

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

Restauración ecológica en Costa Rica: ciencia y experiencias participativas para el bien común



Editorial

Restauración en Costa Rica: una tarea colectiva

Guía para la rehabilitación de áreas de protección
Maureen Arguedas Marín

Propuesta metodológica para identificar sitios prioritarios para restaurar ecosistemas con fines de protección del recurso hídrico
Maureen Arguedas Marín

La dimensión jurídica de la restauración y rehabilitación ecosistémica dentro del Patrimonio Natural del Estado en Costa Rica
Angela Sirleny Vega Herrera

Restauración ecológica en la Gran Área Metropolitana: la contribución de la CNFL a la resiliencia urbana y los servicios ecosistémicos
Sergio Feoli Boraschi

Gestión participativa de microcuencas para la restauración de ecosistemas
Clara Tinoco Navarro, Dora Palma Hernández, Edgar Méndez Vázquez, Raúl Pineda López

Restauración ecológica con rostro comunitario: experiencias en Quebrada Seca y río Parí

Lizzette Badilla Cortés, Wendy Monge Alvarado

Microcuenca del río Siquiara: recuperar sus zonas de protección hídrica es una responsabilidad ineludible
María Álvarez Jiménez, José Castro Solís, Pablo Ramírez Granados

Restauración ecológica de la quebrada La Gata en Horquetas de Sarapiquí
Alejandra Blandón Monge

Restauración ecológica en la Zona Protectora El Chayote
Fulvia Wohl Jiménez, Bernardo Rodríguez Quirós

OTROS

Créditos de carbono como complemento al negocio forestal
Sergio Molina-Murillo

Exploración de un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales en Costa Rica
Victor Meza, Ana Lupi

Calor y cambio climático: una matriz de exposición ocupacional a estrés térmico por calor en Costa Rica
Jennifer Crowe, Daniel Rojas-Valverde, Kenneth Masis, Douglas Barraza, José Alexis Ugalde Ramírez, Randall Gutiérrez Vargas, Alexandra Casanova Quiroz, Maricruz Chavarría Castrillo, Fídelia Solano Gutiérrez, Berna van Wendel de Joode

De ballenas y caracoles: Makahs y Brunkas en el Teatro Nacional de Costa Rica
Emilio Vargas Mena

Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

Restauración ecológica en Costa Rica: ciencia y experiencias participativas para el bien común



Editor en jefe: Sergio A. Molina-Murillo
Editor adjunto: Jesús Ugalde Gómez
Consejo editor: Wilberth Jiménez, Luis Poveda, William Fonseca.
Asistencia y administración: Nancy Centeno Espinoza.
Diseño, diagramación e impresión: Programa de Publicaciones, UNA
Fotografía de portada: Mirador Tierras Emergidas Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste.
Fotografía: Jairo Moya Vargas.
Apartado postal: 86-3000, Costa Rica
Correo electrónico: ambientico@una.ac.cr
Sitio web: www.ambientico.una.ac.cr
Redes sociales: Facebook, X, Instagram

La revista Ambientico es una publicación trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense que se publica desde la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA), institución pública y benemérita de la Patria. Creada en 1992, es una revista de acceso abierto que tiene por misión estimular, publicar y difundir un análisis riguroso y actualizado sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica. Aunque la mayoría de los artículos de la revista Ambientico son solicitados por invitación, se podrán considerar otros artículos altamente pertinentes a la realidad ambiental nacional, y en donde las opiniones estén claramente sustentadas.



Sumario

Editorial	2
Restauración en Costa Rica: una tarea colectiva	2
Guía para la rehabilitación de áreas de protección	4
Maureen Arguedas Marín	4
Propuesta metodológica para identificar sitios prioritarios para restaurar ecosistemas con fines de protección del recurso hídrico	11
Maureen Arguedas Marín	11
La dimensión jurídica de la restauración y rehabilitación ecosistémica dentro del Patrimonio Natural del Estado en Costa Rica	19
Angela Sirleny Vega Herrera	19
Restauración ecológica en la Gran Área Metropolitana: la contribución de la CNFL a la resiliencia urbana y los servicios ecosistémicos	25
Sergio Feoli Boraschi	25
Gestión participativa de microcuencas para la restauración de ecosistemas	30
Clara Tinoco Navarro	30
Dora Palma Hernández	30
Edgar Méndez Vázquez	30
Raúl Pineda López	30
Restauración ecológica con rostro comunitario: experiencias en Quebrada Seca y río Pará	38
Lizzette Badilla Cortés, Wendy Monge Alvarado	38
Microcuenca del río Siquiáres: recuperar sus zonas de protección hídrica es una responsabilidad ineludible	43
María Álvarez Jiménez	43
José Castro Solís	43
Pablo Ramírez Granados	43
Restauración ecológica de la quebrada La Gata en Horquetas de Sarapiquí	49
Alejandra Blandón Monge	49
Restauración ecológica en la Zona Protectora El Chayote	55
Fulvia Wohl Jiménez	55
Bernardo Rodríguez Quirós	55
OTROS	
Créditos de carbono como complemento al negocio forestal	63
Sergio Molina-Murillo	63
Exploración de un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales en Costa Rica	71
Víctor Meza, Ana Lupi	71
Calor y cambio climático: una matriz de exposición ocupacional a estrés térmico por calor en Costa Rica	78
Jennifer Crowe	78
Daniel Rojas-Valverde	78
Keneth Masís	78
Douglas Barraza	78
José Alexis Ugalde Ramírez	78
Randall Gutiérrez Vargas	78
Alexandra Casanova Quiroz	78
Maricruz Chavarría Castrillo	78
Fidelia Solano Gutiérrez	78
Berna van Wendel de Joode	78
De ballenas y caracoles: Makahs y Brunkas en el Teatro Nacional de Costa Rica	89
Emilio Vargas Mena	89
Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico	95

Restauración en Costa Rica: una tarea colectiva

La restauración de ecosistemas se ha convertido en una de las estrategias más urgentes y esperanzadoras frente a las crisis ambientales globales. En esta edición de AMBIENTICO, convergen diversas voces que ilustran, desde la práctica y la teoría, el potencial transformador de los procesos de rehabilitación ecológica cuando se articulan el conocimiento científico, el compromiso ciudadano, la acción institucional y la claridad normativa.

Costa Rica ha desarrollado un marco legal robusto que reconoce la restauración como una herramienta de conservación ambiental, tal como lo señala Sirleny Vega en su análisis jurídico. No obstante, a pesar de la existencia de normas como la Ley de Biodiversidad y su reglamento, persiste un vacío operativo que limita la aplicación efectiva de acciones de rehabilitación en el Patrimonio Natural del Estado. Este desfase entre el potencial jurídico y la realidad operativa es precisamente lo que esta edición pretende visibilizar, al mostrar experiencias que rompen con la inacción y generan aprendizajes valiosos.

Las contribuciones aquí reunidas nos recuerdan que la restauración es más que plantar árboles: *es un proceso complejo que implica diagnóstico, participación social, planificación territorial, ciencia aplicada y sostenibilidad a largo plazo*. Desde la guía técnica para rehabilitar áreas de protección hídrica liderada por el SINAC, hasta la metodología para priorizar sitios de intervención mediante SIG, se evidencia la necesidad de herramientas técnicas adaptadas al contexto costarricense, integradas a los procesos institucionales y participativos.

A nivel territorial, la restauración adopta rostros concretos. La experiencia de la ASADA Horquetas en la finca La Gata en Sarapiquí demuestra cómo una organización comunal puede liderar acciones para proteger nacientes y garantizar el derecho al agua. El trabajo en la microcuenca del río Siquiaries evidencia la urgencia de intervenir paisajes deteriorados por la actividad industrial y la urbanización, mientras que las iniciativas de restauración en corredores biológicos urbano-rurales coordinadas por la CNFL en la Gran Área Metropolitana muestran que la restauración también es clave para la resiliencia urbana y la mejora del espacio público.

La restauración es también un campo de experimentación social y pedagógica. Las experiencias lideradas en la Quebrada Seca y río Pará, o los ejercicios de restauración con comunidades en la Zona Protectora El Chayote, demuestran que el proceso de rehabilitación es tan importante como sus resultados. El involucramiento de comunidades, mujeres, estudiantes y actores locales genera sentido de pertenencia y promueve el arraigo territorial necesario para sostener los esfuerzos de largo plazo.

Esta edición también da espacio a enfoques metodológicos innovadores. Desde México, la propuesta de “gestión de etnocuencas” introduce el concepto de “comunidades de aprendizaje” como motor para la restauración adaptativa en microcuencas, integrando el conocimiento técnico y local. En la misma línea, el caso del carbono en suelos forestales invita a pensar la restauración también como oportunidad de

financiamiento climático. El taller nacional sobre mercado de créditos de carbono en suelos forestales, cuyos resultados se resumen en otro de los artículos de esta edición, destaca la necesidad de desarrollar metodologías con adicionalidad dinámica y marcos de gobernanza participativa.

Los artículos aquí presentados constituyen un mosaico de experiencias, saberes y propuestas que enriquecen el debate sobre la restauración ecológica en Costa Rica. Lejos de tratarse de una receta técnica, la restauración es una práctica situada que exige lectura del territorio, articulación institucional, voluntad política y compromiso ciudadano.

La ciencia, el derecho y la acción comunitaria deben caminar juntas. Restaurar ecosistemas degradados no es solo sanar la tierra, es también sanar relaciones sociales, territorios fragmentados y visiones de desarrollo disociadas del ambiente. Al mostrar que es posible restaurar con base en el conocimiento, la participación y la inclusión, esta edición de *Ambientico* aporta al llamado global del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas.

En suma, restaurar es un acto de justicia intergeneracional, de defensa de lo común y de construcción de futuros habitables. Desde el equipo editorial de la revista *AMBIENTICO*, agradecemos a todas las personas autoras por compartir sus aprendizajes, y a nuestras lectoras y lectores por sumarse a esta conversación sobre cómo sanar nuestros ecosistemas y nuestras comunidades.



Coordinadora del Programa Nacional Manejo del Recurso Hídrico y Cuencas Hidrográficas del SINAC-MINAE (maureen.arguedas@sinac.go.cr)

Guía para la rehabilitación de áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes

Maureen Arguedas Marín

La protección del recurso hídrico y el recurso forestal se encuentra fuertemente entrelazada. Dada la importancia de estas áreas aledañas a los cuerpos de agua para la protección del recurso hídrico y para la biodiversidad, asegurar su conservación y rehabilitación, resultará en la provisión de servicios ecosistémicos (SE), por ejemplo: menor cantidad de sedimentos transportados, mejorando la calidad del agua. Mayor protección a la infraestructura al actuar como barrera física que regula el impacto del desbordamiento o crecidas de ríos e inundaciones. La vegetación contribuye a la regulación hídrica y climática y a la conservación de la biodiversidad, al proveer hábitat y alimento para las especies; así como propiciar la conectividad entre fragmentos de bosque, permitiendo que las especies se puedan desplazarse según sus necesidades de refugio, alimento y reproducción.

Las franjas de cobertura forestal que se desarrollan a modo de bandas en los márgenes de los cuerpos de agua reciben diversos nombres, entre ellos: bosques de galería (Holguín-Estrada, 2021; Mendoza-Cariño *et al.*, 2023), franjas de vegetación ribereña, zonas ribereñas (Romero *et al.*, 2014), zonas riparias (Möller, 2011), bosques ribereños

(Kappelle, 2008), bosques de ribera o bosques riparios. Estas franjas constituyen una transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos, a la vez que cumplen la función de corredores biológicos y de protección de los cuerpos de agua (**Figura 1**). En ocasiones, actúan como zonas de amortiguamiento entre las actividades humanas y los ecosistemas acuáticos.

El ancho de la franja ribereña es un factor determinante para la salud de este ecosistema, y según la función ecológica que se requiera proteger puede variar entre 10 y 165 metros (Mendoza-Cariño *et al.*, 2023). Para la función ecológica de proveer alimento y refugio para una variedad de vida silvestre ribereña y acuática el ancho de franja puede ser de 30 a 165 m (Fischer y Fisichenich 2000 citado en Cepeda y Navarro, 2010). El ancho óptimo varía en función del objetivo

de protección que se persiga. Por ejemplo, se recomiendan anchos de entre 30 y 100 metros para el amortiguamiento y la protección general; para la mejora de la calidad del agua se sugieren al menos 10 metros; para la retención de contaminantes, 16 metros; para la conservación de anfibios y reptiles, al menos 165 metros; para las aves, al menos 40 metros; y para la mayoría de las especies, al menos 45 metros. En el caso de los peces y el mantenimiento de la diversidad vegetal, se recomiendan al menos 30 metros.

En Costa Rica la **Ley Forestal N°7575** (artículo 33) define el ancho de protección que deben tener las franjas colindantes a los cuerpos de agua y les llama: áreas de protección (AP), estas áreas buscan preservar la cobertura arbórea cercana a las fuentes de agua para conservar y proteger la calidad del recurso



Figura 1. Humedal Riberino Zapandí, Guanacaste, Costa Rica. Créditos: Jairo Moya, SINAC-ACG.

hídrico estas áreas constituyen una limitación al derecho de propiedad privada.

El ancho de las franjas definidas por Ley para ambos lados del cuerpo de agua es: 10, 15 o 50 m para ríos, quebradas o arroyos según se ubique en zonas urbanas, rurales o en terrenos quebrados (pendiente superior al 40 %); 100 m alrededor de nacientes permanente; 50 m alrededor de lagos y embalses naturales, y de lagos y embalses artificiales construidos por el Estado. Además, se protegen las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales. En el caso de las nacientes intermitentes el AP es de 50 o 60 m y se encuentra regulado en la *Ley de Agua N°276*.

La política nacional de áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes (MINAE, 2020) resalta la importancia de contar con instrumentos (metodologías, protocolos, procedimientos) estandarizados para ejecutar los procesos de rehabilitación de áreas de protección. Así, se presenta la *Guía técnica para la rehabilitación de áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes* (disponible en <https://lnnk.in/bfoW>), la cual es el resultado de un proceso participativo liderado por el Programa Nacional Manejo del Recurso Hídrico y Cuencas Hidrográficas del SINAC-MINAE con apoyo técnico de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) y de un representante de la sociedad civil. Cabe destacar que la guía fue socializada a diversos actores, incluidas personas funcionarias del SINAC-MINAE, de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz

(CNFL) y del Proyecto Transición hacia una Economía Verde Urbana (TEVU).

La degradación de estos espacios y la consiguiente pérdida de los servicios ecosistémicos que proporciona pueden llevar a una importante disminución de la biodiversidad y del bienestar humano, así como a impactos a largo plazo en las poblaciones aledañas y en la economía. Por el contrario, la protección y/o rehabilitación de estos espacios favorece la continuidad en la provisión de los SE. En Costa Rica estos espacios están protegidos en la *Ley de Aguas N° 276* y en la *Ley Forestal N° 7575*, en este último instrumento son llamados áreas de protección (AP)¹. También, existe la Política Nacional de Áreas de Protección de ríos, arroyos, quebradas y nacientes.

La guía técnica tomó como base el “*Protocolo de reforestación y mantenimiento para la rehabilitación ecológica de las áreas de protección de la GAM*”. No obstante, como este protocolo fue originalmente creado para una región del país, se vio la necesidad de revisar, ajustar y ampliar su alcance para que pueda ser utilizado a nivel nacional.

La guía técnica para la rehabilitación de áreas de protección (AP) tiene como objeto orientar los procesos de rehabilitación de dichas áreas, para ello expone ciertos elementos técnicos y básicos a considerar,

¹ Las áreas de protección han sido previstas con miras a la conservación de los recursos hídricos. Se persigue con ellas, preservar la capa boscosa cercana a las fuentes de agua o regenerar la indebidamente talada, con el propósito de mantener sus volúmenes en óptima calidad” (Dictamen C-103-98).

para que el proceso se lleve a cabo de forma planificada, conjunta, coordinada y contextualizada al sitio, procurando que el proceso sea sostenido en el tiempo; esto incluye formular, ejecutar y monitorear los procesos de rehabilitación en AP con una visión integral y de mediano-largo plazo.

Se consideran buenas prácticas las siguientes acciones: i) propiciar el involucramiento de actores locales, esto puede implicar distintas acciones, como, por ejemplo: brindar información, así como facilitar la sensibilización y educación ambiental a las personas con el fin de que comprendan las razones por la que se lleva a cabo el proceso de rehabilitación y puedan ser parte del proceso, ya sea aportando experiencia, tiempo o difundiendo información sobre la evolución del proceso; ii) sistematizar el proceso, esto implica llevar registros de las acciones que se van realizando, elaborar informes con los resultados que se van obteniendo, monitorear indicadores, según los objetivos, extraer lecciones aprendidas y difundir la información generada, contribuyendo así a la creación colectiva del conocimiento.

La decisión de iniciar un proceso de rehabilitación en un AP puede surgir de iniciativas locales, resultado de una investigación, entre otros. En este caso la guía se dirige a personas o instituciones con interés en iniciar un proceso de rehabilitación para el cual ya se cuenta con

el aval correspondiente. Por tanto, el instrumento se centra únicamente en temas técnicos propios de un proceso de rehabilitación, entendiéndose la rehabilitación como una coordinación de esfuerzos técnicos, políticos y de sociedad civil que tienen como objetivo restablecer servicios ecosistémicos, considerando las especies y las funciones de los ecosistemas originales, sin pretender recrear el ecosistema original. Por razones ecológicas, económicas o sociales, también se podrían incluir especies nativas que originalmente no estaban presente en el sitio (Gilmour *et al.*, 2000).

Para efectos de la guía, la rehabilitación de un área de protección es un proceso que puede resumirse en cinco etapas (Figura 2): I) estudio del área por rehabilitar, ii) formulación o planificación, iii) ejecución, iv) mantenimiento y v) monitoreo y evaluación. Para cada etapa se proponen formatos de campo y de informes.

a. *Caracterizar el estado inicial del área por rehabilitar* es de suma importancia para diseñar un plan de rehabilitación ajustado a al contexto local, así como su entorno. Esto



Figura 2. Etapas del proceso de rehabilitación.

permite entender las limitaciones ecológicas, ambientales y sociales por gestionar para lograr una rehabilitación natural o asistida del sitio. Esta fase involucra recorrer el sitio, identificar el uso y cobertura actual del suelo, dentro del AP como en los alrededores, recolectar información espacial, entrevistar a personas de la localidad, identificar los factores que propiciaron la alteración del sitio o que podría representar una limitante para que ocurra la regeneración natural o asistida. También, en esta etapa se consulta por información espacial o técnica sobre el sitio. Luego, se elabora un mapa y un informe.

b. Elaborar *un plan de rehabilitación* detallado es relevante para sentar las bases y guiar las acciones que se realizarán en campo. En esta etapa se definen los objetivos de rehabilitación y las técnicas por utilizar basándose en criterios técnicos (Fernández *et al.*, 2010). El plan de rehabilitación debe ser lo más detallado posible e incluir la planificación anual para los primeros 5 años, un presupuesto y los indicadores por monitorear, así como cualquier otra información complementaria.

c. La *ejecución* se refiere a llevar a cabo las

acciones planificadas en el área de protección, esto puede incluir una gran variedad de actividades, como por ejemplo: mantenimiento de tocones, eliminación de residuos, cultivos o factores que causen la compactación del suelo, control de gramíneas, entre otros. Si en el plan de rehabilitación se contempló la incorporación de especies, en esta fase se realiza la preparación del terreno, así como las actividades que se realizan el mismo día en que se llevan a cabo la siembra o plantación. Se incluyen también las actividades de logística como el traslado de materiales o plantas o de las personas involucradas en la actividad.

d. El sitio por rehabilitar debe visitarse periódicamente para darle *mantenimiento* e identificar posibles amenazas (Figura 3). La frecuencia con que se realizan estas actividades dependerá de la técnica de rehabilitación elegida, la calidad del sitio, las condiciones climáticas y el crecimiento de gramíneas. Si



Figura 3. Labores de mantenimiento. Creditos: ACC-Grecia (foto de la izquierda); Sergio Feoli, CNFL (foto de la derecha).

se incorporaron especies, también puede influir: la especie, así como la cantidad y calidad de los árboles.

- e. El *monitoreo* es un proceso que permite evaluar el avance en los indicadores y el impacto de los objetivos específicos de la rehabilitación (Buckingham *et al.*, 2019). Es importante evaluar la evolución de las variables abióticas y bióticas del sitio de estudio, incluyendo, en estas últimas tanto el componente flora como fauna asociada. Es una buena práctica documentar y compartir información sobre el proceso, esto permite asegurar la transparencia, rendir cuentas, recibir retroalimentación y contribuir al aprendizaje colectivo. La selección de indicadores por monitorear depende del paisaje, la dimensión de la intervención realizada y de los objetivos de la rehabilitación. Los resultados del monitoreo y evaluación permitirán analizar la efectividad y el impacto de las acciones realizadas con el fin de realizar ajustes o mejoras, y poder lograr el objetivo de la rehabilitación. Para el monitoreo de algunos indicadores se puede utilizar herramientas de ciencia ciudadana.

Se espera que este instrumento técnico contribuya a guiar los procesos de rehabilitación en las AP para que se realicen de forma planificada, conjunta, coordinada, y contextualizada al sitio; procurando que cada proceso pueda ser

sostenido en el tiempo, de forma que toda la población se beneficie con una continua provisión de servicios ecosistémicos.

Agradecimiento

Se agradece a todas las personas que participaron de los procesos de consulta durante la elaboración de la guía técnica para la rehabilitación de áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes. Se agradece a Jorge Fallas, profesor jubilado de la Universidad Nacional, por el acompañamiento técnico durante la elaboración del instrumento.

Referencias

- Buckingham, K; Ray, S; Gallo, C; Toh, L; Stolle, F; Reytar, K; Zamora, R; Nduna, P; Landsberg, F; Matsumoto, M; Brandt, J. (2019). El camino de la restauración: guía de identificación de prioridades e indicadores para monitorear la restauración de bosques y paisajes. FAO. World Resources Institute (WRI). <https://www.fao.org/3/ca6927es/CA6927ES.pdf>
- Cepeda, C.; Navarro, G. (2010). Protección del recurso hídrico en Costa Rica: propuesta para la reforma de los artículos 33 y 34 de la Ley Forestal. Serie Técnica. Boletín Técnico no. 95. Publicación no.15. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/325607694_Proteccion_del_recurso_hidrico_en_Costa_Rica_Propuesta_para_la_reforma_de_los_articulos_33_y_34_de_la_Ley_Forestal
- Dictamen N° C-103-98: https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Pronunciamiento/pro_ficha.aspx?Param1=PRD¶m2=1&Param6=&nDictamen=7037&lResultado=2&strSelect=s&strTipM=T
- Fernández, I; Morales, N; Olivares, L; Salvatierra, J; Gómez, M; Montenegro, G. (2010). Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/d39c61bd-c7f4-4421-9938-064ffc75f6ca/content>

- Gilmour, D.A; San, N.V; Xiong Tsechalicha. (2000). Rehabilitation of degraded forest ecosystems in Cambodia, Lao PDR, Thailand and Vietnam: an overview. IUCN-Asia, Cambridge, U.K.
- Holguín-Estrada, V; Alanis-Rodriguez, E; Aguirre-Calderón, O; Yereña-Yamallel, J. (2021). Estructura y composición de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México.
- Kappelle, M. (2008). Diccionario de la biodiversidad. Instituto Nacional de Biodiversidad. Heredia, Costa Rica. https://www.researchgate.net/profile/Maarten-Kappelle/publication/287583585_Diccionario_de_la_Biodiversidad/links/5677b57808ae502c99d50e65/Diccionario-de-la-Biodiversidad.pdf
- Ley de Agua N°276. (1942). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=11950&nValor3=91553&strTipM=TC
- Ley Forestal N°7575. (1996). http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=41661
- Mendoza-Cariño et al. (2023). Salud de los bosques de galería y de los ecosistemas ribereños. https://www.researchgate.net/publication/371469046_Salud_de_los_bosques_de_galeria_y_de_los_ecosistemas_riberenos
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2020). Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020-204. San José, Costa Rica. 72 pp. https://da.go.cr/wpcontent/uploads/2018/05/Politica_Nacional_Areas_Proteccion_2020.pdf
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2024). Guía Técnica para la rehabilitación de áreas de protección de ríos, arroyos, quebradas y nacientes. <https://www.sinac.go.cr/ES/ordeterrucue/rechidcuenhid/Documentos%20Recurso%20Hidrico/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20-%20Rehabilitaci%C3%B3n%20de%20%C3%81reas%20de%20Protecci%C3%B3n%20-%20R%C3%ADos%20y%20Quebradas%20-%20SINAC.pdf>
- Möller, P. (2011). Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. https://www.researchgate.net/publication/259332396_Las_franjas_de_vegetacion_riberena_y_su_funcion_de_amortiguamiento_una_consideracion_importante_para_la_conservacion_de_humedales
- Romero, F; Cozano, M; Gangas, R. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002014000100001





Coordinadora del Programa Nacional Manejo del Recurso Hídrico y Cuencas Hidrográficas del SINAC-MINAE (maureen.arguedas@sinac.go.cr)

Propuesta metodológica para identificar sitios prioritarios para restaurar ecosistemas con fines de protección del recurso hídrico

Maureen Arguedas Marín

Dentro de una visión sistémica del territorio, el agua es un elemento transversal. Este recurso: i) está presente en todas las actividades de producción y reproducción social, ii) tiene una función básica en los sistemas naturales, y iii) tiene un valor simbólico y cultural en los territorios. Cualquier actividad, aunque no tenga un objetivo hidráulico directo, influye sobre su generación y circulación (Del Moral 2008). Por esto, un correcto abordaje del recurso hídrico debe incluir a los distintos actores, así como los elementos económicos, sociales y naturales que interactúan en el territorio.

La calidad y cantidad de agua que brindan las fuentes está relacionada a las características y la condición de los ecosistemas, así como su nivel de protección, pues un ecosistema funcional provee las condiciones idóneas para garantizar en el presente y a futuro la provisión de servicios ecosistémicos.

La importancia de la protección del recurso hídrico se encuentra respaldada en diversos documentos de carácter técnico, científico, legal, entre otros. A pesar de ello,

diversas acciones y actividades realizadas por los seres humanos atentando contra la protección del recurso hídrico, poniendo en riesgo la sobrevivencia de las especies y la calidad de vida de las personas.

Para el 2000, Costa Rica contaba con 115 leyes y decretos ejecutivos relacionados con la gestión del recurso hídrico (Aguilar *et al.*, 2001), para el 2015 se reportaron 275 leyes (Bettrano, 2016) y al 2004, se contabilizaron más de 20 instituciones relacionadas con la gestión del agua (Segura, 2004). Las responsabilidades sobre el recurso hídrico se encuentran divididas en varias instituciones y ministerios, en donde cada una interviene con distintos roles y funciones que en ocasiones se traslapan y complementan causando desarticulación y descoordinación del sector (Cedarena, 2000).

El Estado del Ambiente Costarricense (2018) reportó que existe una gran deficiencia en información relevante a los recursos hídricos, resultado de su dispersión en diversas instituciones y por la falta de mecanismos de integración. A pesar del amplio marco jurídico en torno al recurso hídrico, el mismo se encuentra amenazado por varios factores, entre ellos, la lixiviación de sustancias contaminantes (como agroquímicos y nitratos) desde tanques sépticos, zonas de cultivo y zonas industriales, en varias zonas del país (Estado del Ambiente Costarricense, 2018). También se reportan otros factores como, el crecimiento urbano desregulado en áreas de recarga hídrica (Estado de la Nación, 2009), el uso del suelo y la falta

de una gestión integrada, interinstitucional y multidisciplinaria de manejo de cuencas hidrográficas (Valverde 2013).

La situación expuesta refleja la vulnerabilidad y presión sobre el recurso hídrico. Además, la cantidad de normativa e instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales realizando acciones y ejecutando proyectos relacionados con el recurso hídrico, muestra la necesidad de desarrollar herramientas que visibilicen la situación y que faciliten la articulación entre instituciones así como la implementación de acciones conjuntas con el fin de optimizar esfuerzos y recursos, y lograr mayor impacto en las intervenciones.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) combinados con técnicas de evaluación multicriterio representan una importante herramienta para procesos de planificación y priorización. De hecho, es uno de los métodos utilizados para la determinación de áreas prioritarias, siendo una herramienta de apoyo para la descripción, evaluación, ordenación, jerarquización y selección de alternativas (Gómez y Barredo, 2005).

Identificar espacialmente las acciones que ejercen presión sobre el recurso hídrico facilita la articulación de acciones para intervenir en esas zonas, con el fin de buscar un equilibrio entre el desarrollo humano y la conservación de los ecosistemas. La existencia de instrumentos que permitan tomar en cuenta diversos criterios, sectores y estudiar el contexto de la cuenca o microcuenca, toman relevancia

en un contexto en el que hay una amplia variedad de actores involucrados, tanto institucionales como de la sociedad civil. Las aplicaciones SIG han sido utilizadas para estos fines, siendo el análisis multicriterio una de las herramientas más comúnmente usadas.

Planificar intervenciones para proteger, restaurar o conservar los ecosistemas requiere identificar inicialmente ¿dónde actuar primero? una posible respuesta sería centrarse en las áreas con mayor riesgo de degradación y que produzca los mayores beneficios ambientales (Echeverría *et al.*, 2010). Otra posible respuesta es considerar un grupo de criterios que incluya las necesidades de las comunidades, el criterio técnico de expertos y criterios “políticos”, es decir aspectos incluidos en estrategias de conservación o políticas nacionales (Geneletti *et al.*, 2011).

Es por lo que se propone una metodología de carácter exploratorio que

incluye indicadores espaciales, relativamente sencillos de generar u obtener, para identificar sitios en los que es prioritario la realización de acciones para la protección del recurso hídrico. Los indicadores utilizados pueden ser considerados “sombrija” pues buscan resguardar condiciones determinantes en los procesos hidrológicos que ocurren en una cuenca hidrográfica, y que a su vez favorecen la provisión de servicios ecosistémicos de los cuales se benefician todos los componentes de la naturaleza (por ejemplo: flora, fauna, seres humanos).

Para la realización del presente trabajo se propone las siguientes nueve fases: i) consulta preliminar a actores claves (expertos en gestión del recurso hídrico); ii) revisión y análisis del cuerpo jurídico; iii) percepción local sobre la gestión del recurso hídrico en la microcuenca, iv) caracterización biofísica y socioeconómica del área de estudio, v) recorrido por la microcuenca, vi) indicadores para la priorización, vii) selección de indicadores y asignación de pesos, viii) álgebra de mapas con pesos respectivos, ix) devolución de resultados a actores locales (Figura 1).

La consulta preliminar a actores clave incluyó la realización de una entrevista semiestructurada a personas con amplio

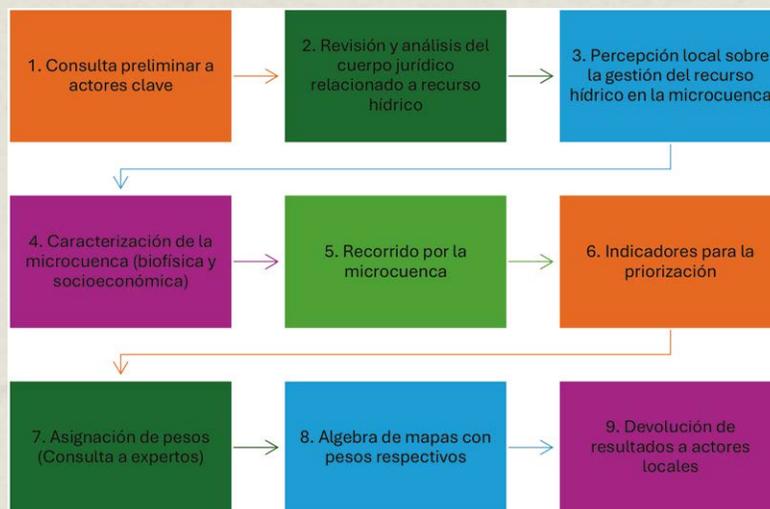


Figura 1. Fases del proceso metodológico.

conocimiento sobre el recurso hídrico. El objetivo de las entrevistas semiestructuradas es conocer la situación general del sector hídrico en Costa Rica, y las principales limitaciones para su gestión; esta información es insumo para la elaboración de propuesta de indicadores (fase cuatro de la **Figura 1**).

Se realizó una revisión exhaustiva del cuerpo jurídico relacionado a seis temas de importancia para el sector hídrico, estos son: i) calidad del agua, ii) cantidad del agua, iii) conservación y uso sostenible del agua y ecosistemas asociados, iv) instrumentos económicos, v) gobernanza del agua y vi) gestión integral del recurso hídrico.

Adicionalmente, conocer la percepción de las personas que habitan o interactúan en la cuenca hidrográfica es de gran importancia pues esto influye en el manejo y las decisiones de gestión que se tomen. Al conocer la percepción local es posible visualizar las expectativas, las satisfacciones o los aspectos por mejorar por parte de actores involucrados (Benez *et al.*, 2010). Se identificaron *a priori* algunos actores clave para entrevistar y conforme se fue avanzando con las entrevistas, se fueron incluyendo a otros actores clave, según las sugerencias de las personas entrevistadas. Los actores clave consultados *a priori* son miembros de grupos base (Asadas, asociación de productores), o funcionarios(as) de instituciones gubernamentales y no gubernamentales con presencia en la zona. Para capturar la percepción local de las personas que habitan la microcuenca se diseñó un protocolo

de entrevista semiestructurada organizada en tres variables de interés, de la cual se desprenden 14 temas claves y preguntas orientadoras para cada tema. Cabe mencionar que según el perfil del actor y el sector y/o grupo que represente dentro de la microcuenca algunas preguntas podrían omitirse. El protocolo de entrevista responde a las siguientes tres variables:

1. Percepción local sobre los cuerpos de agua de la cuenca hidrográfica de interés
2. Actividades económicas dependientes del recurso hídrico
3. Acciones para el manejo y la gestión del recurso hídrico

Dentro de cada una de las tres variables de interés, se presentan elementos clave que ayudan a comprender de mejor manera la dinámica social, ambiental y económica de la cuenca de interés. Para la caracterización de la microcuenca se recurrió a información espacial disponible, por ejemplo: modelo de elevación digital, carreteras, infraestructura, cuerpos de agua, cantidad y ubicación de concesiones otorgadas por la Dirección de Agua del MINAE (DA-MINAE), presencia de humedales, presencia de sitios con alguna categoría de manejo, entre otras. También se solicitó al Instituto Meteorológico Nacional (IMN) información climática como precipitación y temperatura (según estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca) y al Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) datos socioeconómicos. Paralelamente, se realizaron

consultas a instituciones con presencia local, por ejemplo, la Municipalidad.

Se realizó un recorrido por la microcuenca con el fin de observar el contexto del sitio, así como el uso y estado de los recursos naturales. En dicho recorrido se realizó el levantamiento de coordenadas mediante el uso de GPS y se tomó fotografías de los sitios de interés para el estudio.

Se elaboró una propuesta preliminar de indicadores con potencial a ser utilizados para la priorización de sitios dentro de la microcuenca para la protección del recurso hídrico. La elaboración de esta propuesta de indicadores se realizó considerando tres insumos principales: revisión de literatura, entrevistas a expertos y el análisis del cuerpo jurídico. Cabe destacar que todos los indicadores incluidos en la consulta son espacializables y se cuenta con sus respectivos archivos vectoriales.

Se solicitó vía correo electrónico a personas expertas en la gestión del recurso hídrico y cuencas hidrográficas, asignar pesos para cada indicador propuesto, para ello se envió un archivo de Excel con las temáticas y sus respectivos indicadores, en cada celda los expertos debían poner una calificación entre 0 y 1 según el grado de importancia de los indicadores para priorizar los sitios con fines de protección del recurso hídrico dentro de la microcuenca; 0 refleja poca importancia y 1 mucha importancia.

Una vez realizado el ejercicio las personas expertas remitieron sus archivos de Excel, estos fueron unificados, colocando

para cada indicador los pesos asignados por las personas expertas. Posteriormente, se calculó un promedio para cada indicador, el cual corresponde al peso que se le asignará en el álgebra de mapas.

Para la selección de indicadores fue de utilidad analizar ciertas preguntas claves entre ellas: ¿Qué aspectos del paisaje influyen (positiva o negativamente) sobre el recurso hídrico? ¿Qué aspectos/variables permiten identificar que un ecosistema requiere ser restaurado? ¿Con qué información espacial se cuenta? ¿Qué indicadores *sombrilla* permitirían proteger el recurso hídrico? ¿Qué condiciones del terreno deben ser identificadas dado que influyen en la cantidad, calidad o permanencia del recurso hídrico?

Se consideró importante proponer indicadores que tengan influencia en el régimen natural de las aguas y que protejan la funcionalidad hídrica. Esto incluye la relación agua-suelo. Las características y propiedades hidrológicas de los suelos son factores determinantes en los procesos hidrológicos de una cuenca, los cuales son afectados por la cubierta vegetal y su gestión. Un mejor conocimiento de la relación agua-suelo-vegetación es esencial para el desarrollo de estrategias de gestión del agua y el territorio (Valiente *et al.*, 2021).

Inicialmente, se generó un listado amplio de indicadores que podrían generar un impacto, positivo o negativo, en la cantidad y calidad del agua. Sin embargo, la lista luego se redujo debido a la

disponibilidad de datos, así como la escala de los datos. Por lo que luego se generó una lista de indicadores más reducida:

1. Presión poblacional: densidad poblacional (cantidad de habitantes por Km²). Sitios con mayor densidad poblacional demandan más recursos, entre ellos el agua.
2. Características del sitio:
 - a. Pendiente: además de la cobertura forestal la pendiente influye en la infiltración del agua. En condiciones de terreno quebrado, cuando el agua cae, se desplaza a mayor velocidad pasando más rápido a formar parte del agua de escorrentía.
 - b. Uso del suelo en el área de protección de nacientes, ríos y quebradas (art 33, Ley Forestal N°7575).
 - c. Estado de los ecosistemas: brinda una idea sobre su funcionamiento natural de los ecosistemas y su capacidad para producir servicios ecosistémicos (SE). Un ecosistema sano brinda múltiples SE, algunos de ellos relacionados con el recurso hídrico. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es de utilidad para el análisis y monitoreo de las condiciones vegetativas y su dinámica en la cobertura. El índice se deriva

de la respuesta de la vegetación en relación con el espectro electromagnético (Olivares *et al* 2019; Rouse *et al.*, 1974). El Índice de Vegetación Ajustado al Suelo se considera un factor adicional en la ecuación del NDVI, permite capturar la información en escenarios donde el desarrollo vegetal es incipiente, además evita distorsiones en los valores de análisis cuando la vegetación se encuentre en suelos expuestos, es decir evita la influencia del suelo.

Posteriormente, se realizó el algebra de mapas con pesos respectivos. Cada indicador fue homologado en una escala de 1 a 5 y convertido en ráster, en el caso de los archivos en formato vector. Posteriormente, utilizando la calculadora ráster se realizó la multiplicación de las capas con sus pesos asignados en el paso anterior y finalmente la suma. Para obtener el mapa de priorización se sugiere observar el comportamiento de cada indicador de forma individual; luego correr varios modelos y analizar cual refleja de mejor manera el comportamiento de los indicadores de forma conjunta.

La fase de devolución de resultados es de suma importancia en todo proceso participativo. Esto involucra compartir los resultados obtenidos con las personas consultadas en fases previas, lo cual

incluye diversos actores y sectores. En esta fase se sugiere aprovechar espacios existentes, por ejemplo, reunión ordinaria de la Asada, reunión del consejo municipal, entre otros. Esta fase es importante para la construcción social de las posibles medidas a implementar. Además, se debe propiciar el establecimiento de alianzas a distintos niveles.

Se espera que este tipo de metodologías apoyen la implementación de los procesos de toma de decisión de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales, y facilite la coordinación de acciones conjuntas, para que desde sus competencias se realicen intervenciones, y estas generen los resultados esperados de restauración y conservación de la cobertura forestal para contribuir al restablecimiento y provisión de diversos servicios ecosistémicos, entre ellos: la regulación hídrica, calidad del recurso hídrico, entre otros.

Agradecimientos

La propuesta metodológica fue aplicada en la microcuenca del río Cacao como parte del trabajo final de graduación de la maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Se agradece a las personas de la microcuenca del río Cacao con los que tuve el privilegio de compartir, en especial a: Ana Lucía Ureña, Rodney Lobo González, Milena Cambrero y Amanda Campos. Gracias por su apertura, por su esmero, compromiso y amor por lo que hacen. Del mismo modo se agradece a los profesores Javier

Saborío y Melvin Lizano por brindarme su acompañamiento técnico. También, les agradezco por el compromiso y la confianza brindada.

Referencias

- Arguedas, M. (2022). Propuesta metodológica para identificar sitios prioritarios para restaurar ecosistemas con fines de protección del recurso hídrico: estudio de caso de la microcuenca del Río Cacao, Atenas, Alajuela. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/8abb8bb8-2224-4f2c-94a3-f33234022477>
- Aguilar, A; Salvadora, M; Cruz, M. (2001). Manual de regulaciones jurídicas para la gestión del recurso hídrico en Costa Rica. <https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Manual%20de%20regulaciones%20jur%C3%ADdicas%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20del%20recurso%20h%C3%ADrico%20en%20Costa%20Rica.pdf>
- Betrano, S. (2016). Evolución y efectos de la legislación sobre recurso hídrico en Costa Rica (1942-2015). 22 informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Costa Rica.
- Benez, M.; Kauffer-Michel, E. y Álvarez-Gordillo, G. (2010). Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Chiapas. *Frontera Norte*, 22(43), 129-158. Recuperado de <http://www.otmail.org/pdf/136/13612035006.pdf>
- Cedarena. (2000). Manual de Regulaciones Jurídicas para la Gestión del Recurso Hídrico en Costa Rica. <https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Manual%20de%20regulaciones%20jur%C3%ADdicas%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20del%20recurso%20h%C3%ADrico%20en%20Costa%20Rica.pdf>
- Del Moral, L. (2008). Nuevas tendencias en gestión del agua, ordenación del territorio e integración de políticas sectoriales. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. <https://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-285.htm>

- Estado de la Nación. (2009). Armonía con la naturaleza. Capítulo 4. <https://repositorio.conare.ac.cr/items/a465a579-28ea-4302-b3df-13b02d80bf22>
- Estado del Ambiente Costarricense. (2018).
- Gómez D., M. y Barredo C., J. I. (2005). Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio, en la ordenación del territorio (2ª ed.). Madrid, España: RA-MA.
- Echeverría, C., Schiappacasse, I., Urrutia, R., Cárcamo, M., Becerra, P., Smith, C. y Holmgren, M. (2010). Restauración de ecosistemas degradados para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural en la zona semiárida de Chile central. Valdivia, Chile: Proyectos Reforlan-RUE 33.
- Geneletti, D., Orsi, F., Lanni, E. y Newton, A. C. (2011). Identificación de áreas prioritarias para la restauración de bosques secos. En A. C. Newton y N. Tejedor (Eds.), Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina (290-327). Gland, Suiza y Madrid, España: UICN.
- Olivares, B; López-Beltrán, M. (2019). Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada aplicado al territorio indígena agrícola de Kashaam, Venezuela. Cuadernos de Investigación UNEC vol. 11 n.2 Sabanilla, Montes de Oca. <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v11i2.2299>
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation system in the great plains with ERTS. 3 rd ERST Symposium, NASA, 1, 309-317
- Segura, O. (2004). Agenda Ambiental del agua en Costa Rica. Fundación UNA. Heredia, Costa Rica. 192.
- Valiente, M; Zabaleta, A; Meaurio, M; Uriarte, J.A. (2021). Caracterización y funcionalidad hidrológica de los suelos de una cuenca pre-pirenaica (Bidasoa, Navarra). Geotemas (Madrid). N° 18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8440295>
- Valverde, R. (2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. Ambientales. 45:5-12.



Asesora del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (sirleny.vega@sinac.go.cr)

La dimensión jurídica de la restauración y rehabilitación ecosistémica dentro del Patrimonio Natural del Estado en Costa Rica

Angela Sirleny Vega Herrera

La determinación de un sitio como Patrimonio Natural del Estado o específicamente la creación de áreas protegidas lleva consigo el compromiso y responsabilidad de su administración, independientemente del modelo de gobernanza que rija, se debe acompañar de una serie de acciones y omisiones humanas que garanticen el cumplimiento de los objetivos del espacio protegido.

La intervención humana se convierte así en una herramienta de gestión para lograr mantener los elementos focales de manejo en un aceptable estado de conservación cuya necesidad se denota en la misma gestión del área protegida, donde el monitoreo y otras herramientas pueden arrojar indicadores que permiten visualizar la necesidad de un manejo del ecosistema. En este orden, importa que el gestor del Patrimonio Natural del Estado aplique las normas jurídicas que le facultan para aplicar las herramientas de manejo pertinentes.

Algunos mitos sobre la habilitación legal para realizar actividades de manejo activo o adaptativo a efectos de restauración y rehabilitación ecosistémica han limitado el

accionar gubernamental en tal sentido, mismo que en ocasiones es necesario para atender especies invasoras, proteger especies endémicas o inclusive la adaptación del ecosistema a los cambios globales.

En Costa Rica, con algún grado de intensidad se empiezan a implementar acciones de restauración y rehabilitación ecosistémica en Patrimonio Natural del Estado. Las gestiones relativas al ejercicio de actividades de intervención ecosistémica han sido excepcionales, salvo, casos específicos de larga data como lo es el manejo activo en el Parque Nacional Palo Verde amparado en normativa reglamentaria particular. Ante las condiciones del cambio global estas herramientas de gestión adquieren mayor relevancia; su aplicación concebida desde el ordenamiento jurídico marca las pautas generales para su implementación en el marco del principio de legalidad.

En primer término, encontramos que el artículo 8 del Convenio sobre la Diversidad Biológica, ratificado mediante Ley N° 7416 del 30 de junio de 1994, publicada en La Gaceta N° 143 del 28 de julio de 1994, establece que cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda: *c) Reglamentará o administrará los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica,*

ya sea dentro o fuera de las áreas protegidas, para garantizar su conservación y utilización sostenible; d) Promoverá la protección de ecosistemas y hábitat naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales; f) Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes u otras estrategias de ordenación. Esta constituye una norma programática o de aplicación deferida del derecho ambiental internacional; que el legislador ha desarrollado con cierto nivel de timidez.

Las definiciones de restauración y rehabilitación han sido incorporadas al derecho nacional mediante:



Figura 1. Sitio en restauración de manglar dentro del Patrimonio Natural del Estado. Refugio Nacional de Vida Silvestre Cipancí. Crédito: Jimena Ondoy Díaz, ACAT-SINAC.

- Ley de Biodiversidad N° 7788, artículo 7 inciso 30: define la restauración como toda actividad dirigida a recuperar las características estructurales y funcionales de la diversidad original de un área determinada con fines de conservación.
- Reglamento a la Ley de Biodiversidad (Decreto Ejecutivo N°34433-MINAE, artículo 3 inciso q): define la rehabilitación como *cualquier intento por recuperar elementos de estructura o función de un ecosistema, sin necesariamente intentar completar la restauración ecológica a una condición específica previa.*”

Así, se incorporan en el derecho ambiental nacional ambas herramientas de manejo; pero más importante que lo anterior, es que existen disposiciones dentro de estos mismos cuerpos de normas que no sólo facultan si no que obligan al Estado costarricense a implementar tales formas de gestión.

En el numeral 73 del Decreto Ejecutivo 34433-MINAE han dispuesto:

El SINAC deberá definir, desarrollar y fomentar acciones de manejo para lograr la conservación, la restauración, la recuperación y rehabilitación de ecosistemas y sus componentes, teniendo como fundamento estudios científicos, planes de manejo u otros instrumentos de planificación de las áreas silvestres protegidas, en concordancia con los

objetivos de su declaratoria, entre ellas manejo y/o erradicación de especies exóticas invasoras, recuperación de suelos y cobertura vegetal, control y prevención de incendios forestales, mitigación de desastres naturales, y control de poblaciones de especies nativas oportunistas, y regulación de ciclos hidrológicos.

Propiamente la Ley de Biodiversidad sobre este particular establece en su artículo 53:

La restauración, recuperación y rehabilitación de los ecosistemas, las especies y los servicios ambientales que brindan, deben ser fomentados por el Ministerio del Ambiente y Energía y los demás entes públicos, mediante planes y medidas que contemplen un sistema de incentivos, de acuerdo con esta ley y otras pertinentes.

Adicionalmente, en la Ley de Biodiversidad en su artículo 51 señala que el Ministerio del Ambiente y Energía, en colaboración con otros entes públicos y privados, dispondrá un sistema de parámetros que permita la identificación de los ecosistemas y sus componentes, para tomar las medidas apropiadas, incluso la mitigación, el control, la restauración, la recuperación y la rehabilitación. Esta previsión ha sido especificada por el artículo 62 de su Reglamento, al indicar que para la aplicación del artículo 51 de la Ley, el SINAC preparará los principios, criterios e indicadores

para la identificación de ecosistemas y sus componentes, con la finalidad de tomar las medidas apropiadas para la mitigación, el control, la restauración, la recuperación y la rehabilitación de estos.

Todo lo anterior deriva en una clara competencia jurídica del SINAC para realizar intervenciones ecosistémicas dentro del Patrimonio Natural del Estado. La discusión debe centrarse en las formas en que ello puede materializarse en la gestión.

Si bien no existe un instrumento institucional o un Decreto Ejecutivo que regule en particular los métodos y procesos para la determinación del sitio que requiere la restauración o la rehabilitación así como las posibles formas de ejecutarlas y los formalismos requeridos, lo cual constituiría el escenario idóneo, lo cierto es que

la determinación de la necesidad, la definición de objetivos, indicadores y actividades constituyen un proceso casuístico que apoyado por el ordenamiento vigente pueden llevar a casos exitosos de uso de ambas herramientas de manejo. Tanto a la restauración como la rehabilitación ecosistémica deben antecederle acciones de monitoreo, investigación o criterio técnico que demuestren la necesidad de su implementación; a lo que debe seguirle la determinación de actividades con sus respectivos indicadores de verificación; lo que constituirá la motivación del acto administrativo que se emita a efectos de formalizar las acciones de manejo; por supuesto lo anterior sin perjuicio de la aplicación de principio precautorio cuando las condiciones técnicas requieran su invocación.

La restauración o rehabilitación ecosistémica involucrará en algunas ocasiones meras acciones ejecutables por la misma Administración; pero en otros casos será necesaria la realización de actividades que pueden ser ejecutadas de mejor manera por terceros, por medio de la gestión colaborativa, pero también mediante mecanismos que permitan obtener algún beneficio de un determinado uso sostenible; aquí, la exploración de figuras como lo son los permisos de uso y los convenios de cooperación se convierten en instrumentos fundamentales para el éxito de



Figura 2. Acciones de restauración de manglar, Patrimonio Natural del Estado. Refugio Nacional de Vida Silvestre Cipancí. Crédito: Norma Reyes Medina, ACAT-SINAC.



Figura 3. Actividades de pastoreo como parte del manejo activo dentro del Parque Nacional Palo Verde. Crédito: Fabian Ordoñez, permisionario de pastoreo PNPV.

la gestión. A continuación se presentan algunos ejemplos:

- Permisos de uso reglados para pastoreo en el Parque Nacional Palo Verde (Decreto Ejecutivo N°39786-MINAE).
- Aprovechamiento racional de recursos acuáticos en humedales (Decreto Ejecutivo 39411-MINAE-MAG).
- Permisos de uso para investigación con fines de restauración (Ley Forestal N°7575, artículo 18, y su reglamento, artículo 11, y la regla 22 de la Ley de Biodiversidad) donde se faculta al SINAC a conocer los permisos de uso por investigación para restauración o rehabilitación de ecosistemas. Literalmente el artículo 11 del Reglamento a la Ley Forestal dice:

El SINAC concederá permisos de uso dentro del Patrimonio Natural del Estado cuyas actividades deberán

ser autorizadas por el Director o Directora del Área de Conservación correspondiente. Todo permiso de uso aprobado o denegado será a través de una resolución administrativa debidamente fundamentada.

Para aplicar la restauración o la rehabilitación enmarcada dentro de un proceso de investigación debe revisarse la definición de Investigación que suministra el artículo 2 del Decreto Ejecutivo 25721-MINAE, concepto que plantea como requisito *sine qua non* la generación de información, indispensable para que la acción califique como “investigación”.

Claro está, dadas las interrelaciones ecosistémicas, la conservación de los elementos focales de manejo dentro del Patrimonio Natural del Estado y específicamente dentro de áreas silvestres protegidas, significa que la gestión debe trascender los límites territoriales; ya algunos modelos



Figura 4. Actividades mecanizadas como parte del manejo activo dentro Parque Nacional Palo Verde. Crédito: Victor Castro Lezama, ACAT-SINAC.

de conservación complementarios con miras a la conectividad ecológica se enfocan al respecto, pero, en áreas de amortiguamiento de áreas silvestres protegidas, a veces parecen no alcanzar.

En este punto se invita a incursionar en el dictado de normas científico-técnicas en el marco de lo dispuesto en el artículo 50 de la Ley de Biodiversidad. Es sin duda esta facultad, quizás el principal referente de obligatoriedad de la responsabilidad ambiental de la propiedad privada en Costa Rica, lamentablemente no ha sido ni siquiera de uso ocasional. Su aplicación como línea de acción complementaria en procedimientos de restauración y rehabilitación de Patrimonio Natural del Estado vendría a caracterizar

de un enfoque integral las acciones de manejo.

Así, si bien, insistir en una regulación reglamentaria más abundante para mayor seguridad del operador jurídico es prioridad; debe afirmarse que las herramientas jurídicas están dadas y constituyen la base para las intervenciones de restauración y rehabilitación tan necesarias en determinados espacios ante las condiciones socioambientales actuales.

Bibliografía de consulta

- Costa Rica, Asamblea Legislativa (1998). Ley de Biodiversidad N°7317. www.pgr.go.cr
- Costa Rica, Poder Ejecutivo (2008). Reglamento a la Ley de Biodiversidad, Decreto Ejecutivo N°34433-MINAE. www.pgr.go.cr



Ingeniero forestal
Proceso de Recursos
Naturales y mejoras de
cuenca de la Compañía
Nacional de Fuerza y
Luz (sfeoli@cnfl.go.cr)

Restauración ecológica en la Gran Área Metropolitana: la contribución de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz a la resiliencia urbana y los servicios

Sergio Feoli Boraschi

En este artículo analizan las acciones emprendidas por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) en procesos de restauración y rehabilitación ecológica en los corredores biológicos interurbanos de la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica. Se destacan los beneficios ambientales, sociales y estratégicos de estas intervenciones, en especial su aporte a la resiliencia climática, la mejora de los servicios ecosistémicos, la recuperación del espacio público, la disminución de desastres naturales y la mejora de la calidad del agua, elemento vital para la generación hidroeléctrica en la región.

La GAM enfrenta presiones ambientales significativas debido a la urbanización acelerada, el crecimiento poblacional y el cambio climático. En este contexto, la CNFL ha desarrollado una estrategia innovadora de restauración ecológica y rehabilitación de corredores biológicos, que busca integrar conservación, servicios ecosistémicos y bienestar humano. Estas acciones son fundamentales para enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros.

Los corredores biológicos interurbanos son franjas de vegetación natural o restaurada que conectan ecosistemas fragmentados, permitiendo el tránsito de especies y la continuidad ecológica. En la GAM, su propósito es conservar la biodiversidad, conectar áreas verdes urbanas, y ofrecer servicios ambientales esenciales como la regulación térmica, la infiltración de agua y espacios recreativos para la población. Además, funcionan como estrategias de planificación territorial y adaptación al cambio climático.

La CNFL ha desarrollado proyectos en los principales corredores biológicos interurbanos de la GAM como los del río Torres, río Tiribí y río Pará. Las labores incluyen reforestación con especies nativas, control de especies invasoras, revegetación de riberas, restauración de nacientes, creación de viveros comunitarios y educación ambiental. Estas acciones se ejecutan con participación de gobiernos locales, universidades, ONG y

comunidades, mediante procesos participativos y sostenibles.

Los beneficios de estos proyectos son múltiples. A nivel ecológico, se fortalece la conectividad biológica y se mejora la resiliencia frente al cambio climático. Los suelos restaurados reducen la erosión y mitigan riesgos de deslizamientos. La vegetación mejora la infiltración del agua, clave para la recarga de acuíferos y la calidad del recurso hídrico utilizado para generar hidroelectricidad. Socialmente, los corredores devuelven espacios públicos seguros, verdes y saludables a la ciudadanía.

Los proyectos de la CNFL se aplican en múltiples cantones como Curridabat, Goicoechea, Montes de Oca, Desamparados y Tibás, entre otros. La implementación es posible gracias a la colaboración interinstitucional con SINAC, MINAE, municipalidades, asociaciones comunales y centros académicos como la Universidad Públicas y por su-

puesto la comunidad. Esta articulación ha sido clave para escalar las intervenciones, compartir conocimientos y empoderar a las comunidades locales.

La CNFL es una empresa que ha desarrollado con el pasar del tiempo experiencia en el tema de viveros, iniciando sus labores



Figura 1. Proceso de siembra y educación ambiental en el Corredor biológico Interurbano Bicentenario Tiribí. Colegio Técnico Profesional de Hatillo

aproximadamente en 1992. Desde ese momento a la fecha, la empresa ha direccionado la labor de sus viveros en función de sus operaciones, atendiendo principalmente al abastecimiento de árboles para rehabilitar microcuencas y corredores biológicos interurbanos de su interés. El objetivo principal de la producción de árboles en los vive-

ros de la CNFL, es ser un insumo en los procesos de recuperación y restauración de hábitat, buscando generar un efecto directo en la mejora del ambiente y en la generación de servicios ecosistémicos



Figura 2. Proceso de educación ambiental y comunal en el Corredor biológico Interurbano Río Torres-Reserva de la Biosfera.

para la sociedad. El vivero de la CNFL produce árboles empleados en procesos de reforestación, restauración ecológica y proyectos de arbolado urbano, así como de plantas ornamentales empleadas en procesos de embellecimiento de jardines y venta a terceras personas.

Actualmente, el material para hacer los procesos de rehabilitación en la GAM proviene del vivero de la CNFL ubicado en Duce Nombre de Coronado, donde se producen aproximadamente 20 000 individuos, tanto para zonas rurales como para áreas urbanas en los corredores biológicos interurbanos.



Figura 3. Proceso de siembra y educación ambiental en el Corredor Biológico Interurbano Pará-Toyopán.

La CNFL interviene en proceso que conocemos como *fincas en procesos ambientales sostenibles*. En las fincas PAS (Prácticas Ambientales Sostenibles) es donde la Compañía promueve el cuidado del ambiente, junto con las personas propietarias y productoras, en una relación ganar-ganar para todos. Las PAS se encuentran en zonas rurales estratégicas para la CNFL. En los corredores biológicos interurbanos, se hace mediante alianzas entre diferentes actores sociales del paisaje urbano y rural. Al final, se genera es una gestión responsable del ambiente y del espacio geográfico.

Las PAS se implementan como herramienta para dirigir las políticas ambientales de la CNFL en favor del mejoramiento del recurso hídrico y edáfico, procurando fortalecer aspectos sociales, económicos, bióticos y geofísicos por medio de procesos de extensión, dirigidos a las unidades productivas con potencial para desarrollar proyectos forestales y agropecuarios sostenibles; se han aplicado tanto en espacios rurales, urbanos, periurbanos de los corredores biológicos interurbanos.

La CNFL reconoce la importancia crítica de las áreas protegidas y de alta biodiversidad para el equilibrio ecológico y la sostenibilidad ambiental.

Al operar en proximidad a estos espacios vitales, la empresa se compromete a implementar prácticas de operación que minimicen su impacto ambiental y promuevan la conservación de estos ecosistemas. Este compromiso se evidencia por medio de la elaboración e implementación de planes de manejo específicos que garantizan la protección de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos esenciales.

Parte del plan de gestión ambiental de la empresa incluye las interacciones con organizaciones comunales comprometidas con la conservación y restauración, en estrecha colaboración con autoridades ambientales y gubernamentales. Esto se realiza mediante el soporte a Corredores Biológicos Interurbanos, en el que se brinda asesoría técnica a varias



Foto 4. Proceso de siembra el Corredor Biológico Interurbano río Macho.

organizaciones sociales involucradas con esta modalidad de protección, y la plantación de 2 800 árboles desarrollados en viveros de CNFL, en el 2024 e incluye seguimiento silvicultural de los mismos. Las acciones de restauración no solo buscan recuperar áreas degradadas sino también reforzar la conectividad ecológica y fortalecer la resiliencia de los ecosistemas frente al cambio climático.

Aunque se han logrado avances importantes, persisten retos en términos de mantenimiento de áreas restauradas, financiamiento sostenible, presión urbana y conciencia ciudadana. Se plantea fortalecer los mecanismos de gobernanza ambiental, ampliar la red de corredores y consolidar programas de monitoreo y educación ambiental para asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

La restauración ecológica liderada por la CNFL en la GAM representa una estrategia efectiva para mejorar la calidad ambiental, la seguridad hídrica y el bienestar urbano. Su enfoque integrador y territorial permite enfrentar simultáneamente problemas ecológicos y sociales, y ofrece un modelo replicable para otras ciudades latinoamericanas. La continuidad de estos esfuerzos será vital para consolidar una GAM resiliente, verde y sostenible.

Material de consulta

- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). (2023). Informe de gestión ambiental. San José, Costa Rica.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2022). Corredores biológicos de Costa Rica. MINAE.
- Calvo-Alvarado, J., McLennan, B., & Sánchez-Azofeifa, G. (2019). Urban forest restoration in tropical cities: Costa Rica's experience. *Urban Forestry & Urban Greening*, 43, 126353.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2023). Informe climático nacional. MINAE, San José.



Académica
del Centro
Transdisciplinario
de Incidencia
Socioambiental,
Universidad
Autónoma de
Querétaro (clara.
tinoco@uaq.mx)



Académica
del Centro
Transdisciplinario
de Incidencia
Socioambiental,
Universidad
Autónoma de
Querétaro (dora.
palma@uaq.mx)

Gestión participativa de microcuencas para la restauración de ecosistemas

Clara Tinoco Navarro
Dora Palma Hernández
Edgar Méndez Vázquez
Raúl Pineda López



La restauración de ecosistemas trata de recuperar la estructura y funcionalidad de los ecosistemas originales (Bradshaw, 1987) y es la alternativa que los humanos hemos planteado para tratar de revertir los procesos de deterioro causados por nuestras actividades. Una vez que un sitio es alterado, existen varias posibilidades sobre su futuro: mantenerse alterado, deteriorarse aún más, o recuperarse, aunque no volver a su estado original. Sin embargo, nuestro conocimiento imperfecto limita esta aspiración por falta de datos y por no contar con ecosistemas prístinos que nos provean de información para encauzar los procesos de restauración, por lo que resulta importante desarrollar formas de pensar que permitan recuperar los ecosistemas alterados, hacia condiciones que favorezcan la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Figura 1).

Nuestra propuesta tiene el propósito de mostrar cómo la intención de restauración puede ser abordada y mejorada considerando a las cuencas hidrográficas como territorios donde podemos evaluar su estructura (agua, suelo, vegetación,



Académico
del Centro
Interdisciplinario
del Noreste,
Universidad
de Guanajuato.
Especialista en
Recursos Bióticos
FCN-UAQ (edgar.
mendez@ugto.mx)



Consultor
del Centro de
Capacitación
en Cuencas
A.C. en México
(rufuspinedal@
gmail.com)



Figura 1. Modelo conceptual de restauración (López *et al.*, 2017)

clima) y funcionamiento (regulación de agua, temperatura, sedimentos y química del agua, provisión de hábitat y conectividad hidrológica); dentro de estructuras anidadas y jerárquicas, ya que las cuencas se pueden subdividir en unidades más pequeñas (microcuencas o unidades de escorrentamiento) y donde cada unidad no pierde sus características de estructura y funcionamiento. Se propone la restauración como meta ideal y que los procesos sean denominados *rehabilitación*. Otros procesos que no tiendan en el sentido de alcanzar la condición original de la cuenca pueden dar origen a cuencas distintas, ya sea que promuevan una recuperación de la estructura o de su funcionalidad (**Figura 2**)

En las cuencas o microcuencas sus habitantes juegan un papel importante por sus actividades para alterar o mejorar la estructura y funcionamiento de la cuenca, a esta unidad territorial más compleja le llamamos *etnocuenca* y resulta importante para el proceso de restauración, pues conlleva la participación de sus habitantes y grupos de interés en revertir la alteración de sus ecosistemas y el éxito para acercarnos al estado original o algo similar.

La *gestión participativa* es clave para la planificación, implementación, monitoreo y retroalimentación para el manejo adaptativo. El Centro de Capacitación en Cuencas (CRCC) de la Universidad Autónoma de Querétaro, en coordinación con el Centro de Capacitación en Cuencas A.C. ha establecido procesos de manejo integral

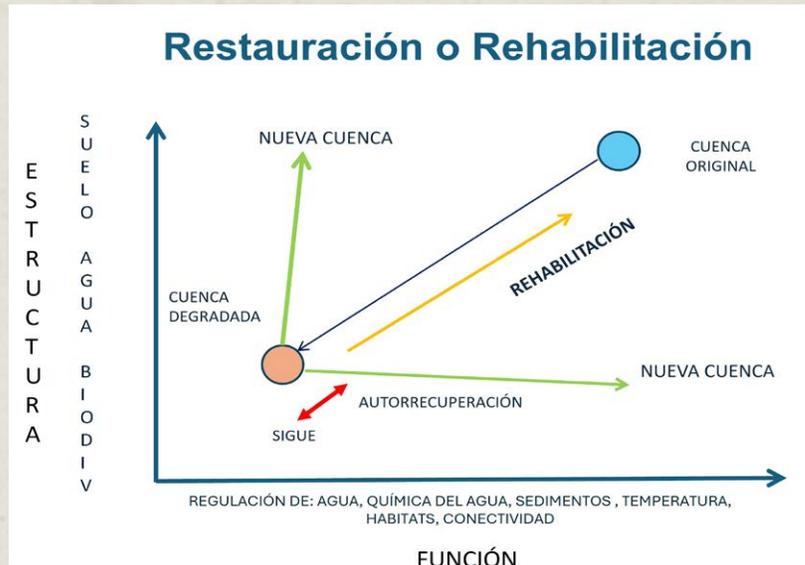


Figura 2. Procesos alternativos a la restauración (Modificado de Bradshaw, 1987).

de microcuencas en Querétaro, Guanajuato, Puebla y Oaxaca. En ellos, la etnocuenca además de un espacio naturalmente delimitado que articula la realidad natural y social, es un espacio de convergencia, diálogo, capacitación y acción *in situ* entre los actores que convergen en un mismo territorio sean comunidades, académicos, organizaciones de la sociedad civil o gubernamentales (Tinoco-Navarro *et al.*, 2020).

El enfoque del CRCC está centrado en las personas, en soluciones y en escalas de manejo (microcuencas y unidades de escurrimiento). La colaboración entre actores genera Comunidades de aprendizaje basadas en un proceso pedagógico “aprender haciendo” para la co-construcción de programas de manejo implementación de buenas prácticas con enfoque adaptativo en tres ejes: conservación y recuperación de los atributos ambientales del territorio para mantener el patrimonio biocultural; promoción de la producción sustentable para la generación de beneficios económicos desde el buen manejo de los recursos naturales; y formación de comunidades de aprendizaje de actores que intercambian saberes, toman decisiones colectivas,

conforman alianzas estratégicas de financiamiento y colaboración para beneficio común (Figuras 3 y 4).

Se considera una visión multipropósito y multinivel, por la intervención y vinculación entre actores en actividades de investigación, docencia y transferencia tecnológica; y en la formación de capacidades e intercambio de experiencias y saberes para la continuidad y el reconocimiento de los impactos de las buenas prácticas (CRCC, 2024).

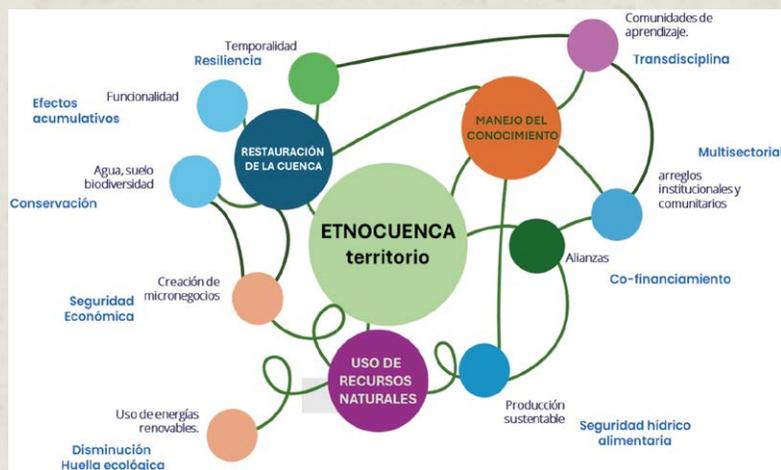


Figura 3. Modelo para el bien común del Centro Regional de Capacitación en Cuencas (CRCC, 2024).



Figura 4. Manejo de unidades de escurrimiento (CRCC, 2024).

La Posibilidad de Medición de Resultados, promueve procesos autónomos y manejo adaptativo que respondan a los contextos socioambientales de cada microcuenca. Por ejemplo, en el caso de tres microcuencas del Río Copalita, Oaxaca (Alternativa, La Hojarasca y La Vela) se implementaron Obras de Conservación de Agua, Suelo y Biodiversidad (CONSABIO) y su monitoreo con la participación de organizaciones locales (MBIS BIN y Alianza Suchixtepec). Se realizaron capacitaciones centradas en pérdida de suelo e implementaron obras CONSABIO considerando las características de cada microcuenca decidiendo en conjunto con productores, técnicos y académicos (Figuras 5 y 6).

Se hizo monitoreo del suelo y problemas de erosión por el manejo convencional de sistemas agroforestales y agricultura tradicional, considerando variables acordadas entre los participantes (humedad, temperatura, pH, conductividad, nitrógeno, fósforo, materia orgánica en laboratorio, crecimiento de árboles, cobertura de copa y retención de sedimentos) para evaluar la erosión y la pérdida y transporte de sedimentos en la cuenca/microcuenca/unidad de escurrimiento y el efecto de las prácticas de restauración.

Otro ejemplo de gestión participativa es la cuenca del Alto Atoyac, donde se colaboró con comunidades de San Juan Tepulco y Santa María Acajete

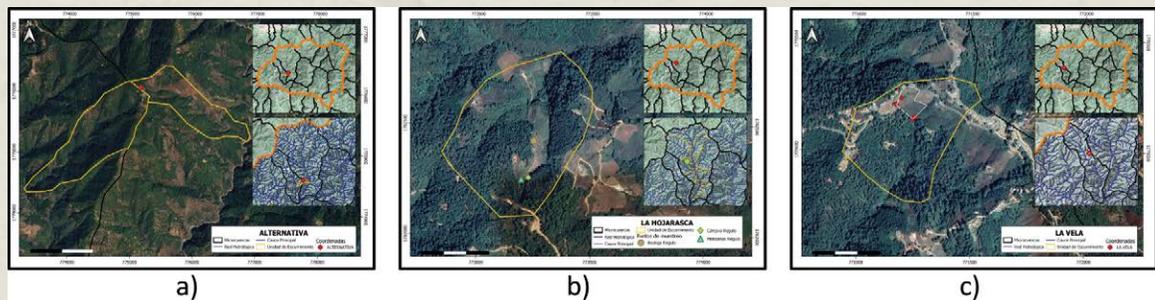


Figura 5. Unidades de escurrimiento. a) Alternativa; b) La Hojarasca; c) La Vela.



Figura 6. Implementación de unidades CONSABIO. a) Grupo de trabajo; b) Difusores; c) Estabilidad de escurrimiento con geocostales.

implementando Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) mediante un sistema de capacitación técnica y de campesino a campesino, en dos unidades de escurrimiento (obras con geocostales como presas, líneas y cabeceo de cárcavas). Se diseñó en parcelas el surcado al contorno a curvas de nivel, capacitaciones para el monitoreo de suelos y comparar resultados sin obras y con obras, pues se establecieron para mejorar la retención de agua y sedimentos, reducir inundaciones, conservar el bosque y parcelas de cultivo evitando su erosión y mejorando la producción (**Figuras 7 y 8**).

Un logro ha sido el empoderamiento de un grupo de mujeres que han incurrido en el aprovechamiento de especies vegetales para la elaboración de productos de cuidado personal, la apropiación de las prácticas CONSABIO y la toma de decisiones para promover la sustentabilidad considerando el enfoque de género, reconexión cultural con el bosque y mejora en los procesos de producción.

Los casos expuestos evidencian la *integralidad que ofrece la aproximación por microcuencas para la restauración*. En un contexto convencional la selección de un sitio para restauración resulta del análisis espacial del ecosistema y su grado de alteración, incluyendo parches de diferente tamaño y que pertenecen a una zona donde los instrumentos de planeación territorial consideran que deben ser restaurados o son sitios donde los dueños particulares o sociales de la tierra aceptan

participar en un programa u otro sistema, incluido el de incentivos económicos. Las evaluaciones de restauración se han centrado en distintos procesos para indicar la dirección de la recuperación: recuperación o re-inmigración de la fauna, recuperación de la biota del suelo, diversos índices de biomonitoreo e inclusive el valor de productos ecológicos (Gann *et al.* 2019). Desde nuestro punto de vista estas son evaluaciones indirectas del proceso de restauración ecológica y aunque son útiles, no son suficientes para ofrecer un panorama integral de lo que sucede durante y al final del proceso de restauración.

En los estudios de caso de los apartados anteriores, se ha delineado una forma diferente de seleccionar el sitio de restauración atendiendo a una delimitación hidrológica que encierra a un sistema ecológico complejo como es la cuenca-microcuenca. Atender y promover los procesos de restauración ecológica en esos contextos territoriales implica el uso de las funciones de la cuenca como indicadores de la recuperación funcional y por ende del grado de éxito de la restauración.

Las funciones de regulación, provisión de hábitat para la biodiversidad y conectividad hidrológica permiten tener una visión más integrada del proceso de recuperación. Tomar en cuenta la estructura anidada de las cuencas permite evaluar pequeños territorios como las unidades de escurrimiento o las microcuencas, así cada unidad hidrológica restaurada aporta para la recuperación de la cuenca completa y ello facilita un

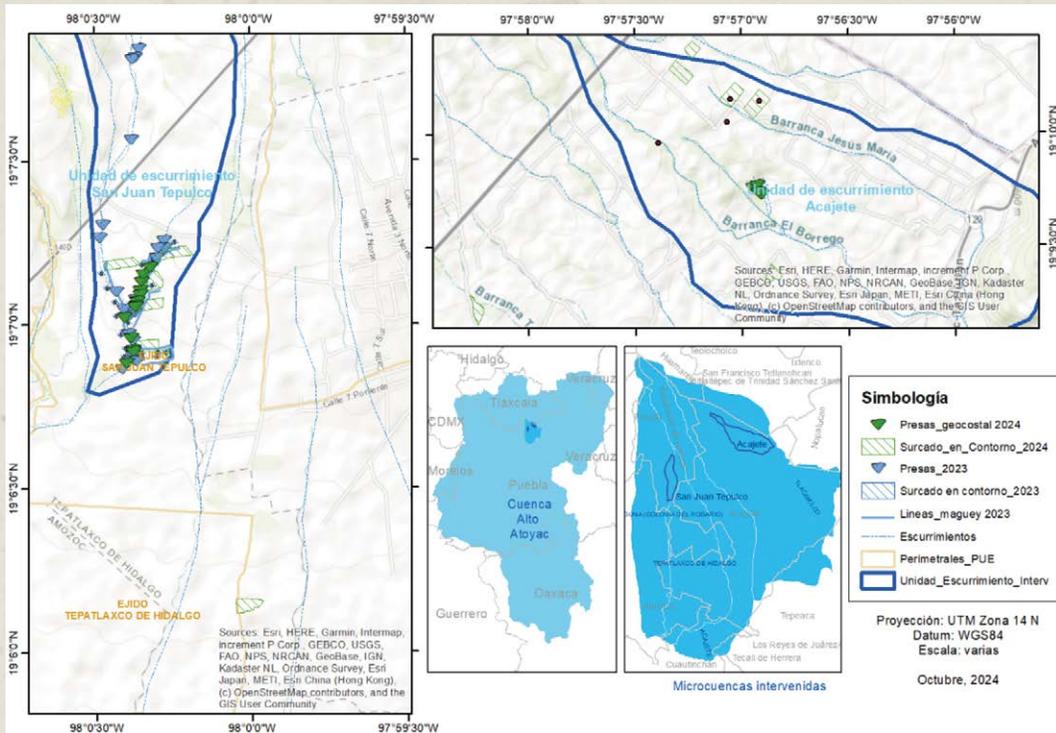


Figura 7. Unidades de escurrimiento en la Cuenca Alto Atoyac.



Figura 8. Grupo de trabajo.

mejor manejo de la gestión del proceso, contribuye a la disminución de costos y al involucramiento de una mayor cantidad de actores y grupos de interés.

En este contexto hemos denominado a esta forma como unidades CONSABIO (Conservación de suelos, agua y biodiversidad) una extensión de las convencionales técnicas CONSA (Conservación de suelos y agua), que tiene como valor agregado su delimitación y operación en una unidad hidrológica y la hibridación de diversas prácticas que en conjunto mejoran la funcionalidad de las unidades territoriales (**Figura 9**).

Los atributos de la restauración ecológica propuestos por *Gann et al. (2019)* son los mismos que se han empleado desde el siglo pasado (*Dourojeanni, 1994*) y que han sido sintetizados por *Gregersen et al. (2007)*, sin embargo una última ventaja del enfoque basado en cuencas es la posibilidad de evaluar fácilmente los efectos acumulativos negativos o positivos de actividades, obras, prácticas y sus indicadores.

Las lecciones aprendidas a partir de estas experiencias son:

1. El trabajo en microcuencas centrado en las personas y en soluciones a las necesidades sentidas de la

población integra voluntades para el bien común

2. Los abordajes transdisciplinarios de las comunidades de aprendizaje y el proceso “aprender haciendo” inciden en la formación de promotores locales para la autonomía y continuidad de las buenas prácticas para la restauración de la microcuenca.
3. La ejecución de trabajos de restauración basados en buenas prácticas/ soluciones basadas en la naturaleza debe hacerse durante el período de estiaje (cuando las actividades productivas son menores y permiten mayor dedicación de los grupos de trabajo).
4. Los participantes de estas experiencias se ubican en un proceso de transición de producir y obtener ingresos económicos hacia un enfoque de sostenibilidad.



Figura 9. Unidad CONSABIO de la Microcuenca La Joya en su proceso de restauración (Fotos R. Pineda)

5. Es necesaria la socialización de las acciones y resultados para la replicación en otras unidades de escurrimiento o microcuencas para colaborar eficiente e integralmente a recuperar las funciones de cuenca.
6. Se requiere establecer indicadores cualitativos y cuantitativos de monitoreo para documentar los procesos de restauración enfocándose en la evaluación de las funciones de la cuenca.
7. El manejo de microcuencas como compensación de las actividades humanas y tendiente a recuperar la funcionalidad de la cuenca es una herramienta integral para establecer procesos de restauración exitosos, duraderos y sostenibles.

Agradecimientos

A la Fundación Gonzalo Río Arronte, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF) por el financiamiento de los proyectos; y a las comunidades participantes: La Joya, Charape de la Joya (Querétaro), San Pedro (Huimilpan) Mesa de Escalante (Guanajuato), San Juan Tepulco y Santa María Acajete (Puebla) y San Miguel Suchixtepec (Oaxaca).

Referencias

- Bradshaw, A. D. (1987). Restoration: an acid test for ecology. In Jordan, W. R., Gilpin, M. E., & Aber, J. E. (Eds.) Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- CRCC. (2024). Centro Regional de Capacitación en Cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro. <https://fcn.uaq.mx/crcc/index.php>
- Dourojeanni, A. (1993). Procedimientos de gestión para un desarrollo sustentable (aplicado a municipios, microrregiones y cuencas) . Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Chile.
- Gann, G.D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J, Nelson, C.R., Jonson, J., et al. (2019) Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. 2da edición. *Ecología de la Restauración* 27:1–46
- Gregersen, H., Ffolliott, P. y Brooks, K. (2007). Integrated Watershed Management: Connecting People to Their Land and Water. CABI, UK.
- López, F., Martínez, C., Ceccon, E. (2017). Ecología de la restauración en México: estado actual y perspectivas. *Revista Mexicana de la Biodiversidad*, 88, 97-112.
- Tinoco-Navarro, C.M., Pineda-López, R.F., Parra-Barrientos, Ó.O., Urrutia-Pérez, R. (2020). Natural Protected Areas vs Integrated Watershed Management: People Participation Analysis in México. In: Ortega-Rubio, A. (eds) Socio-ecological Studies in Natural Protected Areas. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47264-1_35



Ingeniera forestal
(cortes.liz03@gmail.com)

Restauración ecológica con rostro comunitario: experiencias en Quebrada Seca y río Pará

Lizzette Badilla Cortés
Wendy Monge Alvarado



Ingeniera forestal
(wendy.monge.alvarado@gmail.com)

En este artículo se presentan dos iniciativas de rehabilitación ecológica desarrolladas en el cantón de Heredia, Costa Rica: una en la Quebrada Seca, en el distrito de Mercedes, y otra en el río Pará, en el sector conocido como la poza Las Juntas, hasta su unión con el río Agrá, en Santo Domingo. Ambos proyectos fueron realizados como parte de la Práctica Profesional Supervisada de la carrera de Ingeniería en Ciencias Forestales de la Universidad Nacional. Su propósito fue mejorar la calidad del agua, reducir la erosión de los suelos y recuperar la vegetación ribereña mediante acciones de restauración ambiental y participación comunitaria. Para ello, se aplicó una metodología dividida en cinco etapas: diagnóstico, planificación, ejecución, mantenimiento y monitoreo (SINAC, 2024). Aunque se planificaron todas las etapas, al momento de este escrito, se habían completado las dos primeras, que incluyeron un análisis detallado del estado de las zonas intervenidas y la propuesta de acciones concretas, como la limpieza de residuos, la instalación de barreras vivas para controlar la erosión y la siembra de especies nativas. El

diagnóstico reveló problemas serios, como la contaminación por aguas residuales y basura, así como la pérdida de vegetación y el aumento de la erosión, en gran parte asociados al crecimiento urbano. La recuperación de estos ecosistemas es clave para restablecer su equilibrio natural y mejorar la calidad de vida de las comunidades cercanas. Además, la participación activa de la población local ha sido un pilar fundamental para avanzar hacia soluciones sostenibles.

En la primera etapa se realizó una caracterización detallada de las zonas utilizando herramientas geoespaciales como QGIS, junto con bases de datos del Atlas y SNIT, para delimitar las zonas a trabajar. Además, se realizó un levantamiento de campo para describir las características del área y sus alrededores, incluyendo el tipo de cobertura del suelo, las características del suelo, el estado de los cuerpos de agua y la identificación de especies presentes. Se evaluaron factores sociales y ambientales mediante conversaciones con actores locales para identificar las causas de degradación y la disposición de la comunidad para colaborar en el proceso de rehabilitación, y se elaboró una encuesta para algunas personas de la comunidad. Además, se elaboró un informe detallado que describe las condiciones iniciales del área, incluyendo mapas y registros geográficos.

Posteriormente, se planificó el proceso de rehabilitación. Acá se definieron objetivos de rehabilitación, como evaluar el estado actual del área de protección del

río a través del análisis de variables biofísicas, mejorar la calidad del agua, restablecer la cobertura arbórea, aumentar la conectividad ecológica, determinar las posibles causas del estado actual según la percepción de personas que habitan en los alrededores del río, elaborar un diagnóstico biofísico del río para detectar factores de vulnerabilidad de disminución de cobertura forestal y proponer un plan de rehabilitación para cada área de protección de los cuerpos de agua. Se seleccionaron técnicas de rehabilitación, incluyendo la eliminación de factores que impiden la regeneración natural, la incorporación de especies arbóreas nativas y, en el caso de la Quebrada Seca, la elaboración de un cronograma y presupuesto detallado. También se identificaron los insumos y la logística necesarios para la preparación del terreno y la plantación

Para la tercera etapa, se proyectó la ejecución de la rehabilitación. Esta etapa, incluye la planificación de la preparación del terreno, con el retiro de residuos y la preparación del suelo para la plantación. Se definió la logística para el traslado y plantación de especies, siguiendo un esquema de distribución planificado. Las siguientes dos etapas consisten en el mantenimiento y el control periódico de gramíneas invasoras y el monitoreo de las especies plantadas, incluyendo podas sanitarias y mantenimiento de tocones.

Finalmente, se llevó a cabo el monitoreo y la evaluación. Acá se definieron indicadores clave de monitoreo, como la cobertura arbórea, la calidad del agua y la

presencia de biodiversidad. Se estableció la periodicidad del monitoreo y se elaboró un presupuesto para las actividades de monitoreo y mantenimiento. Se planificó una evaluación final para analizar el impacto de las actividades de rehabilitación y aplicar mejoras en futuras intervenciones.

Los estudios de campo han revelado una situación preocupante en ambas zonas. En el río Pará, se presenció que las riberas están sufriendo de erosión severa, hay pérdida de biodiversidad y, lo más alarmante, contaminación por varios tipos de residuos, incluyendo plásticos y textiles (**Figura 1**). Las aguas residuales que no se han tratado también están deteriorando la calidad del agua (**Figura 2**), lo que limita la supervivencia de muchas especies acuáticas. Además, el análisis de la vegetación ha mostrado que las especies nativas están disminuyendo, algo que impacta directamente en la estabilidad del ecosistema y la fauna que dependen de este.



Figura 1. Residuos plásticos y textiles en las orillas del río Pará, Pará, Santo Domingo, Heredia. Fotografía: Lizzette Badilla.



Figura 2. Turbidez en el agua debido a aguas residuales en el río Pará en el sector de la poza Las Juntas - Unión con el río Agrá, Pará, Santo Domingo, Heredia. Fotografía: Lizzette Badilla.

En la Quebrada Seca, se encontraron problemas bastante similares, como la degradación del suelo y la reducción de la vegetación, que han aumentado el riesgo de sedimentación y han cambiado el flujo del agua. Durante el estudio, se observó que la cobertura forestal ha disminuido notablemente, provocando la fragmentación de hábitats y la invasión de especies exóticas que dificultan la regeneración natural. La invasión de las zonas de protección de los ríos con infraestructuras es el factor principal del problema de contaminación y erosión (**Figura 3**) por lo que implementar más cobertura vegetal ayudaría a mejorar el ecosistema, ya que hay muchas zonas que pueden ser aprovechadas con este motivo (**Figura 4**). Asimismo, la mala gestión de residuos sólidos en los alrededores ha contribuido a la contaminación del agua, afectando la biodiversidad y la calidad del recurso hídrico para las comunidades locales.

La reacción de la comunidad ha sido fundamental en este proceso de

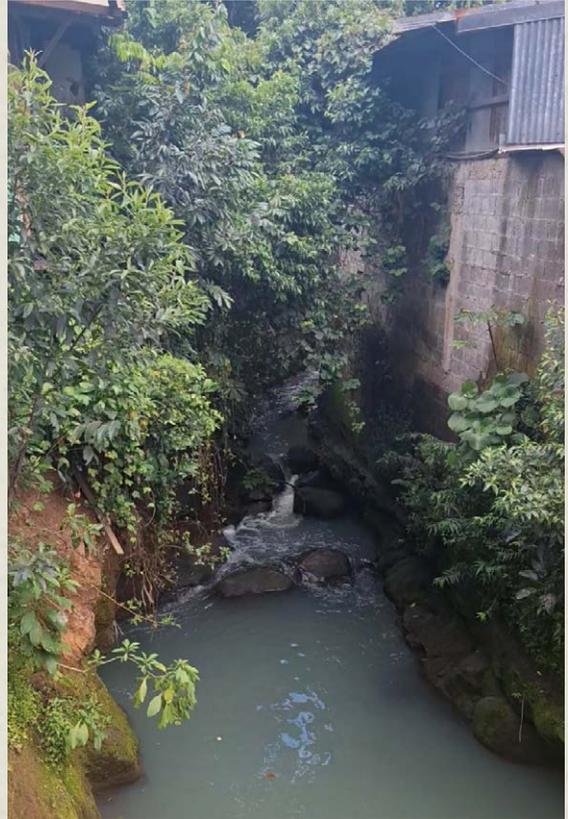


Figura 3. Erosión de Quebrada Seca e intervención de estructuras en las orillas. Quebrada Seca, Mercedes, Heredia. Fotografía: Wendy Monge.



Figura 4. Finca con poca cobertura vegetal adyacente a Quebrada Seca. Mercedes, Heredia. Fotografía: Wendy Monge.

rehabilitación. Según los estudios de percepción, la mayoría de las personas residentes cerca de las áreas intervenidas reconoce la importancia de estas iniciativas y están listas para participar en actividades de reforestación, limpieza y monitoreo ambiental. En ambos sitios, se encontraron personas clave en la comunidad que han impulsado la conciencia ambiental y han organizado jornadas de limpieza junto a entidades locales. Por tanto, se debe trabajar en capacitar a la población circundante para que comprendan la importancia de la restauración ecológica y se involucren de manera activa.

Se espera que, con la implementación efectiva de estas medidas a futuro, se logre regenerar los ecosistemas fluviales, promoviendo la recuperación de la vegetación ribereña, la mejora de la calidad del agua y el fortalecimiento de la biodiversidad local. La rehabilitación del río Pará y de la Quebrada Seca es un claro ejemplo de cómo combinar ciencia, tecnología y participación ciudadana puede llevar a soluciones sostenibles para conservar nuestros recursos naturales. Por medio de estos proyectos, no solo se busca la restauración ecológica, sino también crear un modelo de gestión ambiental que se pueda replicar en otros ríos del país, asegurando un futuro más sostenible y resiliente para las comunidades y el ambiente.

Podemos concluir entonces, que la rehabilitación del río Pará y de la Quebrada Seca es un esfuerzo enorme que busca

devolverle la salud a estos ecosistemas que han estado bastante deteriorados. Se han identificado problemas ambientales serios, como la contaminación del agua, la pérdida de árboles y la erosión del suelo. Su recuperación requerirá de acciones como reforestación, control de especies invasoras y limpieza de basura. La participación comunitaria será clave para que una recuperación efectiva, partiendo de que la educación ambiental y la conciencia social son esenciales para que estos proyectos sean sostenibles. No obstante, para asegurar un impacto duradero, es crítico llevar a cabo un monitoreo constante, fortalecer las políticas de conservación y fomentar iniciativas de restauración en otras áreas que también están afectadas. Estos proyectos pueden ser un buen ejemplo para futuras intervenciones en ríos de todo el país, contribuyendo así a la resiliencia ambiental y al bienestar de las comunidades locales.

Referencias

- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2024). *Guía Técnica para la Rehabilitación de Ríos, Arroyos y Nacientes de Áreas Protegidas*. Ministerio de Ambiente y Energía



**Académica de la
Escuela de Ciencias
Ambientales, UNA**
(maria.alvarez.jimenez@
una.ac.cr)



**Académico de la
Escuela de Ciencias
Ambientales, UNA** (jose.
castro.solis@una.ac.cr)



**Académico de la
Escuela de Ciencias
Ambientales, UNA**
(pablo.ramirez.granados@
una.ac.cr)

Microcuenca del río Siquiares: recuperar sus zonas de protección hídrica es una responsabilidad ineludible

María Álvarez Jiménez
José Castro Solís
Pablo Ramírez Granados

Las áreas de protección hídrica son esenciales para la gestión de cuencas hidrográficas, desempeñando un papel crucial en la conservación del recurso hídrico. Estas zonas no solo garantizan un suministro adecuado de agua potable en términos de cantidad y calidad, sino que también son fundamentales para la supervivencia de los ecosistemas y el desarrollo de actividades humanas, especialmente en áreas urbanas (Dostal, 2007; Vásquez *et al.*, 2023).

La cobertura arbórea en estas áreas es especialmente significativa, ya que los bosques contribuyen al ciclo del agua y protegen el suelo, funciones que son vitales para mantener el equilibrio ecológico (Rodríguez, 2020). Sin embargo, su integridad está siendo seriamente amenazada por las crecientes actividades humanas, tales como la urbanización descontrolada y el cambio de uso del suelo, lo que resulta en problemas como la erosión y la contaminación, exacerbando la crisis ambiental (Mattey *et al.*, 2017).

A pesar de la relevancia de estas zonas, el estado se muestra claramente insuficiente en su capacidad de protegerlas. Según la Política Nacional de Áreas de Protección,

no existe una estrategia clara para el resguardo de estas zonas ni para la recuperación de la cobertura arbórea, a pesar de que las cuencas urbanas, como las que se encuentran bajo su responsabilidad, están expuestas a presiones ambientales devastadoras. La contaminación del agua, la erosión, el riesgo y la pérdida de biodiversidad siguen siendo problemas recurrentes, y la falta de cumplimiento de la normativa por parte de las entidades competentes solo agrava esta situación, acelerando la degradación de los ecosistemas hídricos. Este panorama revela una grave desconexión entre las políticas públicas y las necesidades reales de conservación.

Según [Cepeda y Navarro \(2010\)](#), estas zonas protegen cuerpos de agua, zonas de recarga y acuíferos, y amortiguan los impactos del cambio de uso del suelo, brindando servicios ambientales esenciales. Sin embargo, la falta de acción y la continua degradación de estos ecosistemas vitales muestran que el enfoque actual no es solo ineficaz, sino también insostenible.

El río Grande de Tárcoles, una de las principales cuencas de Costa Rica, está gravemente afectado por la contaminación, siendo considerado uno de los ríos más contaminados de Centroamérica ([SINAC, 2021](#)). Su cuenca alberga el 60 % de la población y el 80 % de la industria del país, pero el crecimiento urbano descontrolado, el mal uso del suelo y los vertimientos de aguas residuales han deteriorado su ecosistema. La inacción gubernamental y la falta de una gestión hídrica efectiva han agravado la

crisis ambiental, reduciendo la resiliencia del ecosistema y generando impactos ecológicos, sociales y económicos ([Gastuzzi *et al.*, 2017](#)).

La microcuenca del río Siquiaries, ubicada dentro de la cuenca del río Tárcoles, abarca aproximadamente 12 km² y está compuesta por los distritos de Barrio San José, San Antonio, Turrúcares y La Garita. Su delimitación territorial la sitúa al norte con La Garita, al sur con Mora, al este con La Guácima y al oeste con Atenas (**Figura 1**). Así mismo, este forma parte de la cuenca del río Alajuela, y se ubica al suroeste del distrito central, en una zona catalogada como Subzona Industrial Central, situación que lo hace susceptible a contaminación industrial.

El crecimiento urbano descontrolado y la expansión de actividades productivas han transformado drásticamente el uso del suelo y el paisaje en esta microcuenca, generando un impacto negativo sobre las áreas de protección ([Hernández, 2013](#)). Estos efectos han sido particularmente severos en los últimos años, con un aumento significativo de la contaminación derivada de la actividad industrial. Empresas establecidas en la zona han contribuido a esta crisis ambiental al generar residuos sin cumplir con la normativa vigente y al verter aguas sin tratamiento en el río, exacerbando su deterioro ([Álvarez, 2017](#)).

Ante esta situación, la Asociación Conservacionista de los Ríos y del Ambiente de Ciruelas de Alajuela (ACORACI) y miembros de la comunidad han

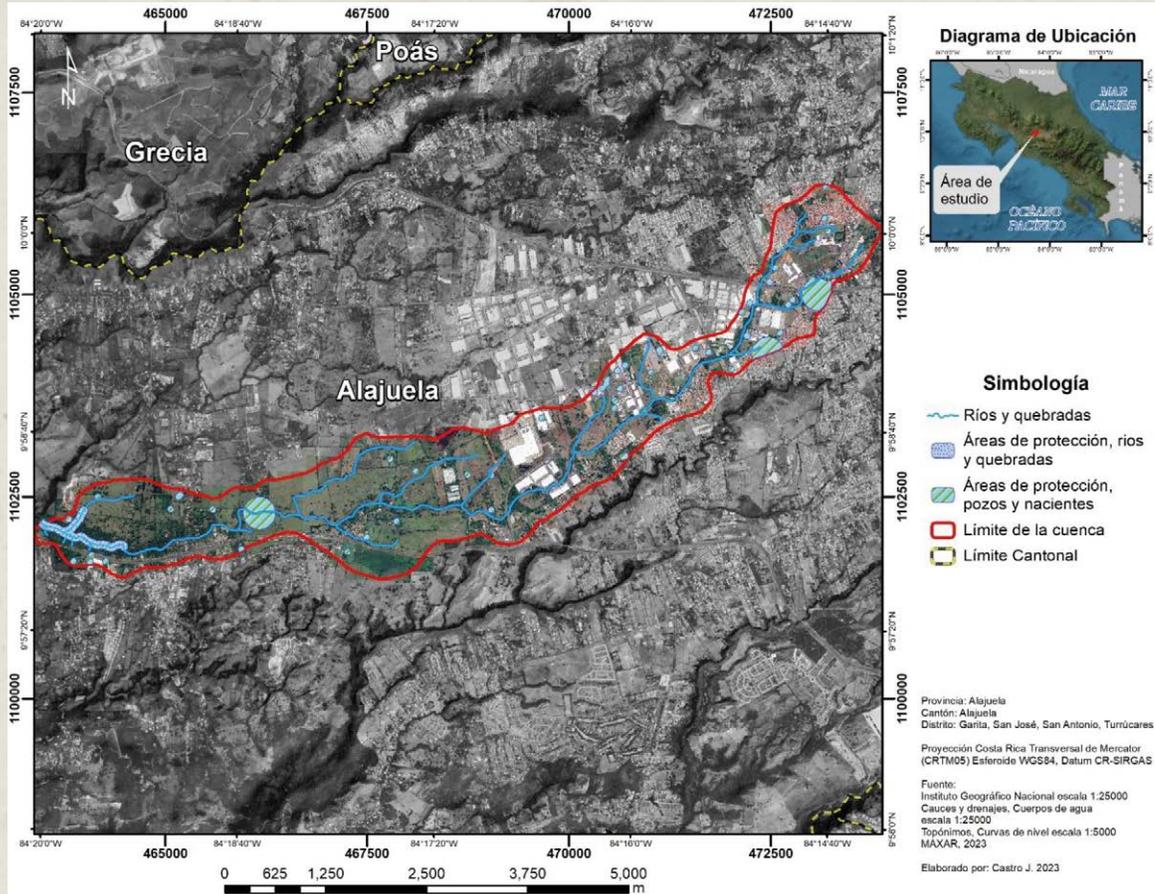


Figura 1. Ubicación de la microcuenca del río Siquiaraes, Alajuela, Costa Rica.

denunciado reiteradamente estos hechos, evidenciando la falta de fiscalización y sanción por parte de las autoridades competentes. Sin embargo, a pesar de estas denuncias, la respuesta institucional ha sido insuficiente, permitiendo que la contaminación continúe y que los daños al ecosistema se profundicen.

Este problema no es exclusivo de Siquiaraes; en diversas naciones tropicales, la intensificación de las actividades humanas ha acelerado los cambios en el uso del suelo, con consecuencias devastadoras

como la degradación de la calidad del agua, la contaminación de cuerpos acuáticos, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad y cobertura forestal (Hernández *et al.*, 2013). En este contexto, la vulnerabilidad del ecosistema de la cuenca se ha incrementado exponencialmente, poniendo en riesgo tanto los servicios ecosistémicos esenciales como la calidad de vida de las poblaciones que dependen de estos recursos.

La situación en Siquiaraes refleja una tendencia preocupante: la primacía

del desarrollo económico sobre la conservación ambiental, con un modelo de crecimiento que no solo ignora las regulaciones existentes, sino que compromete gravemente el equilibrio ecológico de la región. La falta de acción efectiva y la permisividad hacia estas prácticas empresariales evidencian la urgente necesidad de políticas ambientales más estrictas y de una aplicación rigurosa de la normativa vigente (**Figura 2**).

Paralelamente, en esta zona se han realizado estudios sobre cartografía, perfiles de contaminación, vulnerabilidad, amenazas y análisis jurídico para la protección del recurso hídrico, entre otros temas. Sin embargo, estos esfuerzos no han sido articulados en un enfoque integral.

Dadas las razones expuestas, es imperativo que la microcuenca del río Siquiares emprenda un proceso de recuperación de las zonas de protección,

mediante el desarrollo de una estrategia local enfocada en la restauración de las riberas y áreas protegidas. Esta estrategia no solo contribuiría a la recuperación de la microcuenca, sino que también podría servir como base para la elaboración de un plan de manejo integral. Además, debe alinearse con la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020-2040 y la Estrategia Nacional para la Recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030 del Viceministerio de Aguas y Mares.

Es fundamental reconocer que las áreas de protección no solo ofrecen servicios ecosistémicos esenciales como el abastecimiento de agua, sino que también aportan a la belleza escénica, la conectividad ecológica y la mitigación de problemas en las zonas adyacentes a los ríos (Arauz, 2018). La salud de la cuenca es clave para



Figura 2. Parte media de la microcuenca del río Siquiares, Alajuela, Costa Rica. Fotografía: María Álvarez.

garantizar el suministro de agua, un servicio indispensable para la vida (Romero *et al.*, 2014). Según Díaz y Gaspari (2017), las áreas de protección hidrológica son de gran importancia ecológica, funcionando como refugios naturales que retienen sedimentos, nutrientes y contaminantes provenientes de las áreas circundantes.

Por ello es necesario establecer una estrategia de recuperación de los ecosistemas ribereños, ya que, actualmente, no existe un análisis exhaustivo de la cobertura vegetal en estas zonas. La preservación de este recurso es esencial para el manejo sostenible de la cuenca y debe alinearse con la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, que promueve la recuperación de la cobertura arbórea y la protección de los cuerpos de agua (MINAE, 2020). Además, estas áreas juegan un papel crucial en la reducción de la contaminación y en la protección del suministro de agua subterránea, lo que está estrechamente vinculado con las regulaciones sobre el uso del suelo (Paris *et al.*, 2019).

El resguardo de estas zonas contribuirá a alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, que subraya la necesidad de proteger y restaurar los ecosistemas vinculados al agua, incluidos bosques, montañas, humedales, ríos, acuíferos y lagos, mediante una gestión integrada. Es imprescindible abordar la situación de zonas poco estudiadas y altamente expuestas a presiones que degradan el ecosistema, como la erosión, la pérdida de biodiversidad, la deforestación y la

contaminación generada por actividades productivas. Según Álvarez (2017), se debe recuperar el estado del río de la microcuenca mediante una adecuada planificación y estrategias con un enfoque de cogestión de cuencas hidrográficas.

Finalmente, implementar acciones de preservación y gestión sostenible es una responsabilidad ineludible para recuperar ecosistemas degradados, biodiversidad y restaurar sus servicios ecosistémicos. Esto incluye conservar las zonas de protección, y así promover una administración conjunta de los recursos hídricos y regular el uso del suelo, con el fin de garantizar la sostenibilidad de la cuenca y abordar desafíos como la sequía y la contaminación.

Referencias

- Álvarez Jiménez, M. (2017). Caracterización y diagnóstico preliminar en la microcuenca del río Siquiaraes, Alajuela, para promover su manejo apropiado. CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Arauz, V. K. (2018). Contribución de los sistemas agroforestales a la sostenibilidad del servicio ecosistémico hídrico en las cuencas de Costa Rica. *Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo*, 1(1), 78-84.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 1997. Ley Forestal N° 7575
- Cepeda, C., & Navarro Monge, G. A. (2010). Protección del recurso hídrico en Costa Rica: propuesta para la reforma de los artículos 33 y 34 de la Ley Forestal.
- Contraloría General de la República. (2014). Informe de auditoría de carácter especial acerca del cumplimiento de las obligaciones establecidas en la normativa para el resguardo de las áreas de protección de los ríos ubicados en la gran área metropolitana No. DFOE-AE-IF-14-2014. San José. CR. 35 p

- Díaz Gómez, A. R., & Gaspari, F. J. (2017). Cambio de cobertura y uso del suelo en la zona ribereña en cuencas subtropicales del noroeste argentino. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 25(1-2), 28-39.
- Dostal, C. B. (2007). Delimitación empírica de áreas prioritarias para el manejo del recurso hídrico en Costa Rica. *Revista reflexiones*, 86(2).
- Espinoza, C. y R. Villalta. (2004). Estudio del caso sobre la contaminación de la cuenca de los ríos Virilla y Grande de Tárcoles (cuenca 24). Primera etapa del Plan de Manejo Integral del recurso hídrico: la estrategia nacional para la GIRH en Costa Rica.
- Gastezzi-Arias, P., Alvarado-García, V., & Pérez-Gómez, G. (2017). La importancia de los ríos como corredores interurbanos. *Biocenosis*, 31(1-2). Recuperado a partir de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1725>
- Hernández-Hernández, R. M., Pulido-Moncada, M., Caballero, R., Cabriales, E., Castro, I., Ramírez, E., & Mendoza, B. (2013). Influencia del cambio de uso de la tierra sobre las sustancias húmicas y la estabilidad de los agregados en suelos de sabanas y bosques tropicales. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 30(4), 551-572
- Mattey-Trigueros, D., Navarro-Picado, J., Obando-Rodríguez, P., Fonseca-Sánchez, A., & Núñez-Solís, C. (2017). Caracterización de la cobertura vegetal dentro de la franja de protección del río Copey, Jacó, Puntarenas, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 1(58), 275-294. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.58-1.11>
- Ministerio de Ambiente y Energía, 2020. Estrategia Nacional para la recuperación de cuencas urbanas 2020-2030 San José, Costa Rica. 72pp
- Paris, M., D'Elía, M., Pérez, M., & Pacini, J. (2019). Well-head protection zones for sustainable groundwater supply. *Sustainable Water Resources Management*, 5, 161-174
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (SINAC). (2021). Ordenamiento Territorial y Cuencas Hidrográficas. Recuperado en <http://www.sinac.go.cr/ES/ordeterrcue/Paginas/default.aspx>
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (SINAC). (2021). Plan de gestión para el manejo de la cuenca del río grande Tárcoles: Diagnóstico biofísico y socioeconómico del territorio. 330 p.
- Romero, Fabián I, Cozano, Miguel A, Gangas, Rodrigo A, & Naulin, Paulette I. (2014). Riparian zones: Protection, restoration and legal context in Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1), 3-12. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>
- Vásconez, D. F. L., Cutiupala, G. M. A., Lucio, M. M. V., & Colcha, D. F. C. (2023). Delimitación y priorización de áreas de protección hídrica en la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, Ecuador, mediante sistemas de información geográfica. *Dominio de las Ciencias*, 9(4), 1447-1471.



Coordinadora Ambiental de la Asada de Horquetas de Sarapiquí
(area.ambiental@asadahorquetas.com)

Restauración ecológica de la quebrada La Gata en Horquetas de Sarapiquí

Alejandra Blandón Monge



La Asociación Administradora del Acueducto de Horquetas (ASADA Horquetas) fue constituida en 1994 como una organización no gubernamental sin fines de lucro, inscrita bajo el marco de la Ley de Asociaciones N° 218



Figura 1. Oficina de la ASADA Horquetas, Sarapiquí.

de 1939. Su funcionamiento está regulado por el Convenio de Delegación suscrito con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), así como el Reglamento de ASADAS (**Figura 1**).

La ASADA está ubicada en el distrito de Horquetas, cantón Sarapiquí, provincia Heredia, y opera en una región predominantemente rural, con acceso principal a través de la Ruta Nacional N° 4. Su sistema de abastecimiento se sustenta

en 11 nacientes y una toma superficial, todas situadas a una distancia considerable de los centros de poblacionales atendidos. Esta ubicación contribuye a la protección y conservación ambiental, asegurando la sostenibilidad de las fuentes de agua. El acueducto opera por gravedad utilizando energías limpias.

La ASADA Horquetas brinda servicio de agua potable a 11 comunidades del distrito de Horquetas. Para garantizar la distribución eficiente del recurso, cuenta con una red de conducción y distribución de 220 kilómetros de tubería. Actualmente, la ASADA atiende a más de 6 mil abonados y beneficia a 23 mil personas, asegurando un servicio esencial para el desarrollo social y económico de la región.

La degradación ambiental es una de las mayores amenazas para la biodiversidad y la calidad del agua en Costa Rica. Los ecosistemas han sido afectados por la deforestación, la agricultura intensiva, el cambio climático y otras actividades humanas que han alterado su equilibrio natural.

La ASADA Horquetas adquirió la finca La Gata en el 2018 con el propósito de garantizar la protección y conservación de la quebrada La Gata, una fuente de agua concesionada ante la Dirección de Agua del MINAE. Esta quebrada es una importante fuente para abastecer de agua potable a comunidades que, por más de 50 años, no cuentan con acceso a este recurso esencial.

La decisión de compra se fundamentó en la necesidad de asegurar la

integridad del ecosistema que rodea la quebrada, minimizando los riesgos de contaminación y degradación ambiental que podrían comprometer la calidad y cantidad del agua disponible. Al adquirir la finca, la ASADA asumió un compromiso con la conservación de este recurso natural, promoviendo la reforestación, la recuperación de la cobertura boscosa y la implementación de buenas prácticas en la zona.

La quebrada La Gata se ubica en la comunidad de Cubujuquí, distrito de Horquetas. La finca La Gata es un espacio natural de 26.7 hectáreas con una gran importancia ecológica y social. Durante más de 40 años, la finca fue utilizada para la ganadería, lo que provocó una degradación del suelo y la reducción significativa de la cobertura forestal. De su extensión total, 12.8 hectáreas estaban cubiertas por potreros y pastizales, afectando la calidad del agua (**Figura 2**).

En respuesta a esta problemática, en 2022, la ASADA Horquetas de Sarapiquí, con colaboración de la Municipalidad de Sarapiquí, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC-MINAE), a través del Área de Conservación Arenal Huetar Norte (ACAHN) y la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), impulsaron un proyecto, con visión de largo plazo, de restauración en la finca La Gata. Este esfuerzo tiene como objetivo restaurar los ecosistemas degradados, promover la recuperación de los servicios ecosistémicos de la zona y proteger la quebrada La

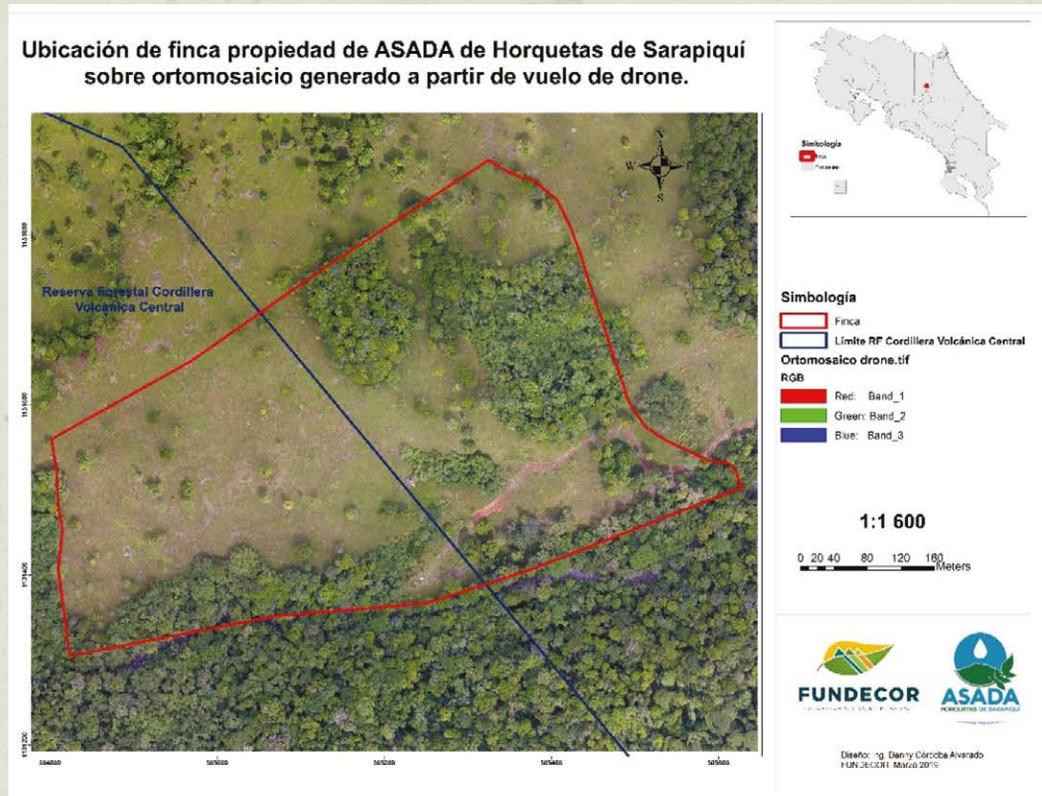


Figura 2. Mapa de ubicación de finca La Gata, Horquetas, Sarapiquí.

Gata, una fuente hídrica importante para la región.

Esta iniciativa busca restaurar la cobertura forestal, y garantizar la disponibilidad de agua limpia para las comunidades cercanas, mejorar las condiciones del suelo y fortalecer la conectividad con otros ecosistemas naturales.

El plan de restauración de la finca incluye: i) la incorporación de especies nativas en las 12.8 ha de potrero degradados, ii) la implementación de un programa de monitoreo ecológico y iii) el involucramiento de personas en el proceso.

La incorporación de especies contribuyó a restaurar la cobertura forestal, lo cual favorece a la infiltración del agua, reducción de la erosión, creación de hábitats seguros para la fauna silvestre, mejoramiento de la calidad del aire, y conectividad ecológica con el Corredor Biológico San Juan-La Selva. Entre las especies incorporadas se encuentran las siguientes: caobilla, pilón, almendro, gallinazo, cebo, espavel, gavilán, tucuico, cupania, manú negro, zotacaballo, cenízaro y cedro amargo.

El programa de monitoreo ecológico busca evaluar el impacto de la restauración de la finca. Se cuenta con siete cámaras trampa, a través de las cuales se ha documentado la presencia de especies de silvestres, como: saínos, pizotes, tolomucos, cabros de

montaña, dantas, pavas y, como un hallazgo especialmente significativo, un manigordo (un felino silvestre que depende de ecosistemas saludables para sobrevivir). La presencia de estas especies indica que la finca La Gata se está convirtiendo en un espacio clave para la conectividad ecológica. La finca colinda con el Corredor Biológico San Juan-La Selva, una zona de gran importancia para la movilidad de la fauna. Gracias a la restauración del bosque, los animales pueden desplazarse de manera segura entre diferentes áreas protegidas, fortaleciendo la biodiversidad y asegurando su supervivencia (**Figura 3**).

Por medio del involucramiento de la comunidad en el proceso de restauración se busca consolidar un modelo de conservación basado en la participación



Figura 3. Monitoreo de cámaras trampa, finca La Gata, Horquetas, Sarapiquí.

comunitaria. Es decir, fomentar una cultura de conservación. Por lo que también se ha fortalecido la educación y sensibilización ambiental. Principalmente, se ha involucrado a estudiantes de distintos centros educativos de Horquetas de Sarapiquí, entre ellos: Colegio Ambientalista, Colegio Humanístico, Colegio Islas del Chirripó y Liceo Las Colonias.

Se ha realizado 3 jornadas de reforestación (2022, 2023 y 2024). En cada jornada ha participado entre 100 y 120 personas voluntarias que han sembrado entre 650 y 700 árboles. En total se han sembrado 2050 árboles con el apoyo de 320 personas voluntarias. En la última jornada de reforestación se registró la mayor cantidad de personas voluntarias, lo cual refleja un mayor compromiso y conciencia ambiental de parte de la comunidad. Posterior a las jornadas de siembra, varios colaboradores de la ASADA, Municipalidad de Sarapiquí

y estudiantes han regresado a la finca para garantizar el crecimiento adecuado de los árboles, realizando actividades como limpieza, control de maleza y seguimiento del estado de los árboles (**Figura 4**).

El voluntariado estudiantil ha sido un pilar clave en la ejecución del proyecto. Por medio de su participación, el estudiantado ha experimentado cómo la restauración contribuye a la protección del agua, la biodiversidad y el equilibrio ecológico. Además, esta iniciativa ha fortalecido la conexión entre la comunidad y su entorno natural, promoviendo una cultura de respeto y responsabilidad ambiental.

El proceso de educación y sensibilización ambiental no se ha limitado a la siembra de árboles. Se han realizado charlas, talleres y actividades en las que los estudiantes han aprendido sobre la importancia de los ecosistemas, el impacto de la deforestación y cómo pueden contribuir a



Figura 4. Campaña de siembra de árboles, Finca La Gata, Horquetas, Sarapiquí.

la conservación desde sus hogares y comunidades. La meta es que estos jóvenes se conviertan en agentes de cambio y multipliquen el mensaje de conservación.

El proyecto de restauración de la finca La Gata es un ejemplo de cómo la restauración ecológica puede generar beneficios a largo plazo para el ambiente y las comunidades locales. La ASADA Horquetas de Sarapiquí ha asumido un papel de liderazgo en la protección del recurso hídrico, demostrando que la conservación y el desarrollo pueden ir de la mano; y visibilizando que, con compromiso, planificación y trabajo en equipo, es posible revertir los efectos de la degradación ambiental y garantizar un futuro más sostenible para todos.

Este proyecto no solo está regenerando un ecosistema degradado, sino que también está sembrando una nueva

conciencia ambiental en las futuras generaciones. Cada árbol sembrado es un símbolo de esperanza y resiliencia. Cada voluntario, un agente de cambio. “Reforestar no solo significa sembrar árboles, sino sembrar esperanza para las generaciones futuras” (Figura 5).

Agradecimientos

Quiero agradecer profundamente a todas las personas e instituciones que han hecho posible este proyecto de restauración ecológica en la finca La Gata. Su apoyo, esfuerzo y compromiso han sido clave para devolverle vida a este espacio y proteger esta fuente de agua. Cada voluntario, estudiante y colaborador que ha puesto sus manos y su corazón en esta iniciativa, ¡gracias! Juntos estamos sembrando no solo árboles, sino un futuro más verde y sostenible para las próximas generaciones.



Figura 5. Tercera campaña de siembra de árboles, finca La Gata, Horquetas, Sarapiquí.



Coordinadora Regional del Programa Recurso Hídrico Área de Conservación Central, MINAE (fulvia.wohl@sinac.go.cr)

Restauración ecológica en la Zona Protectora El Chayote

Fulvia Wohl Jiménez
Bernardo Rodríguez Quirós



Consultor, Raíces (bernardo@raices.cr)



La Zona Protectora El Chayote (ZPEC), ubicada en los cantones de Naranjo y Zarceró, bajo la jurisdicción del Área de Conservación Central (ACC), es crucial para la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos hídricos. Este artículo menciona los resultados de la implementación de un proyecto de restauración ecológica en un sitio priorizado dentro de la ZPEC, destacando la importancia de restaurar la cobertura forestal para proteger los ecosistemas especialmente los asociados a los sistemas hídricos.

Con una extensión de 8.58 km², la ZPEC forma parte de un bloque de áreas silvestres protegidas como parques nacionales, reservas forestales y zonas protectoras. Esta área es especialmente relevante por su capacidad de recarga acuífera y protección de las nacientes de los ríos San Carlos, Barranca, Toro Amarillo y Grande de Tárcoles. Además, su topografía y la influencia de tres zonas de vida resultan en una rica diversidad biológica y de microclimas.

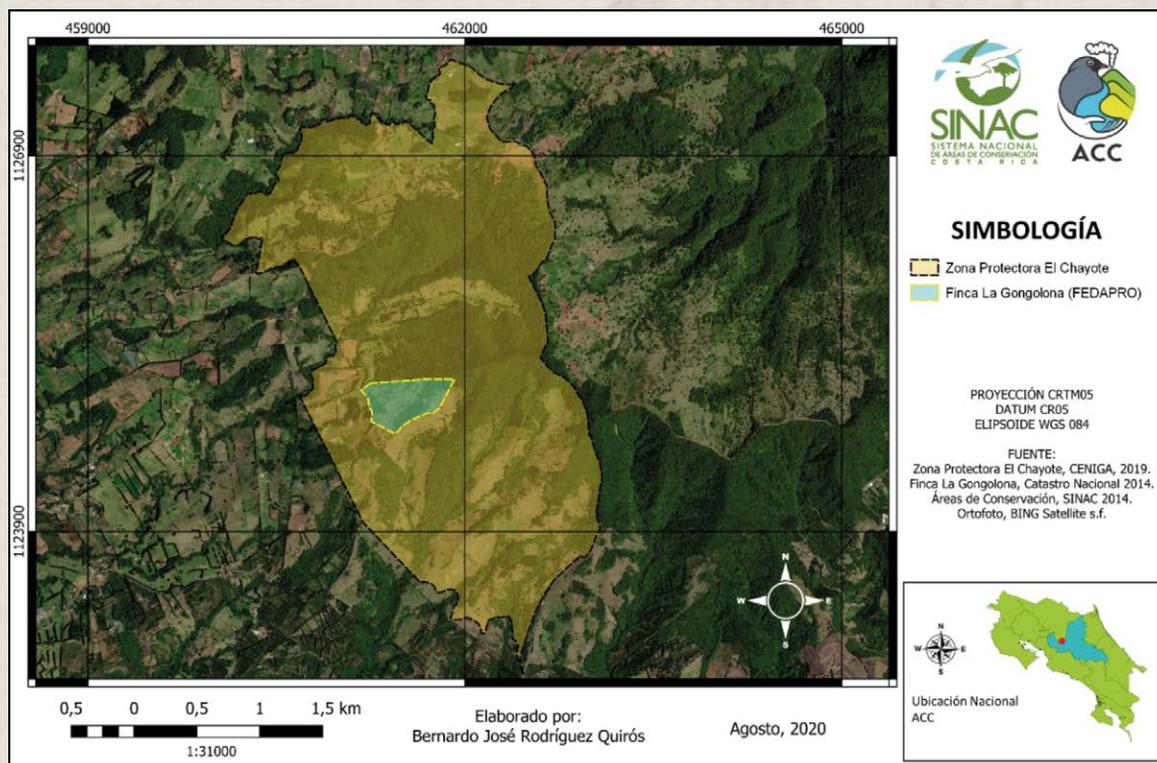


Figura 1. Delimitación La Zona Protectora El Chayote.

Desde un punto de vista legal, la ZPEC corresponde a una categoría de manejo establecida en el artículo 32 de la Ley Orgánica del Ambiente. De igual forma en el Reglamento a la Ley de Biodiversidad en su artículo 70, la define como un área destinada “a la regulación del régimen hidrológico, la protección del suelo y de las cuencas hidrográficas”.

La principal actividad productiva en la zona es la agricultura y la ganadería. El área se caracteriza por una pequeña proporción de terrenos privados y una mayor dominancia de predios sin información registral. Según el Plan General de Manejo de la Zona Protectora El Chayote y Zona Protectora Río Toro (SINAC,

2019) indica que el 61 % del área no tiene datos registrales, mientras que los terrenos privados representan el 39 %.

La ZPEC, aunque declarada por el Estado como área silvestre protegida, incluye terrenos que pertenecen a particulares. Estos terrenos no están sujetos a las limitaciones del régimen forestal simplemente por estar dentro de un Área Silvestre Protegida. La Ley Orgánica del Ambiente prevé el sometimiento voluntario de las tierras, ya que no se pueden imponer restricciones a la propiedad privada sin una indemnización o un acuerdo con los propietarios (Piedra y Rojas, 2011).

Ante el panorama de uso de la tierra en la Zona Protectora El Chayote, el ACC planteó desarrollar el proyecto denominado “Restauración ecológica y protección de las áreas de recarga acuifera de la finca de la Federación de Acueductos de la Zona Protectora El Chayote (FEDAPRO), dentro de la Zona Protectora El Chayote”. Este proyecto se desarrolló en conjunto con la empresa Raíses, bajo la dirección del Ing. Bernardo Rodríguez Quirós.

Es importante mencionar que la ZPEC es la única zona de carga que abastece de agua potable a las poblaciones de Naranjo, Zarcero y Sarchí. Además, es una zona de descarga con numerosas nacientes aprovechadas para consumo humano, industria, riego y actividades agropecuarias. La restauración ecológica en esta área es vital para la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos naturales en Costa Rica.

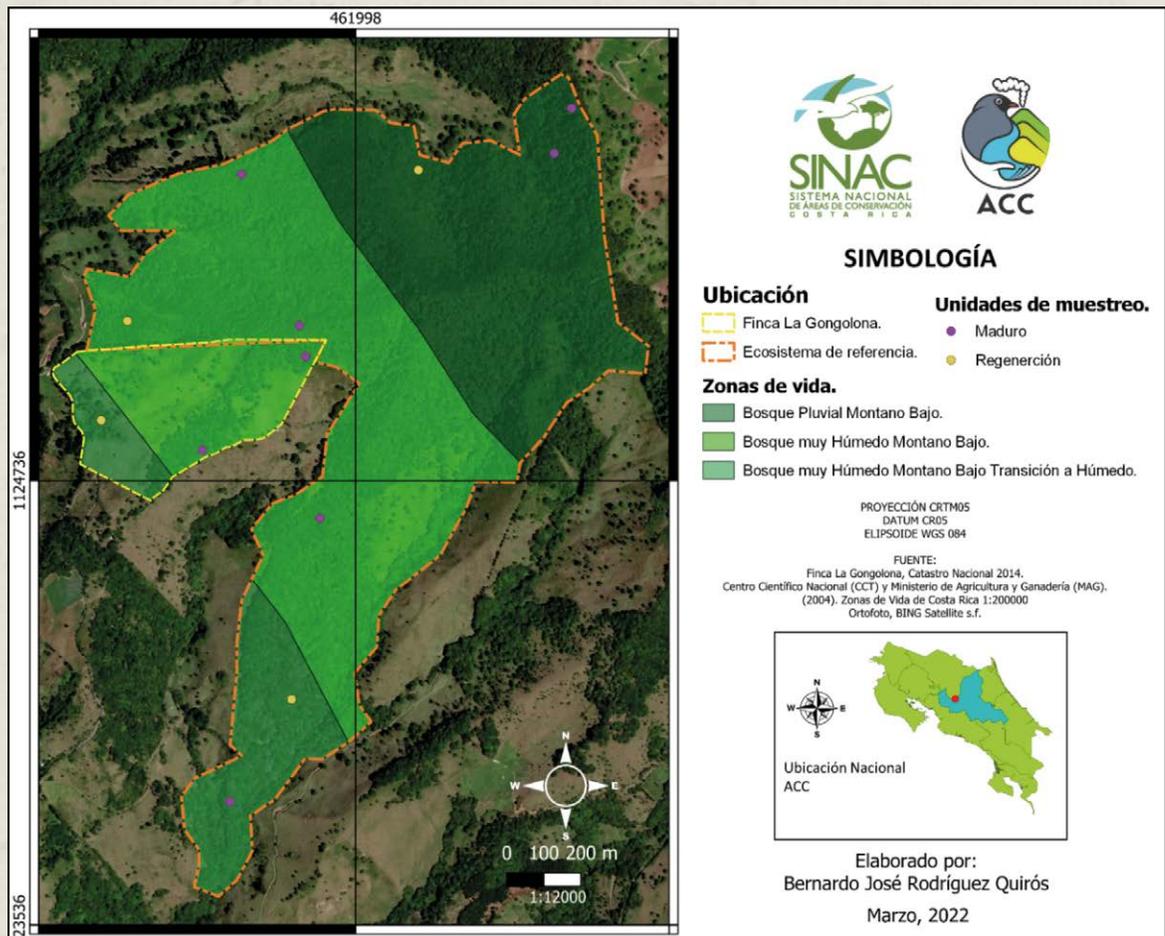


Figura 2. Inventario de estructura y composición en el área de estudio (finca La FEDAPRO y ecosistema de referencia), dividido por estratos y tipo de parcelas.

El objetivo del proyecto fue implementar acciones para fortalecer la cobertura forestal, mejorar la calidad del suelo, la biodiversidad, y proteger los cuerpos de agua. Además, busca aumentar la conciencia y participación de la comunidad en actividades de conservación por medio de una estrategia de participación comunitaria.

La primera etapa de la estrategia de restauración ecológica correspondió al diagnóstico del ecosistema. Para esto, se analizaron dos áreas: la finca FEDAPRO y el ecosistema de referencia (parche de bosque maduro dentro de la ZPEC).

En la finca FEDAPRO se utilizó la superficie total para realizar el diagnóstico. La finca fue estratificada en dos grandes áreas: las zonas con cobertura boscosa y las zonas de pastos arbolados. Para cada zona se determinó un tipo de muestreo; para la cobertura boscosa, se seleccionó un muestreo estratificado, aleatorio instalando un total de tres parcelas temporales circulares de 500 m² y para los pastos arbolados, se realizó un censo de los árboles asociados a regeneración natural.

En el ecosistema de referencia se utilizó el parche de bosque más cercano a la finca. El área del parche boscoso corresponde a 135.31 ha, la cual fue estratificada utilizando como criterio la zona de vida. Se seleccionó un muestreo estratificado, aleatorio, sin reemplazo. Se instalaron un total de nueve parcelas temporales, circulares de 500 m².

Las variables medidas en ambas áreas incluyeron la ubicación con GPS de árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP a 1.30 m) superior a 10 cm, identificación del género y especie de cada individuo, radio de la copa y el radio de la regeneración asociada a la unidad de muestreo (el árbol).

En una parcela por estrato se identificaron las especies de los individuos con un DAP superior a 5 cm e inferior a 10 cm, con el objetivo de conocer la composición de la regeneración según la zona de vida en el ecosistema de referencia.

Se identificaron todas las especies posibles en las unidades de muestreo y el censo de diagnóstico. Adicional se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) sumando la abundancia relativa, frecuencia y dominancia relativa. Además, se identificó el gremio ecológico y se consultaron los apéndices de CITES para determinar las especies amenazadas.

Para el análisis fisicoquímico del suelo se realizó un muestreo al azar estratificado. Se definieron cuatro unidades de muestreo en la finca de acuerdo con características topográficas y representatividad. En cada una de las parcelas se tomaron diez submuestras para conformar una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg. Las submuestras se tomaron a lo largo de un camino zigzag dentro de cada parcela.

El diagnóstico determina que las especies más importantes a nivel de ecosistema es *Quercus copeyensis*, reportando los mayores valores de abundancia

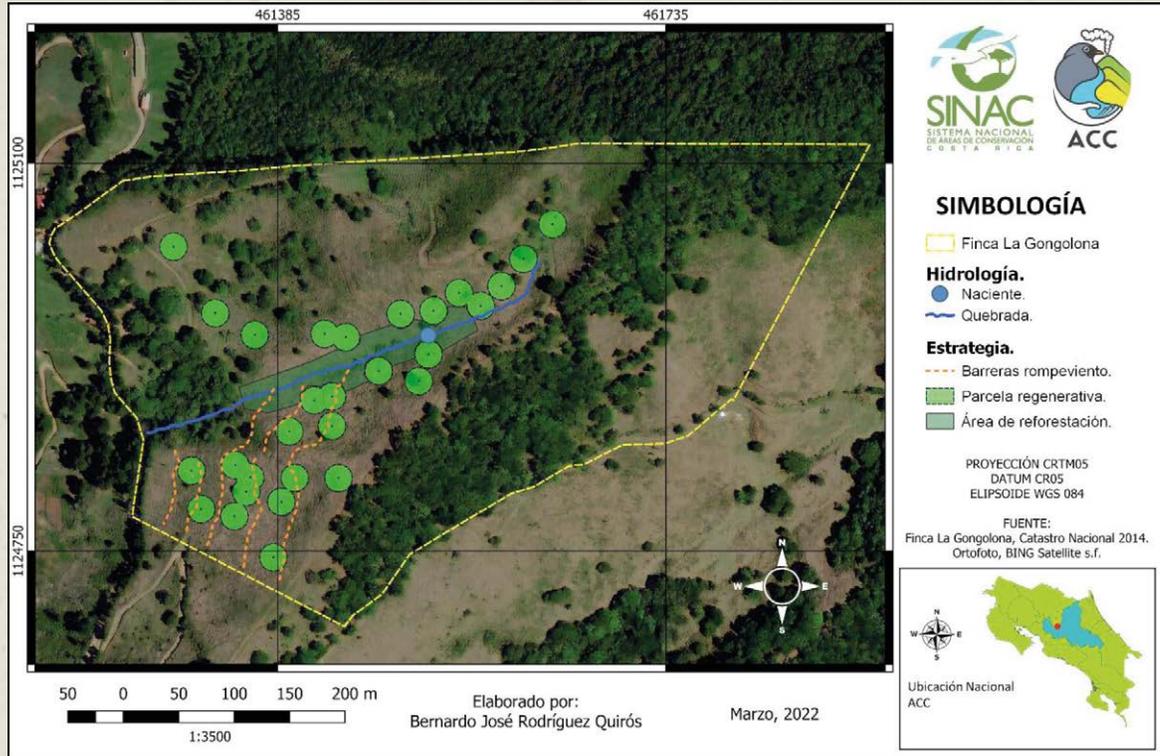


Figura 3. Diseño integrado de estrategia de intervención.

relativa (12.80 %) y dominancia relativa (25.16 %). Aunque es menos frecuente (3.85 %), su dominancia influye significativamente en la estructura del bosque. Otras especies importantes según IVI incluyen *Viburnum costaricanum*, *Myrsine coriacea*, *Drymis granadensis*, y *Roupa-la montana*. La única especie amenazada identificada en el ecosistema de referencia es *Cyathea sp.* (helecho arborecente), clasificada en el apéndice II.

Los suelos del área de estudio pertenecen al orden Andisoles, originados a partir de cenizas y materiales volcánicos. Estos suelos, comunes en las faldas de los volcanes del Valle Central, presentan alta productividad natural, alto contenido de

materia orgánica, y texturas medias. Sin embargo, las lluvias ácidas provocan pérdidas de nutrientes, aunque las cenizas volcánicas rejuvenecen y enriquecen los suelos constantemente.

Los suelos son bien estructurados, con buen drenaje y retención de humedad. Presentan baja densidad aparente y baja resistencia al corte tangencial, lo que facilita el arado con uso animal, aunque tienden a compactarse con maquinaria. En campo se corroboró la facilidad de manejo durante el muestreo y otras labores de ahoyado. Sin embargo, debido a su origen, topografía y uso intensivo, estos suelos sufren problemas de erosión por efecto del agua superficial, reduciendo su potencial.

La segunda etapa del proyecto se realiza a partir del análisis de los resultados obtenidos en el diagnóstico. En esta fase, se desarrolla la estrategia de intervención, donde se seleccionan los sitios prioritarios de intervención basados en la zonificación realizada durante el diagnóstico. En estos sitios, se integran técnicas de reforestación mediante la nucleación.

La técnica de nucleación, basada en Yarranton y Morrison (1974) y aplicada en Costa Rica por Holl *et al.* (2020), es una estrategia de bajo costo que optimiza recursos y facilita el mantenimiento y monitoreo post-intervención. Consiste en la reforestación en islas o parcelas para acelerar la regeneración natural mediante la creación de microhábitats que promueven la colonización de especies animales y vegetales. Esto densifica la cobertura vegetal y conecta núcleos cercanos y parches de bosque, reduciendo el tiempo de recuperación del bosque (Sanchún *et al.*, 2016).

Se diseñaron “parcelas regenerativas” circulares de 500 m², distribuidas aleatoriamente en la zona de intervención, con un total de 29 parcelas (1.45 ha). Cada parcela contiene 25 árboles dispuestos concéntricamente: uno en el centro, cuatro a 3.5 m, ocho a 7 m y doce a 10.5 m del centro.

Las parcelas se delimitaron con estacas de *Phyllostachys aurea* (caña brava) de 5 m de altura, colocadas en el centro y en cada punto cardinal. Estas estacas sirven como perchas para aves

y murciélagos, promoviendo la dispersión de semillas y acelerando la regeneración natural (Shiels y Walker, 2003; Sanchún *et al.*, 2016; Villate-Suárez y Cortés-Pérez, 2018).

Antes de la plantación, se llevó a cabo un control mecánico de *P. clandestinum* y *Cyathea sp.* utilizando motoguadanas, protegiendo plántulas e individuos de interés en regeneración dentro de las parcelas. Se estableció una zona de reforestación dentro del área de protección de la naciente, con un radio de 60 metros, y una franja paralela a la quebrada de 25 metros a ambos lados, abarcando un total de 0.6 hectáreas. Se empleó un sistema de siembra aleatorio (Ministerio de Ambiente y Energía, 2020). Las especies seleccionadas para la reforestación se basaron en el inventario forestal y el conocimiento local, priorizando aquellas pioneras y adaptables a condiciones adversas.

Para la regeneración y conformación del suelo se incorporaron alrededor de 14.5 metros cúbicos de sustrato natural a base de turba en una proporción de 0.5 m³ por parcela regenerativa para el mejoramiento de la fertilidad. Además, se incorporó cal dolomita en una proporción aproximada de 2 toneladas por hectárea para mejorar los niveles de acidez. Asimismo, se prepararon alrededor de 30 kg de microorganismos de montaña sólidos (MM) con el objetivo de ser aplicado de forma líquida durante el proceso de reforestación en la zona de intervención aplicado directamente a los hoyos y al árbol durante su siembra.

Se estableció un vivero temporal de 6 x 12 metros con riego por aspersión, donde se colectaron plántulas de 15 cm de altura para trasplante en bolsas de vivero. En total, se viverizaron 1.500 individuos. Además, se adquirieron 276 individuos de viveros privados y 175 del vivero de la Liga Cuenca, incluyendo especies como *Myrsine coriaceae*, *Citharexylum donnell-smithii*, *Cedrela tonduzii* y *Croton draco*. También se identificaron individuos en regeneración dentro de la finca para trasplante, priorizando especies como *Myrsine coriaceae*, *Viburnum costaricanum*, *Zanthoxylum melanostictum*, *Roupala montaña*, *Sapium glandulosum* y *Schefflera rodriguesiana*.

Para minimizar la afectación de los vientos alisios en las parcelas, se diseñó una siembra en contorno de *Tithonia diversifolia* (Botón de Oro). Se establecieron cinco líneas de siembra, a 30 metros de distancia entre ellas, desde el lindero sur hasta el sector de la naciente, abarcando un total de 720 metros. La densidad de siembra fue de tres plantas por metro lineal, con un total de 2 160 estacas de *T. diversifolia*. Estas barreras ayudan a controlar el agua de escorrentía, reducir la pérdida de suelo y mejorar su conservación. Además, *T. diversifolia* aporta nutrientes, especialmente fósforo, y atrae insectos benéficos, contribuyendo a la estabilización del ecosistema y el control biológico de plagas.

Para asegurar el éxito de la regeneración del sitio, se elaboró un protocolo de siembra para asegurar la supervivencia de

los individuos plantados, incluyendo pasos detallados para el ahoyado, aplicación de cal dolomita, hidrogel, materia orgánica, sustrato natural y manejo del suelo.

El proyecto de restauración ecológica en la Zona Protectora El Chayote ha demostrado ser una iniciativa exitosa y esencial para la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos hídricos. A través de la implementación de técnicas de nucleación, la creación de barreras rompeviento multifuncionales y la aplicación de enmiendas al suelo y microorganismos de montaña, se ha logrado mejorar la calidad del suelo, aumentar la cobertura vegetal y promover la regeneración natural.

La participación comunitaria ha sido fundamental, con la colaboración de asociaciones administradoras de los sistemas de acueductos y alcantarillados comunales (ASADAS), organizaciones locales y voluntarios, lo que ha permitido fortalecer la conciencia ambiental y fomentar la conservación activa. Los resultados obtenidos, como la plantación de 1 300 árboles y la intervención de 2 000 metros cuadrados, son un testimonio del impacto positivo de este proyecto.

Es esencial continuar con el monitoreo y la investigación científica para asegurar la sostenibilidad de los esfuerzos de rehabilitación y adaptarse a las necesidades cambiantes del ecosistema. La colaboración con entidades no gubernamentales y universidades será clave para desarrollar nuevas estrategias y mejorar la efectividad de las intervenciones.

Proyectos como este no solo contribuyen a la conservación ambiental, sino que también fortalece la resiliencia de las comunidades locales y promueve un ambiente sostenible para todos.

Referencias

- Quirós, R. (2021). Restauración ecológica y protección de las áreas de recarga acuífera de la finca de la Federación de Acueductos de la Zona Protectora El Chayote (FEDAPRO), dentro de la Zona Protectora El Chayote. San Jose. Costa Rica.
- Holl, K. D., Reid, J. L., Cole, R. J., Oviedo-Brenes, F., Rosales, J. A., & Zahawi, R. A. (2020). Applied nucleation facilitates tropical forest recovery: Lessons learned from a 15-year study. *Journal of Applied Ecology*, 57(12), 2316-2328. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13684>
- Ley 7554 de 1995. Ley Orgánica del Ambiente. 04 de octubre de 1995. Diario Oficial La Gaceta. No. 215 del 13 de noviembre de 1995.
- Ministerio de Ambiente y Energía [MINAE], 2020. *Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040*. San José, Costa Rica. https://da.go.cr/wp-content/uploads/2020/09/Politica-Nacional-de-Areas-de-Proteccion_2020-40.pdf
- Piedra, R. y Rojas, A. (2011). *Situación jurídica actual de la Zona Protectora El Chayote, a la luz del Decreto Ejecutivo No. 35151- MINAET del 04 de febrero del 2009*. Trabajo final de graduación. UCR Sede San Ramón, Alajuela.
- Sánchez Sibaja, G., Valle Hidalgo, D., Scorza Reggio, F., Feoli, S. y Artavia Castro, R. (2015). *Protocolo de Reforestación para la Rehabilitación y Mantenimiento en Áreas de Protección de la GAM*. Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Municipalidad de San José y Compañía Nacional de Fuerza y Luz.
- Sanchún, A., Botero, R., Morera, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C. y Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. UICN. <https://huelladelfuturo.cr/sites/default/files/2020-07/Restauracion-funcional-paisaje-rural.pdf>
- SINAC. (2019). Plan General de Manejo de la Zona Protectora El Chayote y Zona Protectora Río Toro. Área de Conservación Central (ACC), Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). <https://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACC/Zona%20Protectora%20El%20Chayote%20y%20Zona%20Protectora%20R%C3%ADo%20Toro.pdf>
- Shiels, A. B., & Walker, L. R. (2003). Bird perches increase forest seeds on Puerto Rican landslides. *Restoration Ecology*, 11(4), 457-465. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-100X.2003.rec0269.x>
- Villate-Suárez, C. A., & Cortés-Pérez, F. (2018). Las perchas para aves como estrategia de restauración en la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(164), 202-211.
- Yarranton, G. A., y Morrison, R. G. (1974). Spatial Dynamics of a Primary Succession: Nucleation. *Journal of Ecology*, 62(2), 417-428. <https://doi.org/10.2307/2258988>



Catedrático, Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA) y miembro de la Comisión de Seguimiento de la Estrategia Nacional REDD+

Créditos de carbono como complemento al negocio forestal

Sergio Molina-Murillo



En un contexto de creciente urgencia climática y presión internacional por alcanzar las metas del Acuerdo de París, los mercados de carbono han adquirido un papel estratégico en los esfuerzos por reducir emisiones. Sin embargo, su complejidad técnica, regulatoria y rápida evolución hacen que muchos enfrentemos incertidumbre sobre cómo participar en estos de manera exitosa. Este artículo busca ofrecer una visión breve y actualizada sobre el funcionamiento de los mercados de carbono (voluntario y regulado), con énfasis en el rol que estos pueden desempeñar como apoyo a los proyectos forestales. Como en todo tema complejo y en evolución, no se pretende ofrecer verdades absolutas, sino más bien compartir una opinión informada, construida a partir de la experiencia profesional, el trabajo académico y el diálogo con diversos actores del sector. Estas reflexiones se nutren de discusiones sostenidas en talleres sobre mercados de carbono, en el seno del Comité de Seguimiento de la Estrategia Nacional REDD+, en distintos espacios profesionales y en el marco de los cursos de economía forestal y ambiental. Se espera que esta contribución sume a los debates en curso y motive nuevas reflexiones colectivas.

Los mercados de carbono son una arquitectura climática en evolución. Técnicamente, son un instrumento económico que permiten reducir emisiones de gases de efecto invernadero donde resulta más barato hacerlo, asignando un valor al carbono y creando incentivos para la mitigación en múltiples sectores. Al facilitar que quienes tienen menores costos de reducción vendan créditos a quienes enfrentan costos más altos, se promueve una disminución global de emisiones de manera costo-efectiva para la sociedad, maximizando así el impacto climático por cada colón o dólar invertido. Por esta flexibilidad económica, son una herramienta complementaria clave dentro del conjunto de políticas para enfrentar el cambio climático.

Estos mercados permiten la compra-venta de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), conocidas como créditos de carbono, equivalentes a una tonelada de CO₂e evitada, reducida o removida. Aunque cada vez la interacción entre estos se hace más evidente y evolucionan hacia exigencias comunes de calidad, trazabilidad y transparencia, en general se clasifican en dos tipos principales: (i) *mercados regulados o de cumplimiento*, como el EU ETS (Unión Europea), el esquema nacional de China (CCEM), que por cierto recientemente se convirtió en el más grande del mundo en términos de volumen transado, el emergente programa CORSIA de la OACI

para mitigar emisiones de la aviación, o los mecanismos del Acuerdo de París incluido el *Paris Agreement Carbon Crediting Mechanism* o PACM como es conocido, visualizados en el Art. 6); (ii) *mercados voluntarios*, donde empresas y organizaciones compran créditos para compensar sus emisiones, más allá de lo exigido legalmente.

De acuerdo con diferentes informes, el mercado de carbono ha experimentado una contracción en volumen, pero una creciente exigencia en cuanto a la calidad de los créditos, la aplicación de los 10 *Core Carbon Principles* (CCPs) definidos por el Consejo de Integridad de los Mercados Voluntarios de Carbono (ICVCM, 2024) o la aplicación de nuevos requisitos legales y metodológicos en los créditos REDD+. En paralelo, actualmente se están consolidando nuevas regulaciones internacionales, regionales y nacionales (como sistemas emergentes en Chile, Colombia y Brasil, para mencionar algunos en la región), que requerirán alinearse con principios de integridad. Todo esto se da también, mientras cada país, incluyendo Costa Rica, desarrolla su propio enfoque para aplicar los “ajustes correspondientes” (*corresponding adjustments*) en el marco del Artículo 6 del Acuerdo de París, con el fin de evitar la doble contabilidad de las reducciones de emisiones que se cuentan para las metas nacionales —las NDC— y las transferidas internacionalmente por medio de los mercados internacionales.

A pesar de la rápida evolución de los mercados de carbono y su consecuente incertidumbre, numerosos análisis de organizaciones como el WRI o el mismo IPCC, coinciden en que sin una expansión masiva de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) —como la restauración forestal, la conservación de bosques, o los sistemas agroforestales— no será posible alcanzar la neutralidad de carbono a nivel global para 2050, siendo esto un elemento clave para la transición hacia una bioeconomía circular sostenible. Por ello, los créditos de carbono basados en naturaleza se perfilan como esenciales, tanto en el mercado voluntario como en los mecanismos del Art. 6 del Acuerdo de París. Estos créditos representan una de las formas más efectivas, escalables y costo-eficientes de absorber carbono y, simultáneamente, generan beneficios colaterales en biodiversidad, agua, seguridad alimentaria y medios de vida.

En un mercado que evoluciona rápidamente, no todos los créditos de carbono son iguales. El valor de un crédito dependerá de múltiples factores. Como se ha mencionado, destaca el cumplimiento con estándares ajustados a criterios de integridad; por ejemplo, con los ajustes al estándar Verra VM0048 que implica ajustes más conservadores a la línea base o un monitoreo, reporte y verificación (MRV) más estricto, posiblemente reducirá la oferta y presionará los precios hacia arriba. Otro elemento diferenciador, especialmente

para los créditos forestales, son los cobeneficios sociales y ambientales (biodiversidad, inclusión, derechos indígenas). Sin duda, elementos que garanticen la trazabilidad, adicionalidad y permanencia tendrán mayor valor, especialmente en un contexto político y regulatorio que así lo demanda.

Así como en otros mercados, los productos de mayor calidad y reputación (alta integridad) tendrán mayor valor, y probablemente serán los únicos aceptados en ciertos esquemas o por compradores exigentes. En el debate público y privado sobre los mercados de carbono, una de las preguntas más frecuentes —y a la vez más difíciles de responder— es: ¿cuál es un buen precio de un crédito de carbono? La respuesta corta es: depende, principalmente de factores de la oferta y la demanda, pero también de una multiplicidad de factores técnicos, comerciales y estratégicos.

Por tanto, esperar recibir un “precio promedio” del carbono es inapropiado. Como se indica, el valor depende de factores de oferta (costos, metodologías, escalabilidad, certificaciones) y demanda (regulaciones, presión de inversionistas, tipo de comprador, reputación). Como en otros mercados, hay nichos, diferenciación, y márgenes que dependen de la capacidad de posicionamiento, negociación y modelo de negocio. No hay un solo mercado de carbono, ni un solo tipo de proyecto (forestal, energía, residuos, etc.), ni un solo estándar (VCS-Verra, Gold-Standard, etc.), ni un solo registro (Verra,

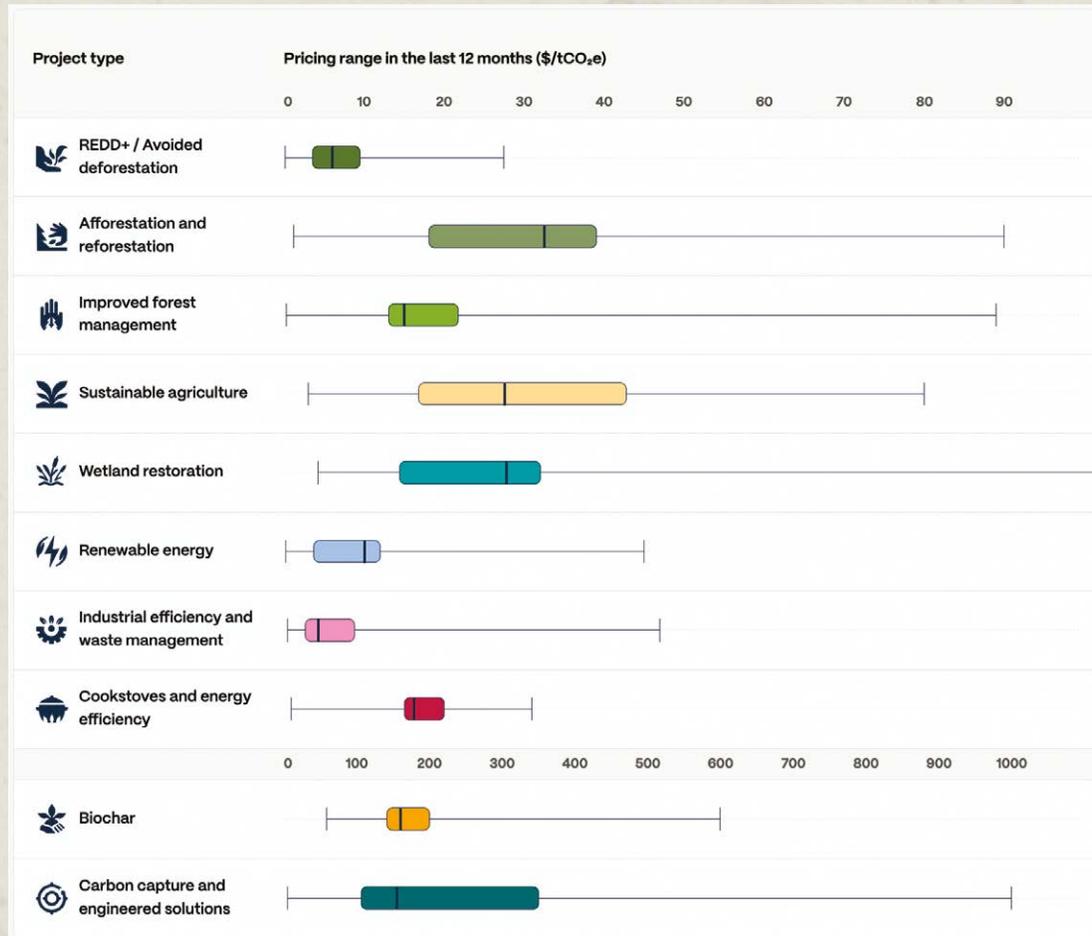


Figura 1. Precios promedio y rangos por tonelada de carbono equivalente al 2 de mayo 2025 para diferentes tipos de proyectos según transacciones registradas en los últimos 12 meses. Fuente: Abatable.

CAR, ACR) y por tanto, no hay un solo precio de referencia (**Figura 1**).

Para los oferentes del sector forestal —dueños de la tierra, organizaciones campesinas, ONG, empresas forestales, actores indígenas o mixtos— es esencial comprender que alcanzar un buen precio dependerá de varios elementos controlables y otros externos. Así como ocurre en mercados de café, madera o cacao, los créditos de carbono se diferencian según su origen, calidad,

co-beneficios y reputación. La trazabilidad, la participación comunitaria, la permanencia y el respeto a derechos humanos son cada vez más determinantes de valor.

Otro aspecto fundamental que debe tener en cuenta cualquier persona u organización que busque participar en los mercados de carbono, es que —incluso cuando se tiene derecho sobre el carbono— el precio final de un crédito no corresponde únicamente al beneficio directo que un productor

o dueño del terreno recibirá. Al igual que en otros mercados complejos, en el mercado de carbono interviene una cadena de actores, cada uno con un rol específico y con una expectativa de rentabilidad. Esto significa que el valor que paga un comprador final —una aerolínea, una empresa tecnológica o una multinacional agroalimentaria— se distribuye entre varios eslabones que forman parte del proceso de generación, certificación y comercialización del crédito.

En primer lugar, están los dueños de la tierra, quienes aportan el recurso base, ya sea mediante la conservación de bosques, la reforestación o sistemas agroforestales. Luego intervienen los desarrolladores de proyectos, que se encargan de diseñar, estructurar, financiar y dar seguimiento técnico a los proyectos para que cumplan con los estándares nacionales o internacionales. Posteriormente, participan los organismos validadores y verificadores (OVV) y las certificadoras, entidades independientes encargadas de garantizar que los resultados de captura

o reducción de carbono son reales, medibles y adicionales, cumpliendo protocolos nacionales o internacionales. A esto se suman los registros y plataformas de emisión, que dan trazabilidad a los créditos. En la fase de comercialización, aparecen los *brokers* o intermediarios, quienes conectan la oferta con la demanda internacional, asumen ciertos riesgos comerciales y cobran comisiones por su intermediación. Además, hay que considerar a los inversionistas o financiadores, que suelen adelantar recursos para la etapa inicial de los proyectos y esperan obtener un rendimiento futuro. Finalmente, en la parte técnica y estratégica, intervienen también consultores, auditores, abogados y plataformas digitales, que proveen análisis de riesgo, modelación financiera o soporte legal (Figura 2). Cada uno de estos actores incorpora valor, pero también reduce el margen neto del productor forestal. Por esta razón, resulta estratégico que los oferentes entiendan bien cómo se estructura esta cadena de

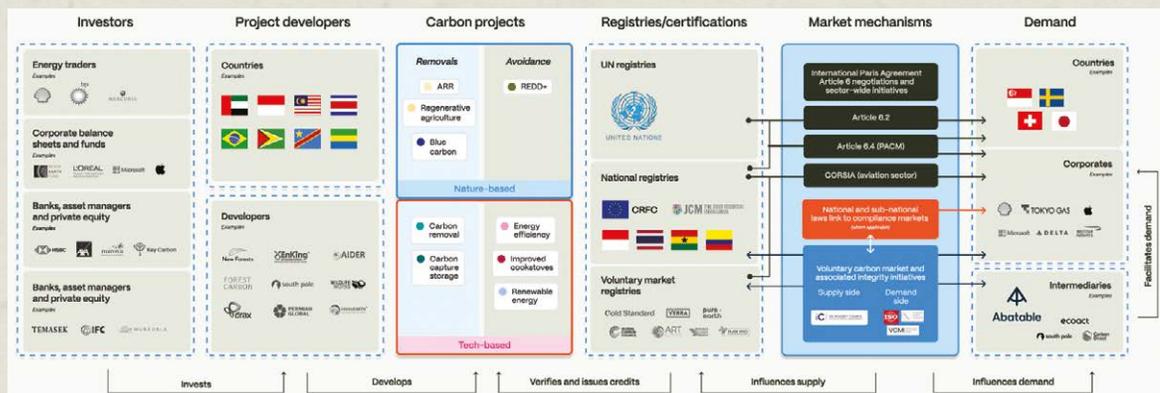


Figura 2. Ejemplo de esquema del ecosistema actual de los mercados de carbono y la interrelación entre sus diferentes actores. Fuente: Abatable (2025).

valor y exploren opciones para mejorar su posición dentro de ella, ya sea mediante asociaciones, alianzas estratégicas o esquemas más integrados de desarrollo y comercialización de créditos.

Un buen precio es el resultado de una estrategia bien estructurada, donde el actor forestal —ya sea una empresa, una organización comunitaria, una finca privada o una alianza público-privada— se prepara activamente para insertarse de forma competitiva en un entorno complejo y en evolución. En este mercado para negociar se requiere estar bien informado, bien posicionado, y bien acompañado.

Para ello, una primera condición es contar con un plan de negocio claro (Covell, 2011), que calcule los costos reales del proyecto (costo de oportunidad de la tierra, costos de transacción, establecimiento, monitoreo, certificación, gestión del carbono, entre otros), identifique los riesgos

financieros y proponga escenarios realistas de rentabilidad. Esto permite definir cuál es el mínimo necesario para asegurar la viabilidad del proyecto, y también detectar posibles márgenes de negociación con diferentes compradores. Tal y como el título de este artículo lo sugiere, los ingresos por venta de créditos de carbono es simplemente un complemento para la mejora de los flujos de caja del proyecto forestal (Cuadro 1); estos además pueden funcionar como una herramienta de mitigación de riesgo financiero al diversificar el portafolio de ingresos.

En segundo lugar, es fundamental trabajar en el posicionamiento estratégico del proyecto, lo que incluye no solo estar alineado con estándares reconocidos, sino también visibilizar los co-beneficios del proyecto: biodiversidad, resiliencia hídrica, inclusión de mujeres o pueblos indígenas, entre otros. Estos atributos pueden hacer la diferencia ante compradores

Cuadro 1. Resumen del aporte de los créditos de carbono por tipo de proyecto forestal.

Tipo de proyecto	Caracterización general	Contribución del carbono al ingreso total	Factores que influyen en la contribución	Referencias
REDD+	Proyectos de conservación forestal o de deforestación evitada.	50–90%	Alta dependencia del carbono; mínima cosecha de madera; prevalece el financiamiento de donantes y el apoyo gubernamental.	Grafton <i>et al.</i> (2021); KCUR (2025); Carbon Market Watch (2024).
Aforestación/ Reforestación (A/R)	Proyectos de aforestación o reforestación con especies exóticas o nativas.	20–50%	El carbono domina los ingresos iniciales; los ingresos por madera predominan; influyen los costos de certificación y de oportunidad de la tierra.	Pope & Munsell (2018); WBCSD (2023); World Bank (2024); PSU Extension (2024).
Manejo Forestal Sostenible (MFS)	Bosques manejados con aprovechamiento selectivo y verificación de carbono.	10–25%	Los ingresos por madera predominan; el carbono complementa; influyen los costos de certificación y de transacción.	Fastmarkets (2024); WBCSD (2023); World Bank (2024).

exigentes que buscan créditos con propósito. Acá tiene sentido aprovechar la marca país, nación respetuosa de los derechos humanos, con una larga tradición democrática y pionera en políticas ambientales.

Para pequeños proyectos o empresas forestales, que son comunes en nuestro país, es difícil enfrentar solos los costos y la complejidad técnica del mercado. Por eso, asociarse y participar en redes de apoyo es el tercer elemento estratégico clave. Existen organizaciones como FUNDECOR, CO-DEFORSA, cooperativas forestales y otros actores locales que han desarrollado capacidades técnicas, acceso a plataformas y experiencia. De igual forma, es fundamental involucrarse en espacios organizados por la Cámara Costarricense de la Madera y la Industria, la Oficina Nacional Forestal (ONF) y la academia (UNA, TEC, entre otros), que en articulación con instituciones del Estado como FONAFIFO, ofrecen plataformas de discusión, capacitación y acceso a conocimiento, financiamiento y alianzas estratégicas (**Figura 3**). Esto sucede al tiempo que se comparten experiencias concretas en el país, como la de BaumInvest, que ha logrado comercializar créditos de carbono en el mercado internacional, demostrando que es posible abrirse paso con una buena estrategia y el respaldo adecuado.

Para personas productoras o dueñas de bosque a pequeña o mediana escala, la participación en estos mercados puede parecer lejana o riesgosa. Es común que existan dudas, desconfianza ante

precios bajos, o experiencias negativas con condiciones poco claras. Sin embargo, es importante entender que los mercados de carbono no son exclusivos para grandes actores, y que existen formas de integrarse desde lo local, con reglas más justas y con acompañamiento técnico adecuado. Comprender cómo funciona la cadena de valor en donde se quiere participar, preguntar sin miedo, exigir contratos transparentes, y organizarse colectivamente, son pasos clave para proteger sus intereses y generar experiencias cada vez más exitosas.

Actualmente, Costa Rica discute el Proyecto de Ley Marco para la Comercialización de los Créditos de Fijación de Carbono (Exp. N.º 23291), una iniciativa que busca establecer las bases legales para estructurar un mercado nacional de carbono. Este proyecto podría representar una oportunidad para fortalecer la gobernanza, trazabilidad y participación multisectorial en el desarrollo de créditos de carbono. Sin embargo, también implica que los actores del sector deben estar atentos a su evolución y participar activamente en su



Figura 3. Taller sobre mercados de carbono organizado por la ONF en colaboración con la Cámara Forestal Madera e Industria, FONAFIFO, y la Universidad Nacional.

reglamentación, ya que su contenido definirá las reglas del juego para los proyectos nacionales y podría afectar directamente la viabilidad y estrategia de negocio de quienes buscan insertarse en estos mercados.

Capacitarse para entender mejor cómo funciona el mercado, anticipar escenarios regulatorios, asociarse estratégicamente y posicionarse con integridad y valor agregado serán elementos clave para acceder a mercados de carbono de una forma más ventajosa. Proyectos bien preparados serán fundamentales para afrontar la competencia con mayor probabilidad de éxito. Por ello, más que solo esperar un buen precio como una promesa del mercado, debemos construirlo activamente mediante estrategia, integridad y colaboración. A futuro, el país tiene la oportunidad de fortalecer su papel en los mercados de carbono mediante políticas públicas que impulsen la inclusión de nuevos reservorios o 'pools' de captura, como, por ejemplo, el carbono orgánico del suelo y la materia orgánica muerta. Este tipo de incursiones, representan un potencial para desarrollar proyectos forestales más integrales, con mayores beneficios climáticos, económicos y territoriales.

Referencias

- Abatable. (2025). Decoding the Voluntary Carbon Market in 2024 and Beyond. <https://abatable.com/reports/voluntary-carbon-market-overview-2024/>
- Carbon Market Watch. (2024). *Carbon Markets 101: The ultimate guide to market-based climate mechanisms*. <https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2024/06/101-report-layout-carbon-markets-230224.pdf>
- Covell, P. (2011). Business Guidance: Forest Carbon Marketing and Finance. In Building Forest Carbon Projects, Johannes Ebeling and Jacob Olander (eds.). Washington, DC: Forest Trends
- Fastmarkets. (2024). *Resilient Growth in US Forest Carbon Markets*. <https://www.fastmarkets.com/insights/resilient-growth-in-us-forest-carbon-markets>
- Grafton, Q.; Chu, H. y Bonnis, G. (2021). A global analysis of the cost-efficiency of forest carbon sequestration. OECD Environmental Working Paper No. 185, <https://dx.doi.org/10.1787/e4d45973-en>
- Integrity Council for the Voluntary Carbon Market [ICVCM]. (2024). Core Carbon Principles, Assessment Framework and Assessment Procedure (Versión 2). <https://icvcm.org/wp-content/uploads/2024/02/CCP-Book-V2-FINAL-6Feb24-compressed.pdf>
- KCUR. (2025, febrero 10). *Forest carbon credits seen as 'tool in the toolbox' in effort to curb climate change*. <https://www.kcur.org/news/2025-02-10/forest-carbon-credits-curb-climate-change>
- Penn State Extension. (2024). *How much should I be paid to manage forest carbon? Resources for family forest owners*. <https://extension.psu.edu/resources-for-family-forest-owners-carbon-markets-and-climate-smart-forestry>
- Pope, E. C. D., & Munsell, J. F. (2018). *Small-scale forestry and carbon offset markets: An empirical study of Vermont current use forest landowners*. *PLOS ONE*, 13(8), e0201967. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201967>
- World Bank. (2024). *State and Trends of Carbon Pricing 2024*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099081624122529330/pdf/P50228315fd8d1050186341ea02e1c107bc.pdf>
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). [2023]. *A Buyer's Guide to Natural Climate Solutions Carbon Credits*. <https://www.wbcsd.org/wp-content/uploads/2023/09/WBCSD-Buyers-Guide-NCS-Layout-v17-FINAL.pdf>



Investigador, Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional (UNA) (victor.meza.picado@una.ac.cr)

Exploración de un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales en Costa Rica: resultados y propuestas del taller especializado

Víctor Meza
Ana Lupi



Investigadora, Instituto de Suelos, INTA-Argentina (lupi.ana@inta.gob.ar)

El carbono orgánico del suelo (COS) desempeña un papel clave en la mitigación del cambio climático, ya que los suelos representan una de las mayores reservas de carbono terrestre (Lal, 2004). En Costa Rica, país reconocido por su liderazgo en conservación y sostenibilidad, la implementación de un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales surge como una alternativa viable para fortalecer la resiliencia climática y generar incentivos económicos en el sector forestal (FONAFIFO, 2022). No obstante, la viabilidad de estos proyectos enfrenta desafíos técnicos, financieros e institucionales que deben ser abordados para garantizar su éxito.

En este artículo se presenta un análisis de los principales resultados del taller “*Posibilidades para un proyecto de créditos de carbono del suelo en plantaciones forestales en Costa Rica*” (Figura 1), organizado por el Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) de la Universidad Nacional (UNA), en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina



Figura 1. Participantes al taller: Posibilidades para un proyecto de créditos de carbono del suelo en plantaciones forestales en Costa Rica. 24 de marzo de 2025. Heredia.

(INTA) y con el apoyo de la Cooperación al Desarrollo del Gran Ducado de Luxemburgo (LuxDev) (UNA Comunica, 2025).

La metodología del taller incluyó mesas de trabajo con la participación de más de 30 expertos del sector forestal, académico, gubernamental y privado. Estas sesiones permitieron identificar fortalezas, desafíos y oportunidades para la implementación de un mercado de carbono enfocado en la captura y conservación del COS.

Uno de los puntos destacados fue la importancia de aprovechar la experiencia del sector agrícola en mercados de carbono del suelo. Programas como la recarbonización de suelos agrícolas han sido fundamentales para incrementar la cobertura boscosa y mejorar la calidad del suelo en Costa Rica (PNUD, 2021). Estas iniciativas pueden servir como referencia para el diseño de proyectos similares en el sector forestal.

Costa Rica ha sido pionera en políticas ambientales innovadoras, como el

Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA), que ha incentivado la conservación y reforestación en el país. La inclusión del carbono del suelo en estos esquemas representa una oportunidad para diversificar y ampliar las fuentes de financiamiento para la conservación

(Banco Mundial, 2022). Además, iniciativas como RECSOIL han demostrado el potencial de la recarbonización de suelos en sistemas productivos, involucrando a actores clave como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), FONAFIFO, INTA y otros (Ureña, 2024).

Las iniciativas de recarbonización del suelo en el sector agrícola pueden servir de modelo para los créditos de carbono en suelos forestales. Ureña (2024) documentó que el monitoreo del COS en fincas ganaderas y cafetaleras de Costa Rica ha seguido protocolos rigurosos durante cuatro años con el respaldo de organismos internacionales. En particular, el programa GANBOS ha demostrado ser un modelo viable de financiamiento y gestión del carbono en suelos ganaderos, con un fondo de \$20 millones destinado a la adopción de prácticas sostenibles como el pastoreo racional intensivo y los sistemas silvopastoriles.

Estos esquemas pueden servir como base para diseñar proyectos en el sector forestal, adaptando estrategias de

monitoreo y financiamiento a la realidad de las plantaciones forestales. La integración con mercados voluntarios de carbono y la exploración de esquemas de pago por servicios ecosistémicos representan oportunidades clave para fortalecer la viabilidad económica de estos proyectos.

Uno de los principios fundamentales en la generación de créditos de carbono es la *adicionalidad*, que implica demostrar que el secuestro de carbono en suelos forestales no ocurriría sin el incentivo del mercado de carbono. Este requisito representa un desafío, ya que en muchas áreas de Costa Rica existen prácticas de manejo sostenible que dificultan la diferenciación entre el almacenamiento de carbono espontáneo y el generado por intervenciones adicionales.

Para abordar esta problemática, se han propuesto metodologías que reducen el período de contabilidad de emisiones base de 10 a 5 años, lo que facilita la recopilación de datos históricos y la incorporación de nuevos proyectos (Australian Government Clean Energy Regulator, 2021). No obstante, sigue siendo crucial el desarrollo de modelos robustos y metodologías precisas para evaluar la efectividad de las prácticas implementadas, asegurando la credibilidad de los créditos generados en los mercados internacionales.

Costa Rica cuenta con experiencia previa en mecanismos de compensación ambiental, como el programa REDD+, que ha permitido desarrollar marcos metodológicos y normativos aplicables a

la medición del carbono en suelos. Esta trayectoria coloca al país en una posición favorable para captar financiamiento internacional y acceder a mercados voluntarios de carbono, donde existe una creciente demanda por proyectos que garanticen co-beneficios ambientales y sociales (World Bank, 2022).

A pesar de estas oportunidades, persisten desafíos estructurales y financieros que limitan la implementación de estos esquemas. Uno de los principales obstáculos identificados es la dependencia de FONAFIFO como comprador exclusivo de créditos de carbono, lo que restringe la competitividad del mercado y desincentiva la participación de actores privados. Además, la falta de conocimiento sobre procesos de certificación y los altos costos iniciales de implementación dificultan el acceso de pequeños y medianos productores forestales a estos mercados (Meza y Lupi, 2025).

Durante el taller se formularon varias recomendaciones clave para avanzar en la implementación de un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales (Figura 2). Para avanzar en la implementación de un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales en Costa Rica, es fundamental fortalecer la investigación y el desarrollo. El estudio detallado de la dinámica del COS bajo distintas condiciones y prácticas de manejo permitirá diseñar estrategias más efectivas para su conservación y aprovechamiento. En

Recomendaciones

1. **Investigación y desarrollo:** Fomentar estudios que profundicen en la dinámica del COS en diferentes tipos de suelos y prácticas de manejo forestal en Costa Rica.

2. **Alianzas estratégicas:** Establecer colaboraciones entre el sector público, privado, académico y organizaciones no gubernamentales para compartir conocimientos y recursos.

3. **Sensibilización y educación:** Implementar campañas dirigidas a productores y al público en general sobre la importancia del carbono en suelos de plantaciones forestales y las oportunidades asociadas a su conservación.

4. **Proyectos piloto y escalabilidad:** Iniciar iniciativas piloto que permitan evaluar la viabilidad técnica y económica de estos proyectos, con miras a su escalabilidad a nivel nacional.

Figura 2. Recomendaciones para avanzar en la implementación de un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales. Heredia, Costa Rica.

este sentido, es recomendable que las investigaciones incluyan variables como la variabilidad climática, los tipos de suelo, el cambio climático y la influencia de las especies forestales utilizadas. Además, contar con datos científicos sólidos facilitará la toma de decisiones y mejorará la credibilidad del mercado de carbono, atrayendo a inversionistas y actores interesados.

El establecimiento de alianzas estratégicas entre el sector público, privado, académico y organizaciones no gubernamentales representa una herramienta clave para garantizar el éxito de estos proyectos. La cooperación interinstitucional permitirá compartir conocimientos, experiencias y recursos, optimizando así el desarrollo y ejecución de las iniciativas. Es importante que estas alianzas no solo se enfoquen en la parte técnica, sino

que también aborden aspectos financieros y normativos para facilitar la operatividad del mercado. Además, promover la colaboración con organismos internacionales puede brindar acceso a financiamiento, nuevas metodologías y mejores prácticas implementadas en otros países.

La sensibilización y educación sobre la importancia del carbono en suelos y las

oportunidades que ofrece su conservación juegan un papel esencial en la aceptación y adopción del mercado de créditos de carbono. Es necesario desarrollar campañas dirigidas tanto a productores como al público en general, destacando los beneficios ambientales y económicos de estas iniciativas. Capacitar a los productores en temas como certificación, monitoreo y comercialización de créditos de carbono contribuirá a una participación más efectiva en el mercado. Asimismo, una mayor conciencia pública fomentará el respaldo social y político necesario para consolidar estas iniciativas a largo plazo.

El desarrollo de proyectos piloto permitirá evaluar la viabilidad técnica y económica del mercado de carbono en suelos forestales antes de su implementación a gran escala. Estas iniciativas servirán como laboratorios de prueba para identificar

desafíos y oportunidades, así como para ajustar metodologías y estrategias. Es fundamental que estos proyectos sean diseñados de manera representativa, considerando distintos tipos de suelos y condiciones geográficas del país. Una vez validados los modelos de éxito, la escalabilidad de estos proyectos a nivel nacional garantizará un impacto más amplio y sostenible.

El plan de acción propuesto para desarrollar un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales aborda de manera integral los principales desafíos y oportunidades en este ámbito (Figura 3). Un aspecto clave es la diversificación de mercados y fuentes de financiamiento, ya que actualmente existe una fuerte dependencia de FONAFIFO. Explorar mercados internacionales y establecer alianzas con el sector privado y organismos internacionales representa una estrategia acertada para ampliar las oportunidades de financiamiento. Sin embargo, es fundamental que estos mercados sean accesibles y con reglas claras, evitando la especulación y asegurando que los productores forestales costarricenses obtengan precios justos por sus créditos de carbono.

El fortalecimiento de capacidades y asistencia técnica es otro elemento central para el éxito de esta

iniciativa. Capacitar a los productores sobre los procesos de certificación, monitoreo y beneficios del mercado de carbono les permitirá participar de manera más efectiva. Además, proporcionar asistencia técnica en la implementación de prácticas de manejo sostenible favorecerá el aumento del COS, generando tanto beneficios ambientales como económicos. Para garantizar una mayor inclusión, es recomendable que los programas de formación sean accesibles a pequeños productores y comunidades locales.

Plan de acción

1. **Diversificación de mercados y fuentes de financiamiento:** Explorar y establecer conexiones con mercados internacionales de carbono, reduciendo la dependencia de FONAFIFO. Buscar alianzas con el sector privado y organizaciones internacionales interesadas en invertir en proyectos de carbono en suelos forestales.
2. **Fortalecimiento de capacidades y asistencia técnica:** Desarrollar programas de capacitación dirigidos a productores sobre procesos de certificación, monitoreo y beneficios de los créditos de carbono. Proporcionar asistencia técnica para la implementación de prácticas de manejo sostenible que aumenten el COS.
3. **Acceso a financiamiento inicial:** Crear mecanismos financieros, como fondos de garantía o créditos blandos, para cubrir los costos iniciales de implementación y certificación. Gestionar recursos de cooperación internacional destinados a proyectos de mitigación del cambio climático.
4. **Desarrollo y adaptación de metodologías:** Adaptar y validar metodologías internacionales para la cuantificación y monitoreo del COS, considerando las particularidades de los ecosistemas costarricenses. Implementar sistemas de monitoreo, reporte y verificación (MRV) eficientes y accesibles.
5. **Fortalecimiento de la gobernanza y marco normativo:** Reactivar y fortalecer la Junta de Carbono para coordinar acciones y políticas relacionadas con los créditos de carbono en suelos. Desarrollar y aprobar normativas específicas que regulen el mercado de carbono en suelos forestales, garantizando transparencia y credibilidad.
6. **Promoción de sinergias y colaboración interinstitucional:** Fomentar la colaboración entre instituciones gubernamentales, academia, sector privado y organizaciones no gubernamentales para compartir conocimientos y recursos. Integrar los proyectos de carbono en suelos con otras iniciativas nacionales de conservación y desarrollo sostenible.

Figura 3. El plan de acción propuesto para desarrollar un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales en Costa Rica. Heredia.

Uno de los principales obstáculos para la adopción del mercado de carbono es el alto costo inicial de implementación y certificación. En este sentido, la creación de mecanismos financieros, como fondos de garantía y créditos blandos, resulta una solución viable para superar esta barrera. Asimismo, gestionar recursos de cooperación internacional destinados a proyectos de mitigación del cambio climático puede proporcionar un respaldo económico significativo. No obstante, es crucial diseñar sistemas eficientes de distribución de estos fondos para evitar burocracia excesiva y garantizar una asignación equitativa.

Para que el mercado de carbono en suelos forestales sea transparente y creíble, es necesario desarrollar y adaptar metodologías de cuantificación y monitoreo del COS que se ajusten a la realidad costarricense. La implementación de sistemas de monitoreo, reporte y verificación (MRV) eficientes facilitará el seguimiento del impacto de las iniciativas y fortalecerá la confianza en el mercado. Es recomendable que estos sistemas sean accesibles y aprovechen tecnologías innovadoras, como imágenes satelitales y sensores remotos, para reducir costos y mejorar la precisión del monitoreo.

Otro pilar fundamental es el fortalecimiento de la gobernanza y el marco normativo. La reactivación de la Junta de Carbono permitirá coordinar acciones estratégicas y fomentar la articulación entre distintos actores. Además, el desarrollo y aprobación de normativas específicas contribuirán a garantizar la

transparencia y credibilidad del mercado, evitando riesgos como el “*greenwashing*” o prácticas poco éticas. Es importante que estas regulaciones sean diseñadas con la participación de todos los sectores involucrados, asegurando un equilibrio entre flexibilidad y rigor normativo.

Finalmente, la promoción de sinergias y la colaboración interinstitucional son aspectos clave para consolidar el mercado de carbono en suelos forestales. La cooperación entre instituciones gubernamentales, la academia, el sector privado y organizaciones no gubernamentales permitirá compartir conocimientos, recursos y mejores prácticas. Integrar estos proyectos con otras iniciativas nacionales de conservación y desarrollo sostenible maximizará su impacto y contribuirá a una gestión ambiental más efectiva. Para ello, se recomienda la creación de plataformas de trabajo conjunto y mecanismos de gobernanza participativa que faciliten la toma de decisiones de manera coordinada.

La exploración de un mercado de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales representa una oportunidad significativa para contribuir a la mitigación del cambio climático y promover prácticas de manejo sostenible del suelo. No obstante, su implementación requiere superar desafíos relacionados con la medición precisa del carbono del suelo, la adicionalidad, la estructuración de esquemas financieros accesibles y el desarrollo de un marco regulatorio adecuado.

Para avanzar en esta dirección, es fundamental apostar por una estrategia

basada en tres pilares: el fortalecimiento de capacidades técnicas, la innovación en mecanismos de pago y el desarrollo de un marco regulatorio flexible. La colaboración entre instituciones públicas, el sector privado, la academia y las comunidades locales será clave para aprovechar el potencial del carbono en suelos forestales y fortalecer la resiliencia ambiental y económica del país.

Aclaración

Siendo esta una revista de divulgación, se aclara que este artículo presenta la síntesis de los principales hallazgos del taller nacional sobre créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales realizado en marzo de 2025, enfocado hacia una audiencia general. Un análisis más detallado, incluyendo la propuesta metodológica y la hoja de ruta técnica, se encuentra en proceso editorial de una publicación científica complementaria.

Referencias

- Australian Government Clean Energy Regulator. (2021). Understanding your soil carbon project - Simple method guide. <https://www.cleanenergyregulator.gov.au/ERF/Choosing-a-project-type/Opportunities-for-the-land-sector/Agricultural-methods/estimating-soil-organic-carbon-sequestration-using-measurement-and-models-method>
- Banco Mundial. (2022). Estado del Programa de Pago por Servicios Ambientales en Costa Rica. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal.
- FONAFIFO. (2022). Estado del Programa de Pago por Servicios Ambientales en Costa Rica. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal.
- Meza, V; Lupi, A. (2025). Memoria del taller exploratorio las oportunidades, desafíos y viabilidad de desarrollar un proyecto de créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales en Costa Rica. Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional de Costa Rica.
- IPCC. (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- MINAE. (2017). Estrategia Nacional REDD+ Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica.
- PNUD. (2021). Opciones de financiamiento para proyectos de carbono en suelos en América Latina. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Smith, P., Soussana, J. F., Angers, D., Schipper, L., Chen, C., Rasse, D. P., Batjes, N. H., van Egmond, F., McNeill, S., Kuhnert, M., Arias-Navarro, C., Olesen, J. E., Chirinda, N., Fornara, D., Wollenberg, E., Álvaro-Fuentes, J., Sanz-Cobena, A., & Klumpp, K. (2020). How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology*, 26(1), 219–241. <https://doi.org/10.1111/gcb.14815>
- UNA Comunica. (2025). Costa Rica avanza en la creación de un esquema para créditos de carbono en suelos forestales. Universidad Nacional de Costa Rica. Disponible en: <https://www.unacomunica.una.ac.cr/index.php/abril-2025/5995-costa-rica-avanza-en-la-creacion-de-un-esquema-para-creditos-de-carbono-en-suelos-forestales>
- UNA Comunica. (2025). Costa Rica explorará el potencial de los créditos de carbono en suelos de plantaciones forestales. Universidad Nacional de Costa Rica. Disponible en: <https://www.unacomunica.una.ac.cr/index.php/marzo-2025/5947-costa-rica-explorara-el-potencial-de-los-creditos-de-carbono-en-suelos-de-plantaciones-forestales>
- Ureña, A. (2024, 27 de febrero). Primeros resultados de prueba de campo de protocolos recarbonización de suelos en fincas ganaderas y cafetaleras de Costa Rica. Barrio Tournón, San José.



Investigadora del IRET-UNA (jennifer.crowe@una.cr)



Académico del CIEMHCAVI-UNA (daniel.rojas.valverde@una.cr)



Investigador del IRET-UNA (Keneth.masis.leandro@una.cr)



Investigador del IRET-UNA (douglas.barraza.ruiz@una.ac.cr)



Académico del CIEMHCAVI-UNA (jose.ugalde.ramirez@una.cr)



Académico del CIEMHCAVI-UNA (randall.gutierrez.vargas@unaalex.cr)



Estudiante de la Escuela de Ciencias Ambientales UNA (alecasanova98@gmail.com)



Estudiante de la Maestría en Salud Ocupacional UNA-TEC (maricruz.chavarria@gmail.com)



Estudiante de la Maestría en Salud Ocupacional UNA-TEC (fsolano@utn.ac.cr)



Investigadora del IRET-UNA (berendina.vanwendel.dejood@una.ac.cr)

Calor y cambio climático: una matriz de exposición ocupacional a estrés térmico por calor en Costa Rica

Jennifer Crowe
Daniel Rojas-Valverde
Keneth Masis Leandro
Douglas Barraza
José Alexis Ugalde Ramírez
Randall Gutiérrez Vargas
Alexandra Casanova Quiroz
Maricruz Chavarria Castrillo
Fidelia Solano Gutiérrez
Berna van Wendel de Joode



La exposición laboral al calor representa riesgos para las personas trabajadoras y atletas, que pueden tener consecuencias relativamente leves como agotamiento, desmayo y calambres; o en algunas ocasiones potencialmente graves como la muerte relacionada con un golpe de calor o el desarrollo de la enfermedad renal crónica no tradicional. Costa Rica ha realizado esfuerzos importantes para mitigar estos riesgos mediante la implementación del *Reglamento para la Prevención y Protección de las Personas Trabajadoras Expuestas a Estrés Térmico por Calor (Decreto 39147-S-TSS, 2015)*. Este reglamento clasifica las distintas zonas geográficas del país según el índice de calor y los niveles de riesgo, permitiendo identificar las áreas donde los trabajadores requieren protecciones específicas.

El presente trabajo propone una matriz de riesgo diseñada para comparar la exposición acumulada (crónica) al calor en diferentes tipos de empleo y regiones geográficas de Costa Rica, considerando tanto las condiciones actuales como escenarios de cambio climático utilizando cuatro parámetros clave: duración, carga metabólica, frecuencia y severidad de

la exposición. Esta matriz se aplicó a seis ocupaciones en dos zonas climáticas (Valle Central y Pacífico Norte). Los resultados indican que los trabajadores en el Pacífico Norte están más expuestos que los del Valle Central y que de los puestos evaluados, los cortadores de caña en Carrillo y peones en arroceras de Bagaces, enfrentan los mayores niveles de riesgo térmico. Proyecciones basadas en aumentos de temperatura entre 1 y 4 °C muestran cómo incrementará el riesgo, afectando más meses del año y más ocupaciones. Esta herramienta epidemiológica permite priorizar sectores y regiones para intervenciones de salud pública y adaptación al cambio climático, subrayando la necesidad de políticas preventivas que consideren la vulnerabilidad específica de la población trabajadora.

El riesgo de calor para un ser humano resulta de la combinación de dos factores principales: 1) la carga ambiental, que depende principalmente en la temperatura y la humedad con influencia de la radiación solar y el viento y 2) la carga metabólica, también conocida como la carga física, generada por la actividad muscular y, en menor grado, procesos metabólicos (p.ej., termorregulación) con influencia de factores individuales como la ropa utilizada, la condición física y medicamentos tomados.

Cuando la carga térmica generada por estos dos factores sobrepasa la capacidad del cuerpo de mantener una temperatura basal normal de aproximadamente 37 °C el cuerpo está en una condición de “estrés térmico”, el cual puede provocar

efectos negativos en la salud (Cramer & Jay, 2016). Los efectos pueden ser relativamente leves, como calambres o boca seca; moderados, por ejemplo, dolor de cabeza o agotamiento; o más serios como la insolación o el desmayo. En el peor de los casos, la persona puede sufrir condiciones graves o letales como la rabdomiólisis, un golpe de calor. La rabdomiólisis es una condición donde el calor en combinación con ejercicio intenso puede dañar el músculo, resultando en la liberación de proteínas y otras sustancias que pueden perjudicar a los órganos (Tietze & Borchers, 2014). El golpe de calor, es una emergencia médica que resulta cuando la temperatura interna del cuerpo alcanza o excede los 40°C, provocando daño a los órganos y, en algunos casos, la muerte (Bouchama *et al.*, 2022; Peiris *et al.*, 2017).

La exposición a calor ha recibido más atención en años recientes debido al incremento de las olas de calor en América del Norte, Europa y Australia, las cuales se han convertido en un problema de salud pública importante (D’Ippoliti *et al.*, 2010). Al igual que otros riesgos de salud pública, la exposición a calor afecta de forma desproporcional a poblaciones en condiciones de vulnerabilidad como los adultos mayores, personas con condiciones crónicas, en condición sin casa o en condición de pobreza. Sin embargo, diferente a otros riesgos, la exposición a calor también afecta de forma desproporcional a una población que normalmente no se clasifica como vulnerable: personas trabajadoras (Rameezdeen & Elmualim,

2017; Varghese *et al.*, 2019). Por ejemplo, investigaciones han documentado que la exposición a calor está asociada con las incapacidades laborales (Xiang *et al.*, 2014) y con el aumento en lesiones ocupacionales (Binazzi *et al.*, 2019). La exposición laboral a calor también puede traer efectos nocivos a largo plazo. Por ejemplo, un estudio realizado en personas del ejército de los EE. UU. demostró que personas que habían sido hospitalizadas por enfermedades relacionadas con calor, tenían un riesgo de mortalidad 40 % más alto que un grupo de comparación (Wallace *et al.*, 2007). De particular preocupación para Centroamérica es la asociación entre la exposición ocupacional a calor y la enfermedad renal crónica no-tradicional (ERCnt), una condición que ha devastado algunas comunidades y retado el sistema de salud en Guanacaste (Johnson *et al.*, 2019; Wesseling *et al.*, 2020).

En Costa Rica, investigaciones han documentado riesgos importantes para personas trabajadoras (Crowe *et al.*, 2015, 2022) y atletas (Rojas-Valverde *et al.*, 2019), razón por la cual el Estado ha realizado esfuerzos importantes para enfrentar estos riesgos, por ejemplo mediante la implementación del *Reglamento para la Prevención y Protección de las Personas Trabajadoras Expuestas a Estrés Térmico por Calor* (Decreto No. 39147-S-TSS, 2015), el cual, entre otras cosas, establece niveles de riesgo para diferentes zonas geográficas del país basados en el índice de calor para identificar lugares donde

los trabajadores requieren protecciones específicas.

Sin embargo, actualmente no existe una herramienta que permita comparar la exposición acumulada al calor en diferentes tipos de empleo y ubicaciones geográficas. Para comenzar a abordar esta brecha, el presente manuscrito propone una matriz que estima el riesgo de exposición a calor de trabajos en Costa Rica, tanto en las condiciones actuales como bajo escenarios de aumento de temperatura asociados al cambio climático.

La matriz se basa en los resultados de investigaciones realizadas por investigadores de la Universidad Nacional (Chavarría-Castrillo, 2025; Crowe *et al.*, 2010, 2015; Masis-Leandro, 2023; Solano-Gutiérrez, 2025) para establecer la carga térmica y riesgo de estrés térmico por calor actual de personas trabajadoras en seis tipos de empleo: caña de azúcar, arroz, construcción, mantenimiento de calles, recolección de residuos sólidos no valorizables y mantenimiento de parques y vías en dos zonas geográficas de Costa Rica: Valle Central (San José y Alajuela y Turrialba) y el Pacífico Norte (Liberia, Bagaces y Carrillo).

Según ejemplos similares (Bourbonnais *et al.*, 2013; García *et al.*, 2011), y utilizando los niveles de riesgo determinados por el Consejo de Salud Ocupacional utilizando datos del Instituto Metrológico de Costa Rica (CSO, 2025) junto con las recomendaciones de salud ocupacional de NIOSH (CDC-NIOSH, 2016), la matriz incluye cuatro parámetros para asignar un

puntaje de riesgo: 1) duración de la exposición, 2) carga metabólica, 3) frecuencia de la exposición y 4) severidad (asignando un puntaje adicional cuando hay al menos una persona con carga “alta” o “muy alta” (**Cuadro 1**).

Los cuatro parámetros fueron combinados utilizando la siguiente fórmula para asignar un puntaje final a cada trabajo en cada ubicación específica:

$$Puntaje\ de\ riesgo = (DJ \times CM) \times (0.25 \times CA_1 + 0.5 \times CA_2 + 0.75 \times CA_3 + 1 \times CA_4) + S_1 + S_2$$

La aplicación de la fórmula permitió ordenar los trabajos según el riesgo crónico (anual) (**Cuadro 2**) en la región

geográfica correspondiente. Aunque el riesgo de manifestaciones clínicas relacionadas con la sobrecarga térmica existe para una amplia gama de trabajos en distintas ubicaciones geográficas, el riesgo es claramente mayor en el Pacífico Norte que en el Valle Central, afectando más personas durante más meses del año. De todas las investigaciones incluidas en el presente análisis, los cortadores de caña en Carrillo, Guanacaste tienen la mayor exposición a calor, seguido por los trabajadores que realizan labores manuales (“peón”) en una arrocería en Bagaces, Guanacaste.

Cuadro 1. Parámetros utilizados para clasificar la exposición térmica crónica.

Parámetro	Variable	Abreviación	Unidad	Descripción
Duración de la exposición	Duración Jornada	DJ	Horas de la jornada diaria	Cantidad de horas laborales (diario)
Carga metabólica	Intensidad 1: Carga metabólica para la mayoría de las personas	CM	Número según categorías de carga metabólica de NIOSH: 1 (liviana) 2 (moderado) 3 (pesado) 4 (muy pesado)	Se asigna la categoría según la carga de la mayoría de los trabajadores. En caso de que exista un “empate” para la categoría con más personas (por ejemplo, la misma cantidad de personas tengan una carga “moderada” que “alta”), se hace un promedio (i.e., 2.5)
Riesgo de la Carga ambiental	Número de meses en nivel de riesgo I, II, III o IV	CA ₁ CA ₂ CA ₃ CA ₄	Número de meses en cada nivel de riesgo	El grado de probabilidad de que las personas trabajadoras sufran manifestaciones clínicas relacionadas con la sobrecarga térmica según lo publicado por el CSO y el IMN: Guía de Reglamento para la Prevención del Estrés Térmico
Severidad	Severidad 1 ¿Hay al menos una persona con carga “alta”?	S ₁	Número: No=0 Sí=20	Se incluye para reconocer que la carga no es la misma para todas las personas y para incluir exposiciones potencialmente muy severas
	Severidad 2 ¿Hay al menos una persona con carga “muy alta”?	S ₂	Número: No=0 Sí=20	

Cuadro 2. La matriz de exposición actual según las variables propuestas. El puntaje (columna de tonos rojos) no establece umbrales específicos de riesgo; su intención es solamente comparar las exposiciones para fines epidemiológicos. El texto azul representa una modificación de jornada.

Sector	Ubicación geográfica	Duración Jornada (Horas) (DJ)	Carga metabólica (CM) de la mayoría de las personas	Carga ambiental (CA)					Severidad (S)	Referencia	Cuadro de referencia del CSO ^A	
				Cantidad de meses que de cada nivel de riesgo según el CSO en nivel de riesgo ^A								
				1	2	3	4	Muy alta?				
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	San José: Escazú	5	3	12	0	0	0	20	20	85	Solano-Gutiérrez (2025)	1
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	San José: Escazú	8	3	12	0	0	0	20	20	112	Solano-Gutiérrez (2025)	1
Mantenimiento de calles (todos los puestos)	San José: Centro	8	2	12	0	0	0	20	20	88	Chavarría-Castrillo (2025)	1
Limpieza de calles y parques (todos los puestos)	Alajuela: Centro	8	2	9	3	0	0	20	20	100	Solano-Gutiérrez (2025)	5
Caña (aplicación de agroquímicos a mano)	Cartago: Turrialba	8	3	12	0	0	0	20	20	112	Crowe <i>et al.</i> (2010)	X*
Caña (cortar semilla (verde, no-zafra))	Cartago: Turrialba	8	3.5	12	0	0	0	20	20	124	Crowe <i>et al.</i> (2010)	X*
Construcción (Todos los puestos)	Alajuela: El Coyoil	8	2	1	8	3	0	20	20	144	Masis Leonardo (2023)	6
Arroz (no-peón)	Pacífico Norte: Bagaces	8	1.5	0	0	6	6	0	0	126	Crowe <i>et al.</i> (2022)	23
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Liberia	5	3	0	0	8	4	20	20	190	Solano-Gutiérrez (2025)	22
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Liberia	8	3	0	0	8	4	20	20	280	Solano-Gutiérrez (2025)	22
Calles y parques (todos los puestos)	Pacífico Norte: Liberia	8	2	0	0	8	4	20	20	200	Masis Leonardo (2023)	20

Sector	Ubicación geográfica	Duración Jornada (Horas) (DJ)	Carga metabólica (CM) de la mayoría de las personas	Carga ambiental (CA)					Severidad (S)	Referencia	Cuadro de referencia del CSO ^A
				Cantidad de meses que de cada nivel de riesgo según el CSO en nivel de riesgo ^A							
				1	2	3	4	Alta? Muy alta?			
Mantenimiento de calles (todos los puestos)	Pacífico Norte: Liberia	8	2	0	0	8	4	20	20	Masis Leonardo (2023)	20
Construcción (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Carrillo	8	2	0	0	8	4	20	0	Solano (2025)	22
Construcción (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Carrillo	12	2	0	0	8	4	20	0	Chavarría-Castrillo (2025)	22
Arroz (peón)	Pacífico Norte: Bagaces	8	2.5	0	0	6	6	20	0	Crowe <i>et al.</i> (2022)	23
Caña (cortador)	Pacífico Norte: Carrillo	8	3.5	0	0	8	4	20	20	Crowe <i>et al.</i> (2013)	20

*Con recolectores se observó una jornada de aproximadamente 5 horas a esta carga metabólica, sin embargo también se calcula por una jornada de 8 horas para demostrar el efecto de una doble jornada o una jornada más extensa. En el caso de construcción, la jornada normal fue de 8 horas, sin embargo, un día se observó una jornada de 12 horas.

** Según lo publicado feb 2025 (Consejo de Salud Ocupacional, 2025)

Para la proyección de riesgo con cambio climático, se realizaron dos ejercicios diferentes. Primero, se utilizó como base los cuadros publicados por el Consejo de Salud Ocupacional (Consejo de Salud Ocupacional, 2025), los cuales utilizan la temperatura (bulbo seco) y la humedad relativa promedio para estimar el nivel de riesgo (1-4 de menor a mayor) por mes en diferentes regiones geográficas del país. En los cuadros de proyección, se registró el nivel de riesgo asumiendo los diferentes aumentos de temperatura (1, 2, 3 y 4 °C) en las ubicaciones más cercanas a los sitios estudiados. No se modificó la humedad relativa para este análisis (Figura 1).

Este ejercicio señala la gran diferencia que puede generar un aumento

relativamente pequeño de temperatura. Por ejemplo, con un aumento de solo 2 °C, trabajadores en Liberia pasan de tener 4 meses del año con nivel 4 (máximo riesgo) a tener 7 meses del año a este nivel. En el mismo sentido, un aumento de 4 °C significaría que personas trabajadoras en Liberia estarán con el máximo nivel de riesgo durante todo el año. De igual forma, trabajadores en El Coyol de Alajuela, que en la actualidad están con riesgos entre niveles 1 y 3, llegarían a estar con riesgo nivel 3 durante 7 meses del año con un aumento de 2 °C.

Posteriormente, se aplicó la matriz de calor (fórmula) utilizando las cuatro proyecciones de aumentos de temperatura con el fin de comparar diferentes tipos de

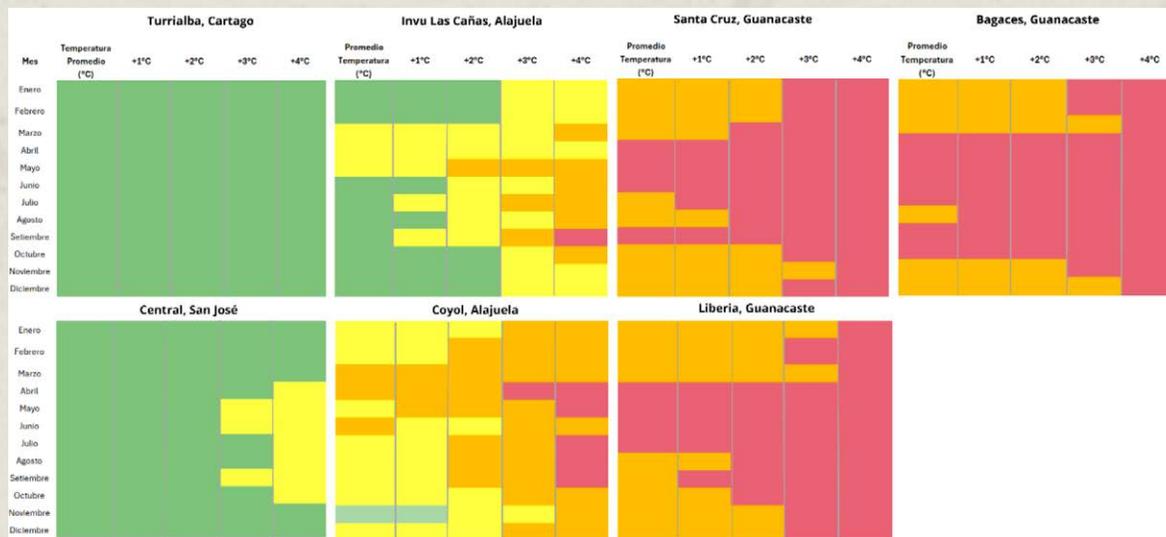


Figura 1. Proyecciones del nivel de riesgo con aumentos de temperatura en los sitios de estudio. Para efectos del análisis, se mantiene la humedad relativa constante. El nivel actual se toma de lo publicado por el Consejo de Salud Ocupacional (Consejo de Salud Ocupacional, 2025) con aumentos de temperatura de 1, 2, 3 o 4 °C. El nivel de riesgo en este análisis es general y no toma en cuenta la carga térmica de la persona.

trabajo. El **Cuadro 3** demuestra cómo un trabajador de construcción en El Coyol de Alajuela con un aumento de 3 °C, pasaría a tener una exposición similar al actual riesgo en Carrillo, Guanacaste. De igual forma, se puede apreciar la diferencia de las jornadas de trabajo como es representado por el texto azul.

Este análisis permite visualizar escenarios de exposición ocupacional correspondientes a los aumentos de temperatura que se proyectan para Costa Rica. El IPCC estima cambios en las próximas décadas de temperatura en promedio entre 1° y 4 °C (IPCC, 2023). Aunque

Cuadro 3. Matriz de exposición bajo aumentos de 1, 2, 3 o 4 grados Celsius respectivamente. Es importante notar que el puntaje no establece umbrales específicos de riesgo; su intención es solamente comparar las exposiciones para fines epidemiológicos.

Sector	Ubicación geográfica	Puntaje actual	Puntaje con Incremento 1 grado	Puntaje con Incremento 2 grados	Puntaje con Incremento 3 grados	Puntaje con Incremento 4 grados
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	San José: Escazú	85	85	85	96	111
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	San José: Escazú	112	112	112	130	154
Mantenimiento de calles (todos los puestos)	San José: Centro	88	88	88	100	116
Calles y parques (todos los puestos)	Alajuela: Centro	100	108	120	148	168
Caña (aplicación de agroquímicos a mano)	Cartago: Turrialba	112	112	112	112	112
Caña (cortar semilla (verde, no-zafra)	Cartago: Turrialba	124	124	124	124	124
Construcción (todos los puestos)	Alajuela: El Coyol	144	144	164	184	204
Arroz (no-peón)	Pacífico Norte: Bagaces	126	129	129	138	144
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Liberia	190	194	201	213	220
Recolección de residuos sólidos (todos los puestos)*	Pacífico Norte: Liberia	280	286	298	316	328
Calles y parques (todos los puestos)	Pacífico Norte: Liberia	200	204	212	224	232
Mantenimiento de calles (todos los puestos)	Pacífico Norte: Liberia	200	204	212	228	232
Construcción (todos los puestos)**	Pacífico Norte: Carrillo	180	184	192	204	212
Construcción (todos los puestos)**	Pacífico Norte: Carrillo	260	266	278	296	308
Arroz (peón)	Pacífico Norte: Bagaces	230	235	235	250	260
Caña (cortador)	Pacífico Norte: Carrillo	320	327	341	369	376

estos aumentos tal vez sean imperceptibles para poblaciones que pueden adaptarse mediante prácticas como el uso de aire acondicionado, cambios de horario o aumento de consumo de líquidos, un aumento de esta magnitud puede representar un riesgo inmediato para poblaciones que están en sus límites fisiológicos para poder manejar la exposición a calor, o bien, quienes no tienen control sobre su jornada de laboral o su hidratación o en el ámbito laboral. Desde este punto de vista, las personas trabajadoras de algunos sectores se encuentran más vulnerables y muchas veces olvidados en los planes de adaptación al cambio climático tanto a nivel empresarial como al nivel nacional.

La exposición al calor en los seres humanos varía diariamente debido a factores climáticos (como la radiación solar, el viento, la temperatura y la humedad), las tareas asignadas y características individuales, como la edad, nivel de hidratación, el uso de medicamentos y la presencia de enfermedades crónicas. Por esta razón, las normas y recomendaciones están diseñadas para proteger a todas las personas presentes en el lugar de trabajo.

La matriz descrita en este manuscrito no tiene como objetivo evaluar el riesgo diario individual de las personas trabajadoras. Por el contrario, propone una herramienta para comparar las exposiciones al calor según el tipo de trabajo y la zona geográfica, con fines epidemiológicos. Esto permite identificar y priorizar ocupaciones y regiones para la

implementación de políticas públicas y estrategias de adaptación, tanto en las condiciones actuales como frente al cambio climático.

Los resultados obtenidos resaltan la necesidad de fortalecer las estrategias de adaptación para proteger a las personas trabajadoras ahora y en el futuro. Si bien es cierto, ninguna herramienta puede sustituir la medición directa del estrés térmico en el entorno laboral específico de cada persona, se espera que esta matriz sirva como una base útil para seguir comprendiendo el riesgo asociado a la exposición al calor, con el fin de garantizar condiciones laborales seguras para la población costarricense.

Referencias

- Binazzi, A., Levi, M., Bonafede, M., Bugani, M., Messeri, A., Morabito, M., Marinaccio, A., & Baldasseroni, A. (2019). Evaluation of the impact of heat stress on the occurrence of occupational injuries: Meta-analysis of observational studies. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(3), 233–243. <https://doi.org/10.1002/ajim.22946>
- Bouchama, A., Abuyassin, B., Lehe, C., Laitano, O., Jay, O., O'Connor, F. G., & Leon, L. R. (2022). Classic and exertional heatstroke. *Nature Reviews. Disease Primers*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/S41572-021-00334-6>
- Bourbonnais, R., Zayed, J., Lévesque, M., Busque, M.-A., Duguay, P., & Truchon, G. (2013). Identification of Workers Exposed Concomitantly to Heat Stress and Chemicals. *Industrial Health*, 51(1), 25–33. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2012-0095>
- CDC-NIOSH. (2016). Criteria for a Recommended Heat Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments. In B. Jacklitsch, W. Williams, K. Musolin, A. Coca, K. J. H., & N. Turner (Eds.), *CDC-NIOSH US Department of Health*

- and Human Services. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016-106. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/>
- Chavarría-Castrillo, M. (2025). *Carga térmica, salud y percepción del riesgo en trabajadores del mantenimiento y construcción de vías: Un estudio de caso en una empresa con operaciones en el Valle Central y el Pacífico Norte de Costa Rica* [Tesis de maestría en proceso de publicación]. Universidad Nacional de Costa Rica- Instituto Tecnológico de Costa Rica. Consejo de Salud Ocupacional Ministerio de Trabajo de Costa Rica. (2025). *Procedimiento para la elaboración del protocolo: Hidratación, sombra, descanso y protección. Cuadros de índice de calor 2024-2026*. Disponible en: https://www.cso.go.cr/legislacion/decretos_normativa_reglamentaria/Decreto%20N%2039147%20S%20TSS%20Reglamento%20para%20la%20Prevencion%20Proteccion%20de%20las%20Personas%20Trabajadoras%20Expuestas%20a%20Estres%20Termico%20por%20calor.pdf
- Cramer, M. N., & Jay, O. (2016). Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. In *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* (Vol. 196). <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.03.001>
- Crowe, J., Moya-Bonilla, J. M., Román-Solano, B., & Robles-Ramírez, A. (2010). Heat exposure in sugarcane workers in Costa Rica during the non-harvest season. *Global Health Action*, 3. <https://doi.org/10.3402/gha.v3i0.5619>
- Crowe J, Wesseling C, Solano BR, Umaña MP, Ramírez AR, Kjellstrom T, Morales D, Nilsson M. (2013) Heat exposure in sugarcane harvesters in Costa Rica. *Am J Ind Med*. Oct;56(10):1157-64. doi: <https://doi.org/10.1002/ajim.22204>.
- Crowe, J., Nilsson, M., Kjellstrom, T., & Wesseling, C. (2015). Heat-related symptoms in sugarcane harvesters. *American Journal of Industrial Medicine*, 58(5), 541–548. <https://doi.org/10.1002/ajim.22450>
- Crowe, J., Rojas-Valverde, D., Rojas-Garbanzo, M., Gutiérrez-Vargas, R., Ugalde-Ramírez, J. A., Ledezma-Rojas, J. P., Cabrera-Alpizar, W., Salazar-Salazar, M., Mauricio-La Torre, R., Valera-Amador, L., & de Joode, B. van W. (2022). Kidney Function in Rice Workers Exposed to Heat and Dehydration in Costa Rica. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9). <https://doi.org/10.3390/IJERPH19094962>
- Decreto No. 39147-S-TSS: Reglamento para la prevención y protección de las personas trabajadoras expuestas a estrés térmico por calor (pp. 2–6). (2015). Ministerio de Salud y Ministerio de Trabajo y Seguro Social de Costa Rica. Disponible en: <https://www.cso.go.cr/divulgacion/noticias/Decreto%20N%2039147-s-tss%20Reglamento%20para%20la%20prevencion%20proteccion%20de%20las%20personas%20trabajadoras%20expuestas%20a%20estres%20termico%20por%20calor.pdf>
- D'Ippoliti, D., Michelozzi, P., Marino, C., deDonato, F., Menne, B., Katsouyanni, K., Kirchmayer, U., Analitis, A., Medina-Ramón, M., Paldy, A., Atkinson, R., Kovats, S., Bisanti, L., Schneider, A., LeFranc, A., Iñiguez, C., & Perucci, C. A. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health : A Global Access Science Source*, 9, 37. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-37>
- García, A. M., González Galarzo, M. C., Alba, M. A., Gordo, J., Briceño, F., Gadea, R., López, M., & Benavides, F. (2011). A job-exposure matrix for Spanish workers. *Seguridad y Medio Ambiente*, 123(31), 1. <https://doi.org/10.1002/ajim.22213>
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Johnson, R. J., Wesseling, C., & Newman, L. S. (2019). Chronic kidney disease of unknown cause in agricultural communities. *New England Journal of Medicine*, 380(19), 1843–1852. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1813869>

- Masis-Leandro, K. J. (2023). *Carga térmica, salud y percepción del riesgo en trabajadores de la construcción: un estudio de caso en una empresa con operaciones en el Valle Central y el Pacífico Norte de Costa Rica*. Universidad Nacional de Costa Rica - Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11056/26606>
- Peiris, A. N., Jaroudi, S., & Noor, R. (2017). Heat Stroke. *JAMA*, 318(24), 2503. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.18780>
- Rameezdeen, R., & Elmualim, A. (2017). The impact of heat waves on occurrence and severity of construction accidents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph14010070>
- Rojas-Valverde, D., Olcina, G., Gutiérrez-Vargas, R., & Crowe, J. (2019). Heat Strain, External Workload, and Chronic Kidney Disease in Tropical Settings: Are Endurance Athletes Exposed? *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01403>
- Solano-Gutiérrez, F. (2025). *Carga térmica, salud y percepción del riesgo en trabajadores de limpieza de vías y recolección de desechos sólidos: Un estudio de caso en una empresa con operaciones en el Valle Central y el Pacífico Norte de Costa Rica*. [Tesis de maestría en proceso de publicación]. Universidad Nacional de Costa Rica- Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Tietze, D. C., & Borchers, J. (2014). Exertional rhabdomyolysis in the athlete: a clinical review. *Sports Health*, 6(4), 336–339. <https://doi.org/10.1177/1941738114523544>
- Varghese, B. M., Barnett, A. G., Hansen, A. L., Bi, P., Nairn, J., Rowett, S., Nitschke, M., Hanson-Easey, S., Heyworth, J. S., Sim, M. R., & Pisaniello, D. L. (2019). Characterising the impact of heat-waves on work-related injuries and illnesses in three Australian cities using a standard heatwave definition- Excess Heat Factor (EHF). *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 1. <https://doi.org/10.1038/s41370-019-0138-1>
- Wallace, R. F., Kriebel, D., Punnett, L., Wegman, D. H., & Amoroso, P. J. (2007). Prior heat illness hospitalization and risk of early death. *Environmental Research*, 104(2), 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.01.003>
- Wesseling, C., Glaser, J., Rodríguez-Guzmán, J., Weiss, I., Lucas, R., Peraza, S., Soares Da Silva, A., Hansson, E., Johnson, R. J., Hogstedt, C., Wegman, D. H., Jakobsson, K., Salvador, E., Salvador, S., da Silva, A. S., Hansson, E., Johnson, R. J., Hogstedt, C., Wegman, D. H., ... Salvador, S. (2020). Chronic kidney disease of non-traditional origin in Mesoamerica: a disease primarily driven by occupational heat stress. *Pan American Journal of Public Health Rev Panam Salud Publica*, 43, 1. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.15>
- Wesseling C, van Wendel de Joode B, Crowe J, Rittner R, Sanati NA, Hogstedt C, Jakobsson K. (2015) Mesoamerican nephropathy: geographical distribution and time trends of chronic kidney disease mortality between 1970 and 2012 in Costa Rica. *Occup Environ Med*. Oct;72(10):714-21. doi: <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102799>. Epub 2015 Jul 21. PMID: 26199395.
- Xiang, J., Bi, P., Pisaniello, D., Hansen, A., & Sullivan, T. (2014). Association between high temperature and work-related injuries in Adelaide, South Australia, 2001–2010. *Occupational and Environmental Medicine*, 71(4), 246–252. <https://doi.org/10.1136/oemed-2013-101584>



Académico jubilado,
Instituto Internacional
de Conservación
y Manejo de Vida
Silvestre (ICOMVIS),
Universidad Nacional
(evargasmena@gmail.com)

De ballenas y caracoles: Makahs y Brunkas en el Teatro Nacional de Costa Rica

Emilio Vargas Mena

La primera semana de febrero del 2016 trajo consigo un inusual encuentro en el escenario del Teatro Nacional de Costa Rica y en los territorios Brunka de Boruca y Yimba-Rey Curré, en el Pacífico sur del país. Los estados de dos naciones modernas, una desarmada y la otra el mayor poder militar que haya existido, auspiciaron un intercambio entre la muy antigua Nación *Makah* y el ancestral Pueblo *Brunka*, ambos sobrevivientes de cinco siglos de acoso sobre sus tierras, violencia, epidemias y políticas de asimilación cultural.

Los dos grupos de bailes tradicionales se encontraron en el Teatro Nacional para ofrecer e intercambiar su historia y cultura a través del atavismo de sus danzas y su arte. En la primera función, los cantos y danzas *Makah*, ejecutadas fluida y grácilmente por mujeres y hombres, honraron su tradición ancestral de *caza de ballenas*, el simbolismo de sus canoas y del acto de remar. También recordaron a sus guerreros, protectores de su pueblo y defensores de sus tierras y canales marinos. Evocaron el ave del trueno, los lobos y el cisne, las ballenas grises, y celebraron el valor de la convivencia humana, vinculándola metafóricamente con la existencia de conejos y gaviotas.

En la segunda función, al compartir el escenario con los artistas *Brunka*, los *Makah* en su primer baile arriban remando en sus canoas al territorio *Brunka* y, agradecidos por estar ahí con ellos, solicitan permiso para visitarlos. Los *Brunka* reciben a los visitantes con el baile del *Juego del Kabru* (Los Diablitos), fuerte símbolo de su resistencia cultural. Los *Makah* invitan a los *Brunka* a un viaje conjunto en canoa, para celebrar su encuentro y reafirmar la importancia de las alianzas del movimiento indígena global. En respuesta, los *Brunka* invitan a los *Makah* a unirse al *Juego del Kabru* para celebrar juntos la permanencia de las culturas indígenas. El espectáculo concluye esa noche con narración de historias de ambos pueblos y con ofrendas mutuas de regalos, y se anuncia la visita ya programada en los días siguientes a los territorios indígenas de Boruca y Yimba-Rey Curré.

En la misma semana y como parte de ese intercambio, el Grupo *Non Cuanxa Boruca*, dirigido por los hermanos Melvin e Ismael González Rojas, realizó tres presentaciones de una obra excepcional de teatro y danza, llamada *El Jaguar de la Ceniza*, la cual fue también apreciada por los representantes del pueblo *Makah*. Se trata de una recreación artística basada en la cosmovisión *Brunka*, con fuerte sentido espiritual e histórico, representada en escena con integración muy cuidadosa de recursos culturales como el significado del jaguar, del maíz, de los espíritus

del bosque y la montaña. Es un lamento por la desaparición del maravilloso animal y un ritual para resucitarlo desde sus cenizas y hacer que regrese a cuidar el hogar amenazado de los *Brunka*.

El Embajador de Estados Unidos en Costa Rica, S. Fitzgerald Haney, planteó que *Estados Unidos y Costa Rica gozan de un patrimonio cultural diverso y rico, fruto de la amalgama de sus diferentes etnias y digno de celebrar, exponer y resaltar*. Y el entonces director del Teatro Nacional, Fred Herrera, afirmó: *Acariciamos la idea de crear Encuentros, Festivales y Creaciones entre pueblos indígenas de distintas partes del continente americano. Así, iniciamos un proceso donde se le da voz a pueblos y espectáculos que no habían tenido acceso al Teatro Nacional de Costa Rica anteriormente. Celebramos la declaratoria de Costa Rica como un pueblo multiétnico y pluricultural*.

Sin embargo, hay una historia común a ambos pueblos que pasó desapercibida por los espectadores de esas funciones en el Teatro Nacional. *Brunkas* y *Makahs*, despojados de sus amplios territorios históricos en la época colonial y republicana, han luchado por décadas y hasta la actualidad (2025), para restablecer o asegurar su derecho ancestral al uso de dos recursos marinos: el caracol púrpura (*Plicopurpura pansa*) y la ballena gris (*Eschrichtius robustus*).



Figura 1. Alex McCarty (1975-2024), “Cacería Makah de ballenas”, pintura en acrílico sobre cedro amarillo y bordes de conchas del género *Haliotis*. Expuesto en un diorama del Makah Museum (Neah Bay, Washington). Fuente: <https://www.alexmccarty.org/wood-carvings/>

Desde hace miles de años, la *Nación Makah* ha habitado la costa pacífica del norte del continente americano, donde hoy se encuentra el estado de Washington en los Estados Unidos. Su mundo cultural fue severamente interrumpido y desestructurado cuando sufrieron el contagio epidémico de los virus europeos del sarampión, tuberculosis, influenza y tosferina, que redujo su población de unos 4 000 a poco menos de 1 000 habitantes a finales de los 1700 (www.makah.com).

El gobierno de los Estados Unidos, tomando ventaja de la vulnerabilidad provocada por esa crisis demográfica y social, persuadió a los *Makah* a la firma de un tratado (*Treaty of Neah Bay*) que los despojó de la mayor parte de su territorio ancestral. De 132 mil hectáreas del territorio original, los *Makah* cedieron 121 mil hectáreas y se quedaron con solamente 11 mil hectáreas, en la “reservación” asignada. El Tratado entonces legalizó el despojo del 92 % de sus tierras y formalizó el fin de su autonomía política (www.makah.com).

com). Los Makah (42 representantes en aquella negociación) aceptaron ceder sus tierras, a cambio de la inclusión de sus derechos de pesca tradicional de ballenas en el tratado, junto al financiamiento de programas de salud y educación.

Aprobado por el Congreso estadounidense en 1855, ese tratado (*Treaty of Neah Bay*) es hoy, por su rango jurídico, el único recurso legal de mayor importancia para intentar defender los derechos de la población actual de 1 800 *Makah*, toda vez que el gobierno de Estados Unidos ha evitado la ratificación de la legislación internacional, especialmente del Convenio 169 de la OIT sobre derechos de los pueblos indígenas y tribales en países independientes, que reconoce un amplio conjunto de derechos a los pueblos indígenas del mundo. Sin embargo, en relación con la pesca tradicional de ballenas grises, los *Makah* han sido asediados desde 1999 por activistas de los derechos animales, quienes han interpuesto recursos legales para detener la reanudación del permiso de caza de ballenas (aprobada en 1998 por la *National Oceanic and Atmospheric Agency-NOAA de los Estados Unidos*), amenazando la continuidad de una práctica tradicional integradora de su cultura:

Las ballenas y su caza se han mantenido en el corazón de la cultura Makah. Ellas están en nuestras canciones, nuestros bailes, nuestros diseños y nuestra cestería. Nuestra estructura social está basada en familias de tradición ballenera. El comportamiento en una caza de ballena requiere rituales y ceremonias que son profundamente espirituales. La caza de ballenas impone un propósito y una disciplina que beneficia a toda nuestra comunidad (©2000 Native Americans and the Environment - <http://NCSEonline.org/nae>, traducción libre del autor).

El pueblo indígena *Makah*, de manera unilateral declaró la veda a la ballena gris desde el año 1920, pues observó desde entonces el trágico descenso de sus poblaciones debido a la cacería industrial. A mediados de los noventa y luego de varios años de una veda internacional a la pesca industrial de ese cetáceo, sus poblaciones lograron repuntar y los *Makah* consideraron que era tiempo de reanudar su pesca tradicional, pues la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) sacó a la ballena gris de la lista de especies en peligro de extinción en 1996. Basados en el Artículo 4 del Tratado de 1855, los *Makah* gestionaron ante las autoridades gubernamentales y ante la Comisión Ballenera Internacional (IWC) un permiso de pesca de cinco ejemplares anuales (señalando que probablemente tomarían solo una)

y se comprometieron a seguir todas las instrucciones del Servicio de Pesca y Vida Silvestre del gobierno de los Estados Unidos. Desde el punto de vista de la ecología de las poblaciones de ese animal, esa cuota no representa ninguna amenaza a la sobrevivencia de la especie, cuya población crece a un 2.5 % anual. De hecho, el pueblo indígena *Chukotka*, fue autorizado por la IWC para tomar 165 ejemplares de ballena gris anuales desde 1965 y lo continuaba haciendo en 1995. Así, 21 comunidades *Chukotka* de las costas del noreste de la Federación Rusa, según datos recientes de la IWC cazaron anualmente desde el 2000 hasta el 2017, entre 120 y 140 ballenas grises (Zdor, 2021) y lo siguen haciendo en 2024 con una cuota anual de un máximo de 140 por un período de seis años hasta 2030 (https://iwc.int/index.php?cID=html_65).

Bajo esa argumentación los *Makah* lograron la aprobación de su Plan de Manejo para reanudar la caza. Luego del primer evento en que cazaron una ballena en 1999, la protesta y recursos legales se intensificaron. Desde entonces, los activistas de los derechos animales han logrado detener la caza legal durante 24 años, aunque, en la coyuntura actual (2024) parece que ya solo les queda recurrir a la Corte Federal. Los *Makah* han contado con los respectivos permisos del gobierno estadounidense y de la Comisión Ballenera Internacional desde 1998 hasta la actualidad, cuando ya se han asignado las cuotas hasta el 2030 (https://iwc.int/index.php?cID=html_65).



Figura 2. Melvin Kamel González, Mural: “Tejiendo nuestra historia Boruca”, a la entrada del Museo Comunitario de Boruca. Enero del 2022. Fuente: Publicado en el Facebook de Kamel González el 22 de enero de 2022 (https://www.facebook.com/search/top/?q=mural%20murice%20&locale=es_LA)

Por su parte los *Brunka*, como lo analizamos con detalle en otro texto (Vargas Mena, 2023), siguen luchando por medios políticos y legales para que se mantenga el permiso para cosechar el tinte del caracol púrpura (*Plicopurpura pansa*) en la costa del Parque Nacional Marino Ballena (PNMB), donde había sido prohibida su extracción al fundarse el Parque en 1989. Pese al logro fundamental, después de varios años de negociaciones en la mesa *Moren Quitá*¹, de la emisión y renovación de una *Resolución Administrativa* anual del SINAC que autorizó legalmente la cosecha del tinte desde el 2017 hasta el 2023, han tenido que seguir enfrentando varias dificultades que amenazan de nuevo la continuidad del uso ancestral.

1 *Morén Quitá*, en idioma *Brunka*, significa “amigos del mar”.

El PNMB es parte del territorio histórico del pueblo *Brunka*; sus derechos de acceso están protegidos por el artículo 14 del Convenio 169 ratificado por Costa Rica en 1992. Sin embargo, una interpretación reciente (Oficio PGR-C-153-2023 del 7

de agosto de 2023) de la Procuraduría General de la República (PGR), solicitada por el SINAC-MINAE, ha resuelto que los *Brunka* no tienen derecho al uso tradicional ancestral dentro del PN Marino Ballena, porque el artículo 18 de la Ley Forestal (Ley 7575 de 1996) sobre el Patrimonio Natural del Estado no autoriza ese uso específico, y el artículo 14 del Convenio 169 (Ley 7316 de 1993) no es “vinculante”, por la naturaleza de su contenido, según la Procuraduría. Ese dictamen parece que exige un proyecto de una nueva ley que modifique el artículo 18 de la ley forestal para autorizar el uso tradicional.

La presencia de los *Makah* y los *Brunka* en el escenario del Teatro Nacional en febrero de 2016 reveló el profundo significado de la permanencia de sus culturas en nuestro mundo, ahora ya globalizándose aceleradamente en una sola dirección cultural. En primer lugar, ambos Estados y gobiernos, reconocen oficialmente el valor intrínseco de la diversidad cultural y promueven ese reconocimiento auspiciando el intercambio de expresiones

artísticas entre ambos pueblos indígenas. En el caso costarricense, se trata de un reconocimiento muy tardío. El director del Teatro Nacional dejó claro que el arte de los pueblos indígenas radicados en Costa Rica fue excluido de ese escenario desde que fuera inaugurado en el año 1897 hasta el 2016. *Es decir, hubo de transcurrir más de un siglo para que el Estado costarricense reconociera que el valor del arte indígena tiene también un lugar en su institución cultural emblemática.*

En segundo lugar, aquella semana intercultural, ofreció al público una muestra magnífica del arte indígena contemporáneo, propio de dos pueblos originarios americanos. Los indígenas *Makah* y *Brunka* mostraron el relevante papel que juega su arte al interior de su propia cultura, apoyando el permanente ejercicio de su resistencia política y formando parte de la necesaria y descolonizadora revitalización cultural. Y también mostraron la calidad de sus recursos y desarrollo artísticos, marcados claramente por una historia particular tejida a lo largo de varios milenios, lo que liga indisolublemente su arte con su identidad cultural, proyectándose al resto de la sociedad con gran fuerza expresiva.

Un artista *Makah*, Alex Swiftwater McCarty, recién fallecido, lo dijo en estos términos: *“Apréndelo con cariño, presérvalo con belleza, y pásalo”*. Y lo expresa artísticamente en sus numerosas obras sobre el lugar de las ballenas en su cultura ancestral (<https://www.alexmcarty.org/about-1/>) (**Figura 1**). Y un artista *Brunka*,

Kamel González, ha representado también ese pensamiento en su mural: *“Tejiendo nuestra historia Boruca”*, expresiva obra sobre el teñido del algodón con el caracol múrice, en las paredes del Museo Comunitario de Boruca (**Figura 2**).

La cacería anual de una ballena gris (*Eschrichtius robustus*), y el teñido del algodón con el caracol púrpura (*Piclopurpura pansa*) han entrado en contradicción con fuerzas políticas poderosas que defienden radicalmente los derechos animales y la preservación estricta de los ecosistemas marinos en ambos países, como si la diversidad ecológica y la diversidad cultural no hubieran estado ligadas durante milenios en dependencia mutua, como se expresa en el arte de Swiftwater McCarty y Kamel González.

Referencias

- Vargas Mena, E. (2023). Los pueblos indígenas frente a la conservación moderna en Costa Rica (1970-2020). Colonización y resistencia. San José, C.R.: Editoriales Universitarias Públicas Costarricenses (EDUPUC).
- Zdor, E. (2021). Subsistence Whaling of the Chutotkan Indigenous Peoples. En: Nishigami, N. (Ed.). World Whaling: Historical and Contemporary Studies. *Senri Ethnological Studies*, 104, 75-92. https://minpaku.repo.nii.ac.jp/record/8599/files/SES104_05.pdf

Normas mínimas para la presentación de artículos a *Ambientico*

1. Acerca de la revista *Ambientico*

La revista *Ambientico* es una publicación trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense que se publica desde la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA), institución pública y benemérita de la Patria. Creada en 1992, es una revista de acceso abierto que tiene por misión estimular, publicar y difundir un análisis riguroso y actualizado sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica.

2. Equipo editorial:

Editor en jefe: Dr. Sergio A. Molina-Murillo
Editor adjunto: M.Sc. Jesús Ugalde Gómez
Dr. William Fonseca González
M.Sc. Wilbert Jiménez Marín
Lic. Luis Poveda Álvarez

3. Público meta

Nuestro público meta está constituido por la sociedad costarricense interesada en conocer sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica. De manera específica los artículos de la revista *Ambientico* están dirigidos a personas tomadoras de decisiones de los Poderes de la República, gobiernos locales, docentes de todos los niveles, estudiantes, personas profesionales y aquellas que lideran grupos y comunidades locales.

4. Política de acceso abierto

La revista *Ambientico* ofrece acceso abierto, libre e inmediato de su contenido bajo el principio de que hacer disponible de manera abierta y gratuita la investigación a la sociedad, fomenta un mayor intercambio de conocimiento local y global. Por tanto, no existe costo por acceso a los artículos por parte de las personas lectoras (usuarios individuales o instituciones), ni por el procesamiento, revisión, envío y publicación de los artículos por parte de las personas autoras.

Los artículos publicados se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.ambientico.ac.cr>, lo que implica la posibilidad de que las personas lectores (usuarios individuales o instituciones) puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

No es necesario solicitar permisos a la persona editora o autora, siempre y cuando el contenido se utilice de acuerdo con la licencia CC BY NC SA 4.0 Internacional, tal y como se explica arriba.

5. Propiedad intelectual

Los artículos publicados se distribuyen bajo una *Creative Commons* Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.ambientico.una.ac.cr>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra. Las personas autoras se comprometen a enviar firmada —junto con el escrito— la Carta de Originalidad y Cesión de derechos.

6. Política sobre plagio

La Revista penaliza el plagio en todas sus formas. La detección del plagio implica la conclusión del proceso editorial en cualquiera de sus etapas. En el caso de artículos ya publicados, estos serán eliminados del acervo y se contactará a las instituciones empleadoras para informar de este tipo de conducta. La Revista velará para que tanto el equipo editorial como el de revisión y autoría cumplan con las normas éticas en el proceso de revisión y publicación de un artículo a través de proceso transparente y libre de plagio. Para más información se recomienda consultar la norma *International Standards for editors and authors* del Comité de Ética en la Publicación (COPE) y las del *International Committee of Medical Journal Editors* (ICMJE). Para detectar plagio la revista utiliza el programa Turnitin.

7. Declaración de privacidad

De conformidad con la Ley N° 8968 de Costa Rica, ley de protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales, la(s) PERSONA(s) AUTORA(s) consienten en facilitarle a la Revista un correo electrónico de contacto, así como los datos personales necesarios para la identificación de la autoría del artículo. A su vez, autorizan a la Revista a publicar junto con el artículo, los datos personales necesarios (nombre y apellidos, puesto, especialidad, institución, ciudad/país, correo).

8. Pertinencia de artículos

Aunque la mayoría de los artículos de la revista Ambientico son solicitados por invitación, se podrán considerar otros artículos altamente pertinentes a la realidad ambiental nacional, y en donde las opiniones estén claramente sustentadas (usar bibliografía en los casos necesarios). De manera general, se reciben artículos cortos (2 000 palabras), claros (entendibles e informativos para una audiencia general no científica), rigurosos (con sustento científico) y coherentes (que el escrito siga un flujo ordenado de ideas).

9. Modo de entrega

El artículo ha de ser presentado en Word y entregado al correo ambientico@una.ac.cr

10. Tamaño, formato, elementos gráficos y separaciones internas

- El artículo no excede las 2 000 palabras.
- Escribir a espacio sencillo en letra Calibre tamaño 11.

- **Secciones:** En *Ambientico* no se usan subtítulos para separar secciones (apartados). Para separar secciones, dejar un renglón entre ellas.
- **Párrafos:** Dentro de cada sección, los párrafos inician solamente con una sangría y no requiere agregar renglones entre párrafos.
- Incluir los **Cuadros** en formato Word y no como imágenes o capturas de pantalla.
- **Figuras:** Favor ilustrar el artículo con fotografías, figuras, ilustraciones, mapas, gráficos, etc. Incluir todas estas figuras en el mismo documento de Word *cerca de donde se espera ser presentadas*, pero asegurarse de que sean en alta resolución (300 dpi o mayor a 2Mb). Enviar en Excel los gráficos elaborados en ese programa para su más fácil edición. Incluir debajo de cada fotografía un título descriptivo. Si las figuras —incluyendo fotografías— no son propiedad del autor, deben indicar el nombre de la persona autora.

11. Sobre las personas autoras

- Se requiere enviar aparte, una fotografía del rostro de la persona autora en alta resolución (300 dpi o mínimo 2Mb).
- Solamente incluir el puesto (p. ej. Consultor independiente, Ministro de Ambiente, Profesor de economía), la organización para la que labora, y el correo electrónico.
- En caso de varias personas autoras, la anterior información debe ser provista para cada una de ellas.

12. Uso de cursivas y de comillas

Se usará cursivas —nunca negritas ni subrayado— para enfatizar conceptos. Vocablos en otras lenguas no aceptados por la Real Academia Española de la Lengua, y neologismos, han de escribirse también en cursivas. Asimismo, irán en cursivas nombres de obras de teatro y cinematográficas, de libros, de folletos, de periódicos, de revistas y de documentos publicados por separado. Capítulos de libros y artículos de publicaciones periódicas se pondrán entrecomillados.

13. Uso de números y unidades de medida

Cuando las cantidades sean escritas numéricamente ha de usarse un espacio para separar los grupos de tres dígitos (p.ej., 1 320). Para los decimales ha de usarse punto (p.ej., 1.5 ¡atención en los cuadros!). Las unidades de medida, en caso de consignarse abreviadamente, habrán de escribirse en singular y en minúsculas, y separadas por un espacio del número (p.ej., 50 % o 18.3 mm)

14. Uso de acrónimos

Los acrónimos lexicalizados que son nombres comunes (como ovni, oenegé y mipyme, por ejemplo), se escriben con todas las letras minúsculas. Los acrónimos no lexicalizados y que, por tanto, se leen destacando cada letra por separado (como UCR y EU, por ejemplo), se escriben con todas las letras mayúsculas.

15. Palabras clave

Si bien *Ambientico* no publica las palabras clave de cada artículo, se le solicitan al autor no más de cinco para usarlas en el buscador del sitio web.

16. Citas textuales

Las citas textuales, que se ruega no excedan las 40 palabras, no han de ponerse en cursivas, ni usando sangría ni en párrafo aparte, sino entrecomilladas, y entreveradas en el texto.

17. Comunicaciones personales o entrevistas

La mención en el texto de comunicaciones personales o entrevistas se hará así: luego de una apertura de paréntesis se consigna la inicial del nombre de pila del entrevistado, después se coloca un punto y, enseguida, el apellido del entrevistado. A continuación, se pone una coma y, posteriormente, la frase “comunicación personal”; luego se coloca el nombre del mes y el día, que se separa con una coma del año en que se efectuó la comunicación; finalmente, se pone el paréntesis de cierre. Ejemplo: “... (L. Jiménez, comunicación personal, septiembre 28, 1998) ...”. Las comunicaciones personales no se consignan en la sección de Referencias.

18. Notas a pie de página

Podrá usarse notas a pie de página para aclarar o ampliar información o conceptos, pero solo en los casos en que, por su longitud, esos contenidos no puedan insertarse entre paréntesis en el texto.

19. Citas bibliográficas

A partir de la 7ma versión original del *Manual de la American Psychological Association (APA)* (2019), seguimos los siguientes lineamientos respecto a citación de fuentes bibliográficas. Hay dos modalidades de

presentación de las referencias bibliográficas intercaladas en el texto. En una, la persona autora citada es el sujeto de la oración; en la otra, la persona autora citada, no es parte de la oración, sino que lo que es parte de la oración es solo lo dicho o aportado por ella. Ejemplo del primer caso: “... Acuña (2008) asegura que el sistema de áreas protegidas...”. Ejemplo del segundo: “... Los problemas ambientales han resultado el principal foco de conflicto (Morales, 2009)...”.

Obra con un autor

Entre paréntesis, se coloca el apellido del autor al que se hace referencia, separado por una coma del año de publicación de la obra. Ejemplo: “... (Pacheco, 1989) ...”.

Obra con más de un autor

Cuando la obra tiene dos autores, se cita a ambos, separados por la conjunción “y”. Ejemplo: “... (Núñez y Calvo, 2004) ...”.

Cuando la obra es de más de dos autores, se cita solamente el apellido del primer autor seguido de “*et al.*” en cursiva y con punto después de la contracción “al.”. Ejemplo: “... (Pérez *et al.*, 2009) ...”.

Obra con autor desconocido o anónimo

Si la obra carece de autor explícito, hay que consignar en vez de él, y entre comillas, las primeras palabras del título (entre paréntesis). Ejemplo: “... (“Onu inquieta”, 2011) ...”; o, alternativamente, el nombre de la obra y, después de una coma, la fecha de publicación. Ejemplo: “... *La Nación* (2011) ...”.

Solo cuando se incluye una cita textual debe indicarse la/s página/s. Ejemplo: "... (Pérez, 1999, p. 83) ...".

20. Presentación de las obras referenciadas

Al final del artículo, debajo del subtítulo **Referencias**, habrá de consignarse todas las obras referenciadas en orden alfabético.

Libro

Primero se anotará el apellido del autor, luego, precedido de una coma, la inicial de su nombre; después, e inmediatamente luego de un punto, el año de publicación de la obra entre paréntesis; seguidamente, y en cursivas, el título de la obra; posteriormente, y después de un punto, el lugar de publicación de la obra (si la ciudad es internacionalmente conocida no hace falta señalar el país, pero, si no, solo se consigna el país), y, finalmente, antecedido por dos puntos, el nombre de la editorial. Ejemplo: Pérez, J. (1999). *La ficción de las áreas silvestres*. Barcelona: Anagrama.

Artículo contenido en un libro

En este caso, se enuncia el apellido del autor seguido de una coma, luego se pone la inicial del nombre de pila seguida de un punto; inmediatamente, entre paréntesis, la fecha. Enseguida ha de ponerse la preposición "En", y, luego, el apellido seguido de una coma y la inicial del nombre de pila del editor o compilador de la obra; indicando a continuación entre paréntesis "Ed." o "Comp.", como sea el caso; inmediatamente se señala el nombre del libro en cursivas y, entre paréntesis, las páginas del artículo precedidas por la abreviatura "p."

o "pp." seguido de un punto; posteriormente, el lugar de publicación de la obra, y, antecedido por dos puntos, la editorial. Ejemplo: Mora, F. (1987). Las almitas. En Ugalde, M. (Ed.) *Cuentos fantásticos* (pp. 12-18). Barcelona: Planeta.

Artículo contenido en una revista

En este caso, se indica el apellido del autor y, luego precedido por una coma, se coloca la letra inicial de su nombre de pila; luego de un punto, y entre paréntesis, la fecha; después el título del artículo y un punto. Enseguida, va el nombre de la revista, en cursivas; inmediatamente, se indica el número de la edición o del volumen separado por una coma de las páginas que constituyen el artículo, luego se coloca el punto final. Ejemplo: Fernández, P. (2008). Las huellas de los dinosaurios en áreas silvestres protegidas. *Fauna prehistórica*, 39, 26-29.

Artículo contenido en un periódico

Si la referencia fuera a un diario o semanario, habría de procederse igual que si se tratara de una revista, con la diferencia de que la fecha de publicación se consignará completa iniciando con el año, separado por una coma del nombre del mes y el día, todo entre paréntesis. Antes de indicar el número de página, se coloca la abreviatura "p." o "pp.". Ejemplo: Núñez, A. (2017, marzo 16). Descubren vida inteligente en Marte. *La Nación*, p. 3A.

Material en línea

(Note que ya no se utiliza el "Disponible en:" o "Recuperado de:" antes del link)

En caso de que el artículo provenga de un periódico o una revista en línea, se conserva el formato correspondiente y luego se

coloca la dirección electrónica, sin punto al final. Ejemplo: Brenes, A. y Ugalde, S. (2009, noviembre 16). La mayor amenaza ambiental: dragado del río San Juan afecta el río Colorado y los humedales de la zona. *La Nación*. http://www.nacion.com/ln_ee/2009/noviembre/16/opinion2160684.html

Para artículos con DOI, al final de la referencia no se debe incluir la palabra DOI como se acostumbraba, sino incluir únicamente el link completo. Ejemplo: Molina-Murillo, S., Perez, J.P. y Herrera, M.E. (2014). Assessment of environmental payments on indigenous territories: The case of Cabecar-Talamanca, Costa Rica. *Journal of Ecosystems Services*, (8), 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.02.003>

Autores múltiples

Cuando el texto referenciado tenga dos autores, el apellido de cada uno se separa con una coma de la inicial de su nombre de pila; además, entre un autor y otro se pondrá la conjunción “y”. Ejemplo: Otárola, A. y Sáenz, M. (1985). *La enfermedad principal de las vacas*. San José: EUNED.

Tratándose de tres o más autores, se coloca el apellido de cada autor separado por una coma de la inicial de su nombre de pila, luego de la que va un punto; y, entre uno y otro autor

media una coma. Antes del último autor se coloca la conjunción “y”. Ejemplo: Rojas, A., Carvajal, E., Lobo, M. y Fernández, J. (1993). *Las migraciones internacionales*. Madrid: Síntesis.

Sin autor ni editor ni fecha

Si el documento carece de autor y editor, se colocará el título del documento al inicio de la cita. Al no existir una fecha, se especificará entre paréntesis “s.f.” (sin fecha). La fuente se indica anteponiendo “en”.

En caso de que la obra en línea haga referencia a una edición impresa, hay que incluir el número de la edición entre paréntesis después del título. Ejemplo: Heurístico. (s.f.). En diccionario en línea Merriam-Webster’s (ed. 11). <http://www.m-w.com/dictionary/heuristic>. Otro ejemplo: Titulares Revista Voces Nuestras. (2011, febrero 18). *Radio Dignidad*, 185. http://www.radiodignidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=355&Itemid=44

Puede utilizarse corchetes para aclarar cuestiones de forma, colocándolos justo después del título, y poniendo en mayúscula la primera letra: [Brochure], [Podcