ecological rehabilitation of a riparian ecosystem: case of a section of the Maravilla
river in Jiménez of Cartago, Costa Rica

Verónica Bonilla-Villalobos¹, Óscar Chacón-Chavarría²

[Recibido: 18 de agosto 2024, Aceptado: 17 de febrero 2025, Corregido: 25 de febrero 2024, Publicado: 31 de marzo 2025]

Resumen

[**Introducción**]: En los últimos 20 años, los bosques tropicales latinoamericanos han disminuido un 25 %, afectando la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y los recursos hídricos. La microcuenca del río Maravilla, ubicada en Jiménez, Cartago, Costa Rica, enfrenta deforestación por monocultivos y ganadería, aumentando el riesgo de inundaciones. [**Objetivo**]: Desarrollar un proceso de rehabilitación ecológica en el área de protección del río Maravilla para recuperar la funcionalidad ecológica, su productividad y la biodiversidad local. [**Metodología**]: Esta investigación se llevó a cabo entre 2021 y 2023, incluyó recorridos de campo, análisis de servicios ecosistémicos, evaluación multicriterio y delimitación de áreas de protección. Se consideraron criterios de accesibilidad, ausencia de cobertura vegetal forestal, uso recreacional y conformidad con la normativa de protección. Se identificaron 137 especies y 49 familias de flora con potencial para la restauración y se implementaron técnicas variadas para el establecimiento de especies. [**Resultados**]: Se evidencia una significativa recuperación de la vegetación con la siembra de 1 828 árboles, 3 483 arbustos, 342 herbáceas y 7 lianas. Las técnicas de cercas vivas, siembra directa, métodos de zigzag y tresbolillos, fueron efectivas para controlar agentes perturbadores, incrementar la conectividad, atraer biodiversidad y mejorar las condiciones del suelo. [**Conclusiones**]: Se destaca la importancia de utilizar especies adaptadas a las condiciones locales y de involucrar a la comunidad para asegurar la sostenibilidad de los esfuerzos de rehabilitación. [**Recomendaciones**]: Continuar con el desarrollo de programas educativos para fomentar la participación comunitaria y continuar con el monitoreo y mantenimiento de las áreas rehabilitadas. Además, se sugiere fortalecer la colaboración interinstitucional y con las ONG para expandir los esfuerzos de restauración ecológica.

Palabras clave: Comunidades; degradación; estrategias; recreación; restauración; ribereña; vegetación.

Abstract

[**Introduction**]: Over the last 20 years, Latin American tropical forests have decreased by 25 %, affecting biodiversity, ecosystem services, and water resources. The Maravilla River micro-watershed, located in Jiménez, Cartago, Costa

1 Investigadora y Coordinadora, Cátedra de Producción Sustentable, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia (UNED), San José, Costa Rica. vbonilla@uned.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0002-5522-7785>

2 Investigador y extensionista, Centro de Educación Ambiental, Universidad Estatal a Distancia (UNED). San José, Costa Rica, ochacon@uned.ac.cr; <https://orcid.org/0000-0003-3596-9076>



Rica, faces deforestation due to monocultures and cattle ranching, increasing the risk of flooding. **[Objective]:** To develop an ecological rehabilitation process in the Maravilla River protection area to restore its ecological functionality, productivity, and local biodiversity. **[Methodology]:** This research was conducted between 2021 and 2023 and included field surveys, ecosystem services analysis, multicriteria evaluation, and delineation of protection areas. Criteria such as accessibility, lack of forest vegetation cover, recreational use, and compliance with protection regulations were considered. A total of 137 species and 49 plant families with restoration potential were identified, and various techniques were implemented for species establishment. **[Results]:** A significant recovery of vegetation was evidenced by the planting of 1 828 trees, 3 483 shrubs, 342 herbaceous plants, and 7 lianas. Techniques including live fencing, direct seeding, zigzag methods, and the tresbolillos method proved effective in controlling disruptive agents, increasing connectivity, attracting biodiversity, and improving soil conditions. **[Conclusions]:** The study highlights the importance of using species adapted to local conditions and involving the community to ensure the sustainability of rehabilitation efforts. **[Recommendations]:** Continue developing educational programs to foster community participation and maintain monitoring and maintenance of rehabilitated areas. Additionally, it is suggested to strengthen inter-institutional collaboration and cooperation with NGOs to expand ecological restoration efforts.

Keywords: Communities; degradation; recreation; restoration; riparian vegetation; strategies.

1. Introducción

En los últimos 20 años, los bosques tropicales han disminuido un 25 %, especialmente en Latinoamérica, que pierde más de 1.4 millones de hectáreas anuales debido, entre otras cosas, al avance de la frontera agrícola. Esto causa degradación de tierras, problemas ambientales, sociales y económicos, como pérdida de biodiversidad y recursos hídricos (Reyes y Francois, 2019).

La microcuenca del río Maravilla ubicada en el cantón de Jiménez, provincia de Cartago, enfrenta un importante proceso de conflicto de uso del suelo (**Figura 1**) producto de la deforestación asociada con monocultivos, ganadería y otras actividades en sitios que presentan categorías VI y VIII en capacidad de uso de suelo, los cuales deberían estar asociados con el uso y conservación forestal, impactando negativamente sus ecosistemas (Jiménez-Gavilán, 2021). Las características geomorfológicas y condiciones hidrometeorológicas de la zona aumentan la sedimentación y el riesgo de inundaciones, evidenciado en julio de 2021, con un evento natural asociado a las condiciones climatológicas extremas. La pérdida de bosques afecta también sitios de recreación y el acceso al agua potable, motivando al Área de Conservación Central (ACC) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) a conseguir aliados para proponer un proceso de restauración para la vegetación riparia del río Maravilla. La Universidad Estatal a Distancia fue designada para desarrollar esta estrategia de priorización basada en servicios ecosistémicos para restaurar áreas clave.



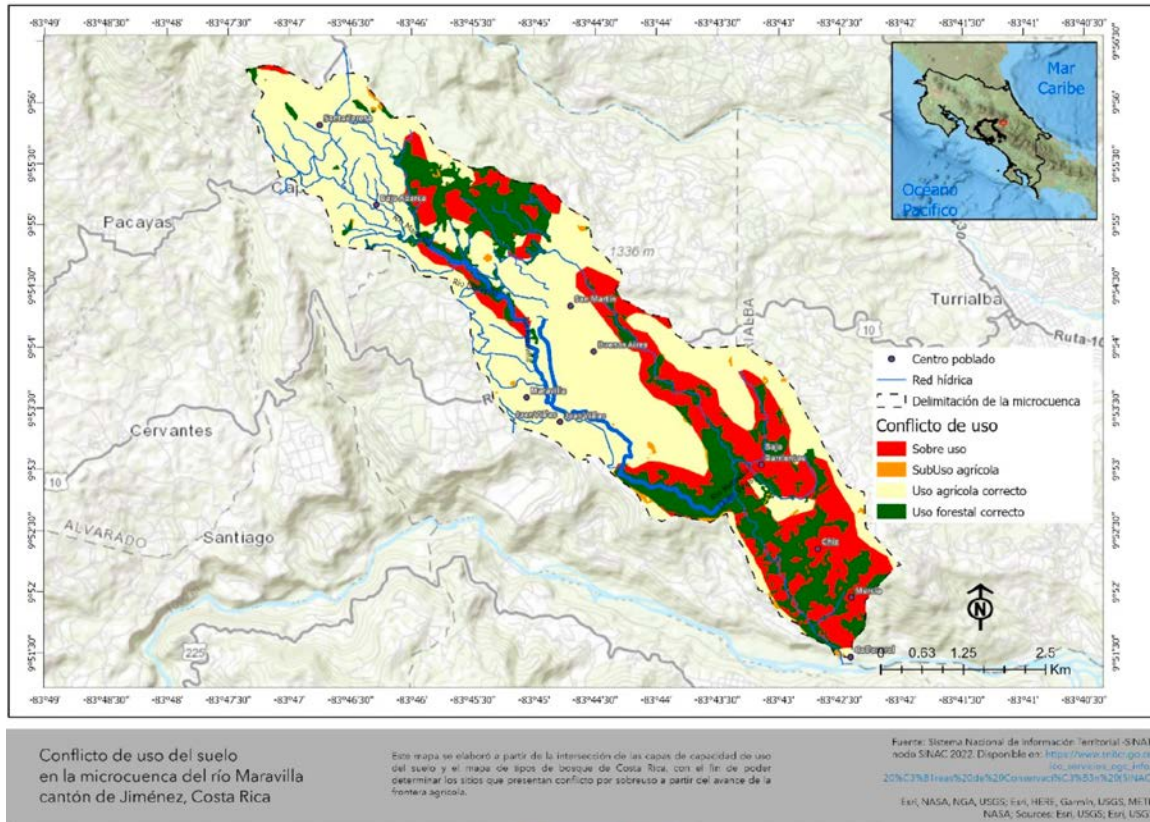


Figura 1. Conflicto de uso del suelo presente en la microcuenca del río Maravilla, sector río Maravilla, Juan Viñas, Jiménez, Costa Rica.

Figure 1. Land use conflict present in the Maravilla River micro-watershed, Maravilla River sector, Juan Viñas, Jiménez, Costa Rica.

La relevancia de este estudio se manifiesta en su contribución tanto en el nivel internacional como en el contexto latinoamericano, al ofrecer un enfoque integral y basado en evidencia para la rehabilitación ecológica en zonas de alta vulnerabilidad. La investigación desarrolla un marco metodológico robusto y experiencias prácticas replicables, que enriquecen el intercambio global de conocimientos sobre sostenibilidad y restauración ecológica (FAO, 2020). En América Latina, los desafíos ambientales son evidentes a través de indicadores que señalan una deforestación acelerada, pérdida de biodiversidad y conflictos en el uso del suelo. Estas problemáticas han impulsado a diversos países —entre ellos Brasil, Colombia, México y Costa Rica— a adoptar estrategias de restauración ecológica que combinan políticas públicas, cooperación interinstitucional y participación comunitaria (CEPAL, 2021; UICN, 2012; UICN, 2016).

El enfoque adoptado en la presente investigación contribuye, de manera significativa, al entendimiento, manejo y conservación del ambiente, integrando técnicas de rehabilitación



ecológica con la participación de la comunidad. Esta combinación de métodos técnicos y sociales favorece la recuperación de funciones ecosistémicas locales y ofrece un modelo de intervención adaptable a otros escenarios internacionales con problemáticas ambientales similares (Bonilla-Villalobos, 2018; Jiménez-Gavilán, 2021).

En Costa Rica, el Ministerio de Ambiente y Energía, a través del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, lanzó la Estrategia Nacional de Restauración de Paisaje (EN5R-CR) 2021-2050, con el objetivo de restaurar, integralmente, los paisajes costarricenses. Este esfuerzo también busca contribuir al Desafío de Bonn, que, en septiembre de 2011, planteó la meta global de restaurar 150 millones de hectáreas de tierras deterioradas y deforestadas para el 2020 y, 350 millones de hectáreas para el 2030 (International Union for Conservation of Nature, IUCN, 2016). Además, busca contribuir con la meta 11 del Marco Mundial de Biodiversidad y la meta Nacional 9 relacionada con intervenir 1 000 000 de hectáreas para evitar la degradación de la tierra y favorecer la biodiversidad.

Estas acciones buscan incrementar la seguridad alimentaria, regular los efectos negativos de eventos hidrometeorológicos, proteger la biodiversidad y los medios de vida de las poblaciones y aumentar, recuperar y restaurar la cobertura boscosa del país. Por ello, Costa Rica y El Salvador se suman a Estados Unidos, Ruanda y la Coalición de Restauración del Bosque Atlántico de Brasil, comprometiéndose, en la conferencia de las Naciones Unidas sobre el clima en Doha, a restaurar hasta un millón de hectáreas cada uno (IUCN, 2012; IUCN, 2016).

Es importante señalar que la restauración ecológica (RE) ha avanzado rápidamente en el nivel internacional con mayor apoyo gubernamental en países como Colombia, Argentina, México, El Salvador, Guatemala y Brasil, que han realizado esfuerzos políticos, sociales y ambientales significativos en este tema (Bonilla-Villalobos, 2018). En esta línea de acción, Costa Rica ha hecho esfuerzos relevantes a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, como la creación de los Parques Nacionales Guanacaste y Palo Verde (OTS, 2012), la Estación Experimental Forestal Horizontes en 1989 (ACG, 2012), y el Programa Nacional de Corredores Biológicos (Oficina Cambio Climático y Transporte en Costa Rica, 2006). La restauración ecológica urbana también ha ido en aumento, con proyectos como el de rearboreización del Parque Metropolitano La Sabana, la Micro-reserva Leonel Oviedo de la Universidad de Costa Rica (Llosa *et al.*, 2010), y los Corredores Biológicos Interurbanos Pará Toyopán, río Bermúdez, río Pilas Naranjo, cerro Espíritu Santo, río Torres y río María Aguilar.

Adicionalmente, se han realizado esfuerzos de restauración a escalas más pequeñas, muchos de ellos a través de la participación de organizaciones no gubernamentales (ONG), como en el caso de la Reserva Natural Madre Verde en Costa Rica (Rodríguez-Arias, 2023). En Ecuador, varias investigaciones y acciones de restauración se han realizado en colaboración con las ONG, especialmente en relación con la gestión turística, como lo menciona Peñaherrera (2023). Por otro lado, en Honduras, se realizó un estudio sobre la restauración funcional del paisaje rural en la microcuenca Coyolito. Además, en diferentes partes de Costa Rica se han implementado estrategias de restauración de ecosistemas en fincas productivas, como en una finca en Sarapiquí



(Espinoza-Espinoza, 2022), y procesos de restauración ecológica asistida, como islas de cultivo y plantaciones de melina en Guanacaste (Sierra *et al.*, 2022), entre otros.

La restauración ecológica se concibe como una estrategia para recuperar las condiciones ambientales de un espacio determinado, considerando flora, fauna, clima, agua, suelo y microorganismos de un ecosistema perturbado (Bonilla-Villalobos, 2018; SER, 2004). Su fin último es, la recuperación de las funciones ecológicas del ecosistema original a través del tiempo (Celentano, 2010; Gálvez, 2002). Este término incluye restauración (RE), recuperación/reclamación (REC), rehabilitación (REH), restauración del paisaje productivo, restauración en áreas verdes urbanas y restauración de corredores biológicos urbanos e interurbanos.

La recuperación de bosques naturales no solo aporta estética y recreativamente, sino, también, proporciona servicios ecosistémicos cruciales como la regulación climática y la retención de sedimentos o también conocido como erosión evitada, ayudan a almacenar carbono y mitigar los efectos del cambio climático, producto de los gases de efecto invernadero, esencial para la sostenibilidad socioambiental. En Juan Viñas, la recuperación de bosques es vital para mitigar inundaciones causadas por lluvias intensas, siendo la principal medida de protección ante eventos hidrometeorológicos, pero, además, para mantener y mejorar servicios ecosistémicos culturales asociados con la recreación y el esparcimiento de la población local.

En esta investigación, realizada desde el III cuatrimestre del 2020 (inicio del proceso académico) hasta el I cuatrimestre del 2023, se planteó como objetivo desarrollar un proceso de rehabilitación ecológica dentro del área de protección del río Maravilla. Se buscó restablecer la productividad y la presencia de especies vegetales originales de la zona e incorporar otras especies no presentes anteriormente (Sanchún *et al.*, 2016). La problemática identificada fue la presencia de usos de suelos distintos a bosques dentro del área de protección del río. Se trabajó en la rehabilitación para la recuperación de las funciones ecosistémicas, sin llegar a la recuperación completa de su estructura, planteando la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las estrategias más efectivas para llevar a cabo un proceso de rehabilitación del ecosistema?

2. Metodología

2.1 Área de estudio

El bosque presente en el sector de Juan Viñas, lo describen Solano *et al.* (s. f.) como un bosque muy húmedo subtropical (bmh-st), con un rango de la biotemperatura de 17 °C y 24 °C, es un bosque de media altura, siempreverde, de dos o tres estratos.

El río Maravilla se ubica en el distrito Juan Viñas, cantón de Jiménez. Este cantón posee un área de 287.4 km², representando un 10.8 % de la extensión total de la provincia de Cartago (3 125 km²), siendo el cuarto, en extensión, de los ocho cantones de la provincia, y el 42° en el nivel nacional, con una proyección de población de 7 106 personas, según el INEC (Municipalidad



de Jiménez, 2023). En la **Figura 2** se muestra el límite distrital y el sector de intervención en la investigación.

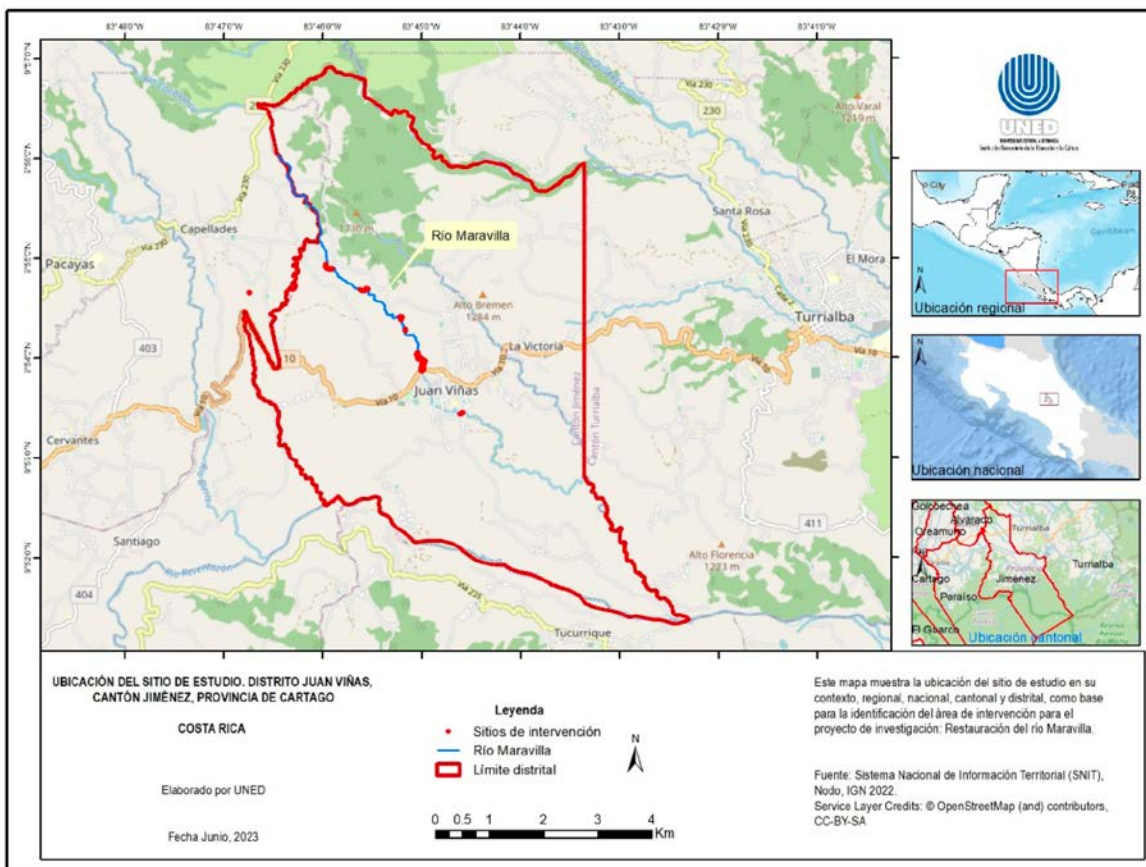


Figura 2. Sitio de estudio, sector río Maravilla, Juan Viñas, Jiménez, Costa Rica.
Figure 2. Study site, Maravilla river sector, Juan Viñas, Jiménez, Costa Rica.

Esta investigación adoptó un enfoque cualitativo centrado en la observación y el estudio a profundidad. Taylor y Bogdan (1984) destacan este enfoque inductivo, holístico, que requiere la comprensión del investigador y de las personas involucradas, integrando diversas perspectivas y validando la investigación.

Se realizó una descripción del contexto e implementación de estrategias de rehabilitación ecológica en el área de protección del río Maravilla, a lo largo de 5 km, aproximadamente, en dirección norte desde la intersección del río con la ruta nacional número 10. Las unidades de muestreo se definieron a través de procesos y se llevó a cabo un muestreo dirigido por conveniencia, según Hernández y Mendoza (2018), como un conjunto de acciones con un propósito específico.



Para conocer el contexto de estudio a rehabilitar, se realizó un proceso conformado por cuatro etapas:

1. Criterios de priorización: análisis de servicios ecosistémicos

- Retención de sedimentos: Uso de la herramienta InVEST para analizar la retención de sedimentos.
- Buenas prácticas agrícolas: Transición del uso del café hacia prácticas agrícolas sostenibles mediante la NAMA Café.
- Impacto de la transición de uso del suelo: Evaluación del impacto al pasar de pastos a áreas forestales.
- Restauración de bosques riparios: Análisis de la restauración de bosques cercanos a ríos.

2. Análisis multicriterio de variables discretas

- Información secundaria: Uso de evaluaciones multicriterio anteriores para definir sitios prioritarios para la restauración.
- Evaluación complementaria: Implementación de una nueva evaluación multicriterio basada en los servicios ecosistémicos.
- Delimitación de áreas de protección: Uso de la metodología INVU para delimitar áreas de protección del río Maravilla.
- Análisis geoespacial: Intersección de productos obtenidos con el uso de suelo en el área de protección del río Maravilla para identificar sitios prioritarios a restaurar.

3. Criterios de priorización

- Propiedad pública.
- Accesibilidad a través de espacios públicos o privados con el debido permiso.
- Identificación de variables ambientales y sociales relevantes.
- Factibilidad para la implementación de acciones de restauración.
- Beneficios ambientales significativos.
- Pendientes adecuadas para el trabajo seguro y sostenible.

4. Actividad

- Uso del suelo: Desarrollo del uso del suelo en la cuenca media y alta del río Maravilla, con 5 777 metros lineales de cauce principal.
- Zonas de protección: Según la Ley Forestal, se establecieron zonas de protección de 15 m de ancho para pendientes menores al 40 % y de 50 m de ancho para pendientes mayores al 40 %.
- Metodología INVU: Uso de la metodología para la delimitación digital de áreas de protección, implementada en QGIS 3.16-5 Hannover, con un modelo de pendiente de píxeles de 1.68 m de profundidad.



Con los datos anteriores, fue posible construir un contexto general de las posibles áreas prioritarias, a lo largo del área de protección del río, debidamente clasificadas entre alta, media y baja. En la **Figura 3** se muestra el resultado espacial de la distribución de las prioridades de restauración en el río Maravilla, producto del análisis multicriterio citado anteriormente. El sitio conocido como Poza La Mica se caracteriza por ser un lugar utilizado históricamente para la recreación y el esparcimiento por parte de los vecinos que habitan en el cantón de Jiménez, haciendo de este un sitio de alta prioridad.

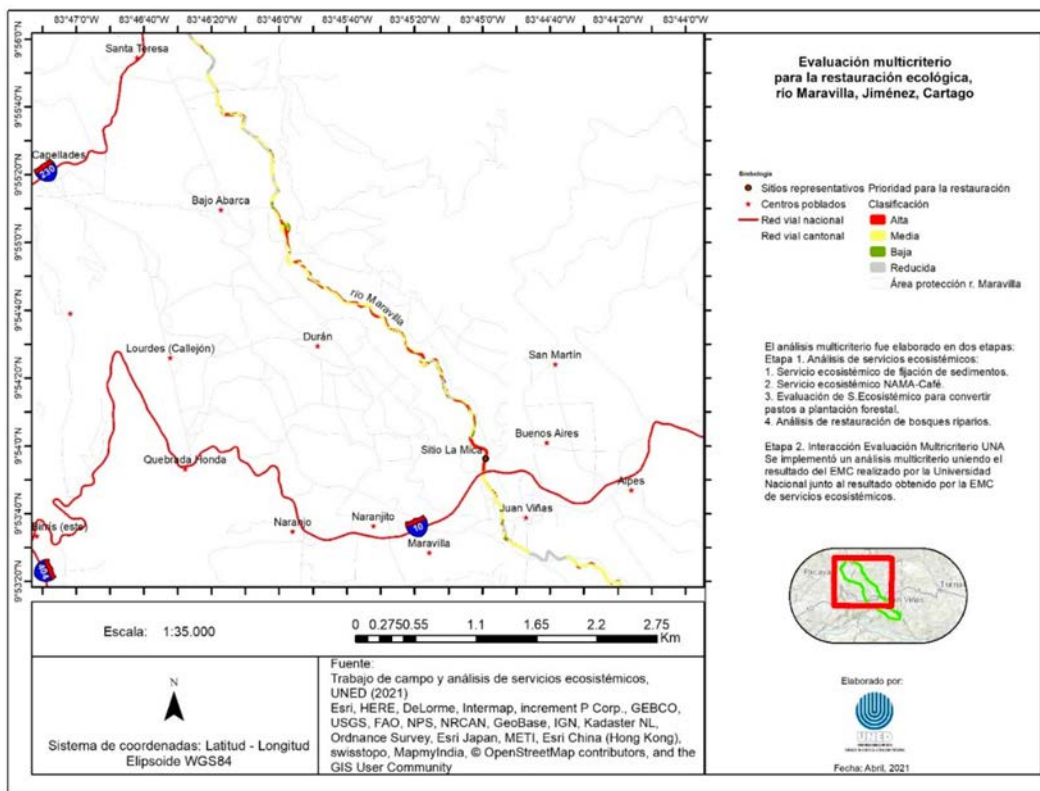


Figura 3. Priorización de sitios para la restauración del río Maravilla.

Figure 3. Prioritization of sites for restoration of the Maravilla River.

Para validar la información generada en el mapa, se realizaron recorridos a lo largo del río Maravilla. Se consideraron cuatro criterios para seleccionar las áreas destinadas a la rehabilitación ecológica del cauce del río: accesibilidad, conflicto de uso del suelo, uso recreacional y conformidad con la normativa de protección del cauce del río.

Durante los recorridos, se identificaron espacios sin cobertura boscosa, otros usos de suelo y tipos de cultivo, y se enlistaron las especies de flora en los diferentes sitios. Se observó una presencia significativa de usos del suelo distintos al bosque, especialmente en el área de protección establecida por la legislación nacional. Estos usos, que incluyen cultivos de caña de azúcar



y café, así como pastizales para ganadería y otros fines agrícolas, causan un impacto negativo en los ecosistemas naturales de la microcuenca.

Con la información recabada, se implementaron diversas estrategias de rehabilitación ecológica, seleccionadas según las condiciones del lugar. Se trazó el área de protección en la ribera del río conforme a la Ley Forestal N° 7575, artículo 33, que establece una zona de protección de 15 metros en áreas rurales, ampliándose a 50 metros en sitios con pendientes abruptas. Para lo anterior, se utilizaron estacas demarcadas con colores fosforescentes y cinta reflectiva.

3. Resultados

Durante el año 2021 se llevó a cabo el diagnóstico, el cual dio paso a un listado de especies más representativas de la zona, se identificó el bosque de referencia, se seleccionaron las especies de vegetación a utilizar y se identificaron los espacios destinados al proceso de rehabilitación ecológica. Adicionalmente, al inicio del 2021 se llevó a cabo la actividad de identificación de los sitios prioritarios para implementar las acciones de restauración a lo largo del área de protección del río Maravilla, incluyendo la delimitación para los sitios con retiro de 15 y 50 metros, según lo establece la legislación nacional.

El 2021 marcó el inicio del proceso de plantación de las especies seleccionadas. Esta actividad se desarrolló hasta finales del año 2022, mientras que, durante el 2023, se puso mayor énfasis en el monitoreo, necesario para la replantación de especies en sitios donde fue imperioso realizar cambios debido a la muerte o pérdida de vegetación ocasionada por robo o vandalismo.

A lo largo del periodo del proyecto se desarrollaron acciones de sensibilización de la población local y estrategias de involucramiento comunitario, ya que el éxito de este tipo de iniciativas depende tanto del compromiso de la comunidad, como de la planificación estratégica de las acciones de restauración.

En este sentido, la efectividad del proceso de restauración no solo depende del involucramiento de la comunidad, sino, también, del conocimiento detallado de la vegetación endémica del área. En el **Cuadro 1** se presenta un listado de 15 especies representativas con potencial para la restauración ecológica en el sector de Juan Viñas. Para su selección, se creó una matriz de valoración de criterios adaptada de Bolaños *et al.* (2011), en la cual se evaluaron diez aspectos fundamentales: densidad de follaje, floración, abundancia, propagación vegetativa, altura de la especie, requerimientos luminosos, tipo de suelo, clima, rusticidad y valor agregado. Cada criterio incluyó tres variables y se aplicó una escala de calificación de 0 a 3 para cada especie, lo que permitió determinar su idoneidad para la restauración.

La clasificación global de las especies se asignó a partir de las calificaciones obtenidas en cada criterio, agrupándolas en tres categorías de potencial de uso: bajo (10-15), medio (15-20) y alto (20-25). Esto permitió identificar las especies más apropiadas para recomendar en este proyecto, seleccionando árboles, arbustos y herbáceas con potencial para la restauración ecológica de la microcuenca del río Maravilla con 13 familias y 15 especies.



Cuadro 1. Listado de árboles (A), arbustos (AR), herbáceas (H) con potencial para la restauración ecológica, identificados durante los recorridos.

Table 1. List of trees (A), shrubs (AR), herbaceous (H) with potential for ecological restoration, identified during the walks.

Familia	Especie	Hábito
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	A
Actinidaceae	<i>Saurauia montana</i> Seem.	A
Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> Benth. ex Seem.	A
Lauraceae	<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez.	A
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltld.	A
Asteraceae	<i>Senecio multivenius</i> Benth.	AR
Malvaceae	<i>Triumfetta lappula</i> L.	AR
Melastomataceae	<i>Monochaetum floribundum</i> (Schltld.) Naudin	AR
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	AR
Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i> Jacq.	AR
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray	H
Phytolaccaeae	<i>Phytolacca rivinoides</i> Kunth & C.D. Bouché	H
Polygalaceae	<i>Monnina parasylvatica</i> C.M. Taylor.	H
Rubiaceae	<i>Richardia scabra</i> L.	H
Solanaceae	<i>Solanum trizygum</i> Bitter	H

Fuente: Manual de Plantas de Costa Rica (Hammel *et al.*, 2015), Flora Digital de la Estación Biológica La Selva (2015).

Como segundo paso, se identificaron dos sitios de referencia (parches de bosques que presentan condiciones representativas del bosque original) como línea base de las especies de flora presentes para el proceso de rehabilitación, en donde las familias de las Fabaceas con 12 sp, Moraceae con 5sp, Malvaceae y Meliaceae, 3sp cada una. En resumen, se identificaron 32 familias y 63 especies (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Especies identificadas en recorridos desde el centro del cantón de Jiménez a lo largo del río Maravilla.
Table 2. Species identified in surveys from the center of the canton of Jiménez along the Maravilla River.

Familia	Especie	Nombre común
Actinidaceae	<i>Saurauia pittierii</i> , Donn. Sm.	Moquito
Actinidaceae	<i>Saurauia montana</i> , Seem.	Moquito
Adoxaceae	<i>Viburnum venustum</i> , C.V. Morton	
Adoxaceae	<i>Viburnum costaricanum</i> , (Oerst.) Hemsl.	Cura, colpachí
Anacardiaceae	<i>Toxicodendron striatum</i> , (Ruiz & Pav.) Kuntze	Hinchador
Annonaceae	<i>Guatteria</i> sp	Anonillo
Apocynaceae	<i>Stemmadenia litoralis</i> , (Kunth) L. Allorge	Bijarro
Araliaceae	<i>Oreopanax xalapensis</i> , (Kunth) Decne. & Planch	Cachito de venado
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> , Kunth	Jaul
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> , (Ruiz & Pav.) Oken	Laurel
Boraginaceae	<i>Cordia eriostigma</i> , Pittier.	Laurel muñeco
Celastraceae	<i>Perrottetia longistylis</i> , Rose	



Familia	Especie	Nombre común
Clusiaceae	<i>Clusia rosea</i> , Jacq.	Copey
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> , (L.) Morong	Yos
Euphorbiaceae	<i>Croton draco</i> , Schlttdl. & Cham.	Targuá
Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i> , Sw.	Canelito
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> , (Jacq.) Kunth ex Walp.	Madero negro
Fabaceae	<i>Senna papillosa</i> , (Britton & Rose) H.S. Irwin & Barneby	Vainillo
Fabaceae	<i>Stylosanthes guianensis</i> , (Aubl.) Sw.	
Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> , (Vahl) Willd.	Guaba machete
Fabaceae	<i>Erythrina berteroaana</i> , Urb.	Poró
Fabaceae	<i>Erythrina poeppigiana</i> , (Walp.) Cook	Poró gigante
Fabaceae	<i>Cojoba costaricensis</i> , Britton & Rose.	
Fabaceae	<i>Zygia longifolia</i> , (Humb. & Bonpl.) Britton & Rose	Sotacaballo
Fabaceae	<i>Erythrina gibbosa</i> , Cufod.	Poró
Fabaceae	<i>Inga oerstediana</i> , Benth. ex Seem.	Guaba
Fabaceae	<i>Inga thibaudiana</i> , DC.	Guaba
Fagaceae	<i>Quercus benthamii</i> , A. DC.	Roble
Hippocastanaceae	<i>Billia rosea</i> , (Planch. & Linden) C. Ulloa & P. Jorg.	Cucaracho
Hydrangeaceae	<i>Hydrangea peruviana</i> , Moric	Hortensia de monte
Hypericaceae	<i>Vismia baccifera</i> , (L.) Triana & Planch.	Achiotillo
Juglandaceae	<i>Juglans olanchana</i> , Standl. & L.O. Williams	Cedro Nogal
Juglandaceae	<i>Alfaroa maningii</i> , J. Léon	
Juglandaceae	<i>Alfaroa costaricensis</i> , Standl.	
Lamiaceae	<i>Cornutia pyramidata</i> , L.	
Lamiaceae	<i>Callicarpa acuminata</i> , Kunth	
Lauraceae	<i>Ocotea cernua</i> , (Nees) Mez.	Ira
Malvaceae	<i>Pachira aquatica</i> , Aubl.	Poponjoche, cacao de danta
Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i> , L.	Burio
Malvaceae	<i>Hampea appendiculata</i> , (Donn. Sm.) Standl.	Burio
Melastomataceae	<i>Conostegia oersteniana</i> , O. Berg ex Triana	Lengua de vaca
Melastomataceae	<i>Miconia dolichopoda</i> , Naudin	Canilla de mula
Meliaceae	<i>Cedrela tonduzii</i> , C. DC.	Cedro dulce
Meliaceae	<i>Guarea sp</i>	Ocora
Meliaceae	<i>Trichilia havanensis</i> , Jacq.	Uruca
Moraceae	<i>Ficus caldasiana</i> , Dugand	Higuerón
Moraceae	<i>Ficus hartwegii</i> , Miq.	Higuerón
Moraceae	<i>Castilla elastica</i> , Sessé ex Cerv.	Hule
Moraceae	<i>Ficus tonduzii</i> , Standl.	
Moraceae	<i>Ficus velutina</i> , Humb. et Bonpl. ex Willd.	Higuerón
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> , (L.) Alston.	Manzana rosa
Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i> , (L.) Merr. & L. M. Perry	Manzana de agua
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima oblonga</i> , (Tul.) Müll. Arg.	
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> , (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Ratoncillo
Rubiaceae	<i>Arachnothryx buddleioides</i> , (Benth.) Planch.	Algodoncillo
Siparunaceae	<i>Siparuna thecaphora</i> , (Poepp. & Endl.) A. DC.	Hoja de pasmo



Familia	Especie	Nombre común
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> , (L.) Schltld.	Güitite
Styracaceae	<i>Styrax glabrescens</i> , Benth.	
Ulmaceae	<i>Ulmus mexicana</i> , (Liebm.) Planch.	Tirrá
Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> , Bertol	Guarumo
Urticaceae	<i>Cecropia angustifolia</i> , Trécul	Guarumo
Urticaceae	<i>Coussapoa villosa</i> , Poepp. & Endl.	
Verbenaceae	<i>Citharexylum macradenium</i> , Greenm.	Dama

Fuente: Manual de Plantas de Costa Rica (Hammel et al., 2015), Flora Digital de la Estación Biológica La Selva (2015).

La selección de sitios clave para la implementación de la rehabilitación ecológica se definió a través de cuatro criterios: 1) accesibilidad, descartando sitios con pendientes abruptas o pantanosos; 2) áreas distintas a bosque, seleccionando lugares sin cobertura vegetal forestal; 3) espacios de uso recreacional, priorizando sitios utilizados por la comunidad; y 4) área de protección del cauce del río Maravilla, realizando la rehabilitación solo en áreas protegidas, según la normativa de Costa Rica.

Tomando como referencia los criterios de selección, se identificó un sector con una distancia longitudinal aproximada de 5 km en dirección norte, desde la intersección del río con la ruta nacional N°10. En las **Figuras 4, 5 y 6** se representa el río en colores amarillo y rojo, indicando los sitios rehabilitados con especies nativas de la zona. Estas figuras muestran de forma concisa la descripción gráfica de la vegetación y agentes perturbantes presentes a lo largo del cauce en dirección norte.

Se observaron agentes perturbantes asociados con el cultivo de café (*Coffea arabica*), zacate gigante (*Pennisetum purpureum*), heliotropo (*Hedychium coronarium*) y problemas de anillamiento de árboles, afectando principalmente la sección media de la microcuenca (km 0+000 a 1+800 y km 3+076 en dirección norte). La presencia de cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), pastos para ganadería y cultivos de hortalizas se sitúan primariamente en la parte alta (km 3+076 a 5+595).

Los sitios fueron rehabilitados con especies nativas de la zona. La selección de ellas se dio producto del muestreo y la ubicación de los sitios de referencia, con base en esta información se plantaron 39 especies de árboles (A), 33 especies de arbustos (AR), 24 especies de herbáceas (H) y una Liana (L), para un total de 97 especies y 37 familias. Las familias con mayor representatividad corresponden a Fabaceae, Asteraceae, Melastomastaceae y Solanaceae, como se puede observar en el **Cuadro 3**.





Figura 4. Caracterización espacial del estado de la vegetación presente en el cauce del río Maravilla, 2021-2022, para el sector conformado entre el kilómetro 0+000 a 1+800.

Figure 4. Spatial characterization of the state of the vegetation present in the Maravilla riverbed, 2021-2022, for the sector between kilometer 0+000 to 1+800.



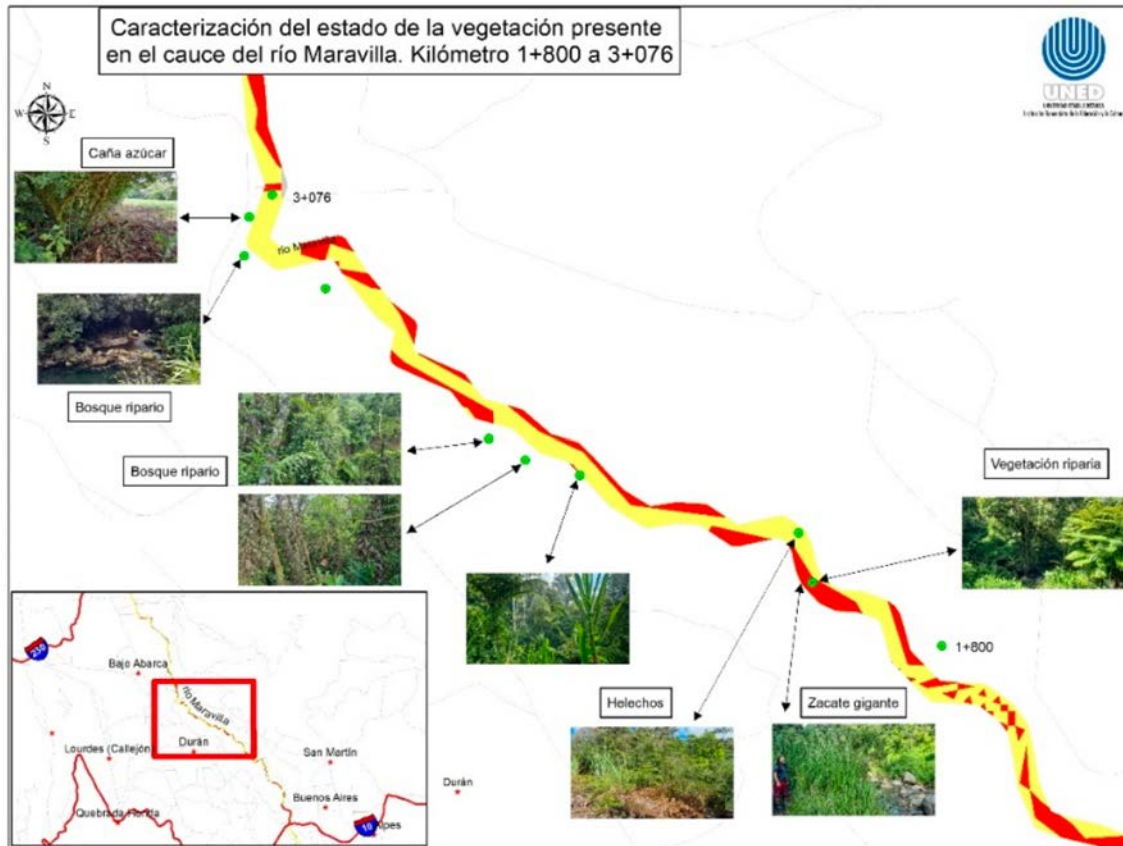


Figura 5. Caracterización espacial del estado de la vegetación presente en el cauce del río Maravilla, 2021-2022, para el sector conformado entre el kilómetro 1+800 a 3+076.
Figure 5. Spatial characterization of the state of the vegetation present in the Maravilla riverbed, 2021-2022, for the sector conformed between kilometer 1+800 to 3+076.



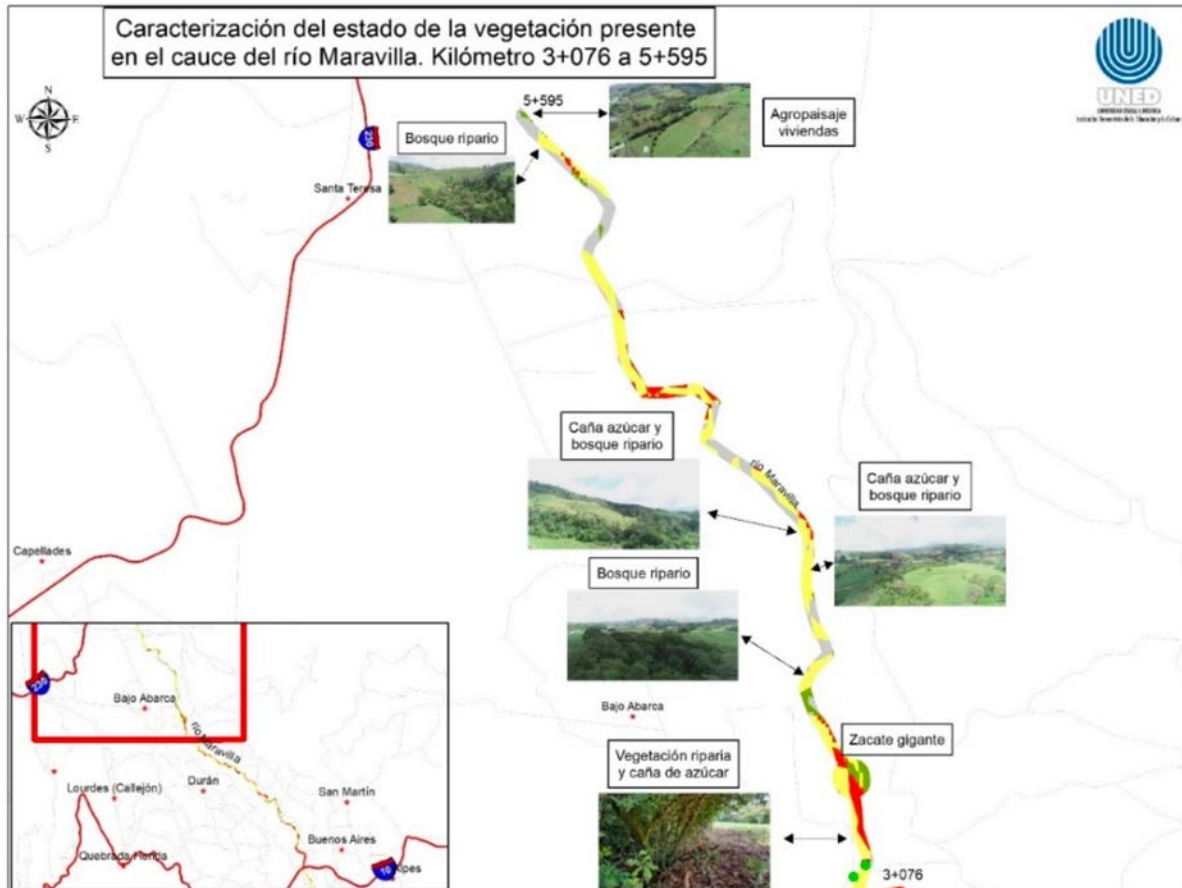


Figura 6. Caracterización espacial del estado de la vegetación presente en el cauce del río Maravilla, 2021-2022, para el sector conformado entre el kilómetro 3+076 a 5+595.

Figure 6. Spatial characterization of the state of the vegetation present in the Maravilla riverbed, 2021-2022, for the sector conformed between kilometer 3+076 to 5+595.



Cuadro 3. Especies utilizadas en el proceso de rehabilitación del río Maravilla.
Table 3. Species used in the rehabilitation process of the Maravilla River.

Familia	Nombre común	Especie	Hábito
Anacardiaceae	Jobo	<i>Spondias mombin L.</i>	A
Apocynaceae	Viborana	<i>Asclepias curassavica</i>	H
Apocynaceae	Coayote	<i>Gonolobus edulis</i>	H
Apocynaceae	Desc.	<i>Matelea denticulata</i>	L
Apocynaceae	Bijarro	<i>Stemmadenia litoralis</i>	A
Araceae	Garrobo	<i>Philodendrum sp</i>	H
Araceae	Cala	<i>Spathiphyllum friedrichsthali</i>	H
Araliaceae	Cachito de venado	<i>Oreopanax xalapensis</i>	A
Arecaceae	Pacaya	<i>Chamaedorea costaricana</i>	H
Asteraceae	Muriseco	<i>Bidens pilosa</i>	H
Asteraceae	Mielcilla	<i>Clibadium glomeratum</i>	AR
Asteraceae	Quitirrisí	<i>Lasianthaea fruticosa</i>	AR
Asteraceae	Tora	<i>Montanoa hibiscifolia</i>	AR
Asteraceae	Tora blanca	<i>Podachaenium eminens</i>	AR
Asteraceae	Botón de Oro	<i>Tithonia diversifolia</i>	AR
Asteraceae	Tora	<i>Verbesina turbacensis</i>	AR
Asteraceae	Tuete	<i>Vernonanthura patens</i>	AR
Bignoniaceae	Corteza amarilla	<i>Handroanthus ochraceus</i>	A
Bignoniaceae	Cortez negro	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	A
Bignoniaceae	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	A
Boraginaceae	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	A
Celastraceae	Mezcalillo	<i>Perrottetia longistylis</i>	H
Clusiaceae	Jorco	<i>Garcinia sp</i>	A
Commelinaceae	Canutillo	<i>Tradescantia zanonía</i>	H
Costaceae	Caña agria	<i>Costus pulverulentus</i>	H
Euphorbiaceae	Targúa	<i>Croton draco</i>	A
Euphorbiaceae	Higuerrilla	<i>Ricinus communis</i>	AR
Euphorbiaceae	Yos	<i>Sapium glandulosum</i>	A
Fabaceae	Poró	<i>Erythrina gibbosa</i>	A
Fabaceae	Almendro	<i>Andira inermis</i>	A
Fabaceae	Casco de venado	<i>Bauhinia monondra</i>	A
Fabaceae	Caña fistula	<i>Cassia fistula</i>	A
Fabaceae	Poró	<i>Erythrina berteroana</i>	A
Fabaceae	Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	A
Fabaceae	Guaba	<i>Inga thibaudiana</i>	A
Fabaceae	Guaba de río	<i>Inga edulis</i>	A
Fabaceae	Guaba Machete	<i>Inga spectabilis</i>	A
Fabaceae	Inga caite	<i>Inga oerstediana</i>	A
Fabaceae	Ojo de buey	<i>Oxyrhynchus trinervius</i>	H
Fabaceae	Sotacaballo	<i>Zygia longifolia</i>	A
Heliconiaceae	Platanilla	<i>Heliconia tortuosa</i>	H



Familia	Nombre común	Especie	Hábito
Heliconiaceae	Platanilla	<i>Heliconia latispatha</i>	H
Lamiaceae	Pavilla	<i>Cornutia pyramidata</i>	A
Lauraceae	Aguacatillo	<i>Nectandra cufodontisii</i>	A
Lauraceae	Quizarrá	<i>Nectandra sp</i>	A
Lauraceae	Aguacate	<i>Ocotea sp</i>	A
Lythraceae	Carruña	<i>Cuphea appendiculata</i>	H
Lythraceae	Carruña	<i>Cuphea hyssopifolia</i>	H
Malvaceae	Burio	<i>Hampea appendiculata</i>	A
Malvaceae	Burio	<i>Heliocarpus americanus</i>	A
Malvaceae	Pavonia	<i>Pavonia rosea</i>	H
Malvaceae	Mozote	<i>Triumfetta lappula</i>	AR
Marantaceae	Platanilla	<i>Goepertia inocephala</i>	A
Marantaceae	Bijagua	<i>Calathea crotalifera</i>	H
Melastomataceae	Lengua de vaca	<i>Aciotis rubricaulis</i>	H
Melastomataceae	Lengua de vaca	<i>Clidemia dentata</i>	AR
Melastomataceae	Lengua de vaca	<i>Centradenia inaequilateralis</i>	H
Melastomataceae	Lengua de vaca	<i>Conostegia oersteniana</i>	A
Melastomataceae	Lengua de vaca	<i>Conostegia subcrustulata</i>	AR
Melastomataceae	Lengua de vaca	<i>Conostegia xalapensis</i>	AR
Melastomataceae	Lengua de vaca	<i>Tibouchina longifolia</i>	AR
Meliaceae	Uruca	<i>Trichilia havanensis</i>	A
Moraceae	Ficus, Higuierón	<i>Ficus tonduzii</i>	A
Myrtaceae	Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	AR
Myrtaceae	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	A
Nyctaginaceae	Desc.	<i>Neea laetevirens</i>	AR
Onagraceae	Clavo de agua	<i>Ludwigia erecta</i>	AR
Papaveraceae	Papagayo/Guacamayo	<i>Bocconia frutescens</i>	AR
Phytolaccaeae	Jaboncillo	<i>Phytolacca rivinoides</i>	H
Piperaceae	Piper	<i>Piper aduncum</i>	AR
Piperaceae	Cordoncillo	<i>Piper auritum</i>	AR
Piperaceae	Piper	<i>Piper brevipes</i>	AR
Piperaceae	Cordoncillo	<i>Piper friedrichsthalii</i>	AR
Piperaceae	Anisillo	<i>Piper umbellatum</i>	AR
Primulaceae	Tucuico	<i>Ardisia revoluta</i>	A
Primulaceae	Ratoncillo	<i>Myrsine coriacea</i>	A
Rosaceae	Mora	<i>Rubus glaucus</i>	H
Rubiaceae	Dos caras	<i>Arachnothryx buddleioides</i>	AR
Rubiaceae	Desc.	<i>Coccocypselum hispidulum</i>	H
Rubiaceae	Coralillo	<i>Hamelia patens</i>	AR
Rubiaceae	Cambrillo	<i>Palicourea padifolia</i>	AR
Rutaceae	Limón	<i>Citrus limon</i>	A
Solanaceae	Güitite	<i>Acnistus arborescens</i>	A
Solanaceae	Zorrillo	<i>Cestrum racemosum</i>	AR
Solanaceae	Zorrillo	<i>Cestrum schlechtendalii</i>	AR



Familia	Nombre común	Especie	Hábito
Solanaceae	Solanum	<i>Solanum aphyodendron</i>	AR
Solanaceae	Solanum	<i>Solanum trizygum</i>	H
Solanaceae	Sulfatillo	<i>Witheringia solanacea</i>	AR
Ulmaceae	Tirrá	<i>Ulmus mexicana</i>	AR
Urticaceae	Guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i>	A
Urticaceae	Pilea	<i>Pilea pumila</i>	AR
Verbenaceae	Dama	<i>Citharexylum macradenium</i>	A
Verbenaceae	Desc.	<i>Lippia myriocephala</i>	AR
Verbenaceae	Cinco negritos	<i>Lantana camara</i>	AR
Verbenaceae	Desc.	<i>Lippia umbellifera</i>	A
Verbenaceae	Verbena	<i>Verbena litoralis</i>	H
Zingiberaceae	platanilla	<i>Renealmia cernua</i>	H

Nota: Herbácea (H). Árbol (A). Arbusto (AR). Liana (L).

Finalmente, se plantaron 1 828 árboles, 3 483 arbustos, 342 herbáceas y 7 lianas. Se utilizaron 7 técnicas de rehabilitación según las condiciones del lugar, como el establecimiento de cercas vivas para delimitar zonas de cultivos de café y caña y el área de protección de 15 metros en ambos márgenes del río; siembra directa en presencia de cultivos, colocando especies



Figura 7. Siembra de cercas vivas para delimitar zonas de cultivos de café y caña y el área de protección.

Figure 7. Planting of live fences to delimit coffee and sugarcane crop zones and the protection area.

estratégicamente para no interferir con la zona de cultivo; siembra de especies al azar, en zigzag e intercalando especies; limpieza del *Pennisetum purpureum* en el área de protección del río; e instalación de percheros con madera viva o muerta para aves. Además, se utilizaron estrategias para trabajar con la comunidad, como charlas, participación en la siembra y divulgación de las actividades y estrategias que se estaban realizando en el sector. En las **Figuras 7** a la **11**, se pueden observar algunas de las estrategias utilizadas en campo.





Figura 8. Siembra directa en presencia de cultivos, colocando especies estratégicamente para no interferir con la zona de cultivo.

Figure 8. Direct seeding in the presence of crops, placing species strategically so as not to interfere with the cultivation area.



Figura 9. Limpieza del *Pennisetum purpureum* en el área de protección del río y siembra de especies.

Figure 9. Clearing of *Pennisetum purpureum* in the river protection area and planting of species.





Figura 10. Utilización de percheros para aves, en diferentes sectores del área a rehabilitar.
Figure 10. Use of bird perches in different sectors of the area to be rehabilitated.



Figura 11. Participación de la comunidad en la rehabilitación del río Maravilla.
Figure 11 Community participation in the rehabilitation of the Maravilla River.



4. Discusión

La implementación de diversas estrategias de rehabilitación evidenció una transformación significativa en el sitio. Se seleccionaron especies de los tres estratos: herbáceas, arbustos y árboles, tomando como referencia tanto las especies presentes en el área como aquellas con mayor potencial para la restauración ecológica, según la matriz de valoración de criterios. Esta matriz consideró factores como la densidad del follaje, la floración, la abundancia, la propagación vegetativa, la altura de la especie, los requerimientos de luz, el tipo de suelo, el clima, la rusticidad y el valor agregado. Como mencionan [Cogollo et al. \(2020\)](#), para comenzar un proceso de restauración en áreas degradadas es crucial elegir especies vegetales nativas que contribuyan a la diversidad funcional del ecosistema en recuperación y faciliten el establecimiento de nuevas plantas que avancen hacia etapas sucesionales.

Para el proceso de rehabilitación la técnica de cercas vivas fue utilizada para delimitar la zona de cultivos de café y caña en el área de protección, utilizando la especie herbácea *Tithonia diversifolia* (árbol maravilla, falso girasol, árnica de la tierra). [Pérez et al. \(2009\)](#), encontraron que esta especie se adapta fácilmente a diversas condiciones ecológicas y tiene un gran valor nutricional.

Asimismo, [Contreras et al. \(2021\)](#) añadieron que tiene potencial para la recuperación de suelos compactados, es de crecimiento rápido, regula la entrada de luz solar, generando un microclima diferente en el suelo, aporta fósforo, y sus flores proporcionan alimento y refugio para muchas especies de insectos, iniciando el proceso de dispersión y polinización. Con estas características, *Tithonia* se utilizó para controlar el agente perturbante *Pennisetum purpureum*. También se utilizó en cercas vivas complejas para delimitar el área de protección de 15 metros en ambos márgenes del río, especialmente en sitios con presencia de cultivos de café y caña de azúcar. Además, se sembró al azar en sectores con agentes perturbantes agresivos y otras herbáceas como *Phytolacca rivinoides*, *Monnina parasylvatica*, *Richardia scabra* y *Solanum trizygam*.

En la siembra directa entre cultivos de café, se utilizó el arbusto *Hamelia patens* (coralillo), apetecido por insectos, mariposas y aves, y especies melíferas ([Torres, 2009](#)), esta especie se utiliza en pendientes onduladas o escarpadas, suelos pedregosos y compactados, tolerando grandes cantidades de lluvia. También se utilizaron otras especies como *Senecio multivenius*, *Triumfetta lappula*, *Monochaetum floribundum* y *Psidium guajava*.

Entre las técnicas de al azar, zigzag y tresbolillos se utilizó *Acnistus arborescens*, un árbol de crecimiento rápido que brinda sombra es utilizado para cercas vivas, ayuda al control de la erosión y sus frutos y flores son muy apetecidos por aves y polinizadores ([Aximoff et al., 2020](#)). Otras especies utilizadas fueron *Gliricidia sepium*, *Erythrina berteroana*, *Cecropia obtusifolia*, *Cordia alliodora*, *Saurauia montana*, *Inga spectabilis* y *Ocotea cernua*. Que, de acuerdo con [Rondón y Vidal \(2005\)](#), citado por [Sanchún \(2016\)](#), por sus características morfológicas y ecofisiológicas se deben considerar al seleccionar las especies para procesos de restauración.

En orillas de calles y senderos, se identificaron y trasplantaron especies de plantas nativas con potencial de restauración ecológica. A lo largo del proyecto se dio seguimiento y evaluación de las especies sembradas, implementando procesos de siembra y resiembra cuando se



detectaba mortalidad de plantas. La limpieza continua de *Pennisetum purpureum* fue imperante para dar tiempo al crecimiento de las plantas y evitar que fueran cubiertas. El establecimiento de perchas artificiales se realizó en puntos clave, utilizando una distribución al azar, donde había poca presencia de árboles o arbustos, permitiendo que las aves y los murciélagos dejaran sus excretas en el lugar (Scholz *et al.*, 2016).

Un aspecto crucial en la rehabilitación ecológica del cauce del río Maravilla fue la integración de la comunidad local en el proceso. La educación y sensibilización de los habitantes sobre la importancia de la biodiversidad y la restauración ecológica fomentaron una mayor participación y compromiso con el proyecto. Esto no solo contribuyó a la sostenibilidad de los esfuerzos de rehabilitación, sino que, asimismo fortaleció el sentido de pertenencia y responsabilidad ambiental entre los miembros de la comunidad, como lo afirman Calle *et al.* (2015).

La colaboración con las comunidades locales es fundamental para el éxito, a largo plazo, de cualquier proyecto de restauración ecológica. Tal como lo refuerzan González *et al.* (2015), la gestión de información entre los diferentes actores retroalimenta el proceso y garantiza la continuidad y su integración, incluso después de finalizadas las acciones de intervención sobre el ecosistema.

Además, la diversidad de técnicas utilizadas permitió abordar las variadas condiciones ambientales presentes a lo largo del cauce del río Maravilla. Las técnicas adaptativas y contextualizadas, como la siembra al azar, en zigzag y tresbolillos, entre otras, demostraron ser efectivas en diferentes contextos, lo que subraya la importancia de una planificación flexible y adaptativa. La capacidad de ajustar las estrategias, de acuerdo con las necesidades específicas del sitio y las condiciones ambientales, es crucial para maximizar los beneficios ecológicos y asegurar la resiliencia del ecosistema rehabilitado.

5. Conclusiones

Para dar respuesta a la pregunta planteada ¿Cuáles son las estrategias más efectivas para llevar a cabo un proceso de rehabilitación del ecosistema?, la investigación, evidenció que las diversas estrategias implementadas para la rehabilitación ecológica fueron efectivas en la restauración de las funciones ecosistémicas. El uso de técnicas variadas como cercas vivas, siembra directa, métodos de zigzag, tresbolillos, siembra en curvas de nivel, entre otras, resultó en una notable recuperación de la vegetación en las áreas rehabilitadas. Este éxito subraya la importancia de utilizar especies adaptadas a las condiciones locales para facilitar la restauración del hábitat natural.

La implementación de cercas vivas, demostró ser una técnica crucial para delimitar zonas de cultivo y áreas de protección, utilizando especies como *Tithonia diversifolia*, que no solo se adaptan fácilmente a diversas condiciones ecológicas, sino que, además ofrecen beneficios adicionales como la recuperación de suelos compactados, la creación de microclimas favorables y el embellecimiento, producto de la floración atractiva de la planta. Este enfoque multifuncional permitió controlar agentes perturbadores como *Pennisetum purpureum*, de manera efectiva.



El uso de perchas para aves se reveló como una estrategia complementaria valiosa, ya que facilitó la dispersión natural de semillas, contribuyendo a la regeneración espontánea de la vegetación. Esta técnica, junto con la resiembra y el seguimiento continuo de las especies plantadas, aseguró una mayor tasa de éxito en la rehabilitación de las áreas intervenidas. La diversidad de técnicas aplicadas permitió abordar las diferentes condiciones del sitio, lo que resalta la importancia de una planificación adaptativa y contextualizada para el éxito de la rehabilitación ecológica.

Finalmente, la participación activa de la comunidad local fue esencial para el éxito del proyecto. La puesta en acción de actividades de educación ambiental, fomentaron la sensibilización y la motivación de las personas habitantes fomentando un sentido de pertenencia y responsabilidad ambiental, lo cual es crucial para la sostenibilidad, a largo plazo, de los esfuerzos de rehabilitación. La colaboración comunitaria no solo asegura el mantenimiento de las áreas rehabilitadas, sino que, incluso fortalece la cohesión social y el compromiso con la conservación del ambiente.

Se recomienda la implementación de programas educativos y de sensibilización en las comunidades locales, a través del departamento de Gestión Ambiental del gobierno local, para fomentar la participación en los proyectos de rehabilitación ecológica. Estos programas deben incluir talleres y actividades que promuevan el conocimiento sobre la importancia de la biodiversidad y las técnicas de rehabilitación utilizadas, asegurando así, que los habitantes locales comprendan y valoren los esfuerzos de restauración.

Es crucial continuar con el monitoreo y mantenimiento de las áreas rehabilitadas para asegurar la supervivencia y crecimiento de las especies plantadas. Esto incluye la resiembra en caso de mortalidad de plantas, el control continuo de especies invasoras como *Pennisetum purpureum* y la evaluación periódica del éxito de las técnicas aplicadas. Un monitoreo constante garantiza que los objetivos de rehabilitación se cumplan de manera efectiva y sostenible a largo plazo.

Finalmente, se recomienda fortalecer la colaboración interinstitucional y con organizaciones no gubernamentales para apoyar y expandir los esfuerzos de rehabilitación ecológica. La integración de recursos y conocimientos de diferentes actores puede mejorar la eficacia de las intervenciones y permitir la implementación de proyectos más ambiciosos y a mayor escala. Esta cooperación igualmente puede facilitar la obtención de financiamiento y apoyo técnico necesario para la continuidad y expansión de los programas de restauración.

6. Agradecimientos

El proyecto “Restauración ecológica en áreas de protección en la microcuenca del Río Maravilla y nacientes del acueducto municipal de Jiménez, Cartago”, agradece a los estudiantes de la Universidad Estatal a Distancia, a los miembros de la comunidad de Juan Viñas, así como a los colegas María Auxiliadora Zúñiga, Benjamín Álvarez Garay, Marlon Salazar Chacón y muchas otras personas que colaboraron de diversas formas. Un agradecimiento especial al SINAC por su acompañamiento a lo largo del proceso. Finalmente, se agradece al equipo editorial y a las personas revisoras anónimas por las observaciones durante la revisión del manuscrito.



7. Ética y conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

8. Referencias

- Área de Conservación Guanacaste [ACG]. (2012). Estación Experimental Forestal Horizontes <https://www.acguanacaste.ac.cr/biodesarrollo/programa-de-restauracion-y-silvicultura/estacion-experimental-forestal-horizontes>
- Aximoff, I. A., Soares, H. M., & Bernadello, G. (2020). *Acnistus arborescens* (Solanaceae): an important food resource for birds in an Atlantic Forest site, [*Acnistus arborescens* (Solanaceae): un importante recurso alimenticio para las aves en un lugar del bosque atlántico] Southeastern Brazil. *Rodriguesia*, 71, e02232018. <https://www.scielo.br/j/rod/a/bNwsVxb7JLL55MKF6sBvtqc/?format=html&lang=en>
- Bolaños, T. y Moscoso, A. (2011). Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica. Facultad de Ciencias Ambientales Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia. *Revista nodo*, N° 10, Vol. 5. 20p.
- Bonilla-Villalobos, V. (2018). Estrategias de restauración de ecosistemas en un sitio degradado del bosque húmedo premontano transición seca. *Repertorio Científico*, 21(2), 37-58. <https://doi.org/10.22458/rc.v21i2.2408>
- Calle, Z., Carvajal, M., Giraldo, A. (2015). Monitoreo participativo e indicadores socioeconómicos de la restauración ecológica. En Aguilar-Garavito, *et al.* (Eds.), Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres (pp. 67-73). https://www.researchgate.net/profile/Carolina-Murcia/publication/282648462_Estado_del_monitoreo_de_la_restauracion_ecologica_en_Colombia/links/620683ad87866404a16038dc/Estado-del-monitoreo-de-la-restauracion-ecologica-en-Colombia.pdf
- Celentano, D. (2010). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: Efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarascas. *Revista Biología Tropical*, 59(3), 1323-1336. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000300032
- Cogollo Calderón, A. M., Velasco Linares, P., & Manosalva, L. (2020). Caracterización funcional de plantas y su utilidad en la selección de especies para la restauración ecológica de ecosistemas altoandinos. *Biota colombiana*, 21(1), 1-15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49163257001>





- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2021). Claves de la CEPAL para el desarrollo N° 8: Panorama Social de América Latina 2020. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/251d2882-8b85-4989-ad2a-ca5118cfd95b>
- Contreras Mejía, M. L., & Ruge Rojas, M. F. (2021). *Evaluación de la especie Tithonia diversifolia como abono verde y promisorio en la recuperación de indicadores del suelo, susceptibles a la compactación en la Finca Ganadera "Santa Isabel"*. https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UNBOSQUE2_81be5073eb6a4f680e4923d3c02ea12c
- Espinoza-Espinoza, N. (2022). Plan de restauración ecológica participativa para una finca productiva en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/14303>
- Flora Digital de la Estación Biológica La Selva. (2015). *Florula digital de La Selva, Costa Rica*. Organización para Estudios Tropicales (OET). <https://sura.ots.ac.cr/florula4/>
- Gálvez, J. (2002). *La restauración ecológica conceptos y aplicaciones: Revisión bibliográfica*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar / IARNA-URL. <https://www.url.edu.gt/publicaciones-url/pPublicacion.aspx?pb=1073>
- González, R., Avella, A., Díaz-Triana, J. (2015). Plataformas de Monitoreo para vegetación: toma y análisis de datos. En Aguilar-Garavito, et al. (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres* (pp. 87-107). https://www.researchgate.net/publication/301221874_Plataformas_de_monitoreo_para_vegetacion_Toma_y_analisis_de_datos
- Hammel, B. E., Grayum, M. H., Herrera, C., & Zamora, N. (2015). *Manual de Plantas de Costa Rica*. Missouri Botanical Garden Press.
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Las tres rutas de la investigación científica: Enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto*. McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Jiménez-Gavilán, P. (2021). *Impacto de la gestión de los recursos hídricos en el estado ecológico del río Maravilla* (Cartago, Costa Rica). <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/23437>
- Llosa, Z. B. y Monge-Nájera, J. (2010). Restauración ecológica en la meseta central de Costa Rica. *Biocenosis*, 23(2). <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1240>
- Municipalidad de Jiménez. (2023). *Datos demográficos del Cantón de Jiménez*. <https://munijimenez.go.cr/index.php/mn-conozcanos/mn-micanton/datos-demograficos-del-canton>
- Organización de Estudios Tropicales [OTS]. (2012). *La restauración de humedales en el Parque Nacional Palo Verde*. http://www.ots.ac.cr/index.php?option=com_content&task=view&id=263&Itemid=420
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming Water Challenges*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/cb1446en/cb1446en.pdf>



- Peñaherrera, J. D. A. (2023). Gestión turística de los páramos del Ecuador: una oportunidad para el manejo sostenible de los ecosistemas frágiles. *RICIT: Revista Turismo, Desarrollo y Buen Vivir*, (17), 86-106 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9278680>
- Pérez, A., Montejo, I., Iglesias, J. M., López, O., Martín, G. J., García, D. E., ... & Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y forrajes*, 32(1), 1-1. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269119696001.pdf>
- Reyes, D. G. J., & Francois, M. C. J. (2019). La deforestación de los bosques tropicales: una revisión. *Tecnología al Servicio de la Ingeniería*, (136), 86-93. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3088207>
- Rodríguez-Arias, C. (2023). Cambios en la estructura vertical y composición florística en la Reserva Natural Madre Verde-Costa Rica tras 15 años de restauración ecológica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(2), 1-26. <https://doi.org/10.15359/rca.57-2.9>
- Rondon, R. & Vidal, R. (2005). Establecimiento de la Cubierta Vegetal en Areas Degradadas. (Principios y Metodos). *Revista Forestal Latinoamericana*, (38), 63-82. <http://jardineria.jaravalencia.com/docu/Cubierta%20vegetal.pdf>
- Sanchún, A.; y Obando, G. (2016). El papel de los viveros forestales en la restauración. Cap. 3. *Restauración funcional del paisaje rural: Manual de técnicas*, UICN, 2016. Costa Rica. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/ST-GFE-no.03.pdf>
- Scholz, C., Moreira B. A., (2016). Restauración de paisajes forestales. En Sanchún A., Botero R., Morera A., Obando G., Russo R., Scholz C., y Spinola M. *Restauración funcional del paisaje rural: Manual de técnicas*. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/ST-GFE-no.03.pdf>
- Society for Ecological Restoration International [SER]. (2004). *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. Grupo de trabajo sobre ciencia y política, Tucson, Arizona: Society for Ecological Restoration International. https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf
- Sierra Parra, A. M., Quijano Prieto, N. E., Herrera-Martínez, C. G., Villalobos Soto, R., Delgado, D., & Gutiérrez Leitón, M. (2022). Documentación de procesos de restauración ecológica asistida: islas de cultivo y plantaciones de melina en Guanacaste, Costa Rica. *Ciencia ergo sum*, 29(2). <https://www.redalyc.org/journal/104/10470856001/html/>
- Solano, J., Villalobos, R., (s. f.). *Instituto Meteorológico Nacional, Gestión de desarrollo. Regiones y Subregiones climáticas de Costa Rica*. 32pg. <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Regionalizaci%C3%B3n+clim%C3%A1tica+de+Costa+Rica>





- Taylor, S. J., y Bogda, R. (1984). *Introduction to Qualitative Research Methods: The Search for Meanings* [Introducción a los métodos de Investigación cualitativa, búsqueda de significados] (2da ed.). Wiley.
- Torres, J. C. T. (2009). El Xcanaan (*Hamelia patens* Jacq., Rubiaceae): una maravilla para su jardín de casa. *Desde el Herbario CICY*, 1, 13-14. http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [IUCN]. (2012). *El movimiento de restauración de paisajes se aproxima a los 50 millones de hectáreas con los compromisos de Costa Rica y El Salvador*. <http://www.iucn.org/es/news/?11607/Landscape-restoration-movement-approaches-50-million-hectares-with-El-Salvador-and-Costa-Rica-commitments>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [IUCN]. (2016). *El Desafío de Bonn; restaurar bosques hectáreas por hectáreas*. <https://iucn.org/es/news/secretariat/201609/el-desaf%C3%ADo-de-bonn-se-aproxima-su-meta-de-restauraci%C3%B3n-de-150-millones-de-hect%C3%A1reas-de-tierras-degradadas>





Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665082549005>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Verónica Bonilla-Villalobos, Óscar Chacón-Chavarría

Rehabilitación ecológica de un ecosistema ripario: caso en una sección del cauce del río Maravilla en Jiménez de Cartago, Costa Rica

Ecological rehabilitation of a riparian ecosystem: case of a section of the Maravilla river in Jiménez of Cartago, Costa Rica

Revista de Ciencias Ambientales

vol. 59, núm. 2, 21028, 2025

Universidad Nacional,

ISSN: 1409-2158

ISSN-E: 2215-3896

DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.59-2.6>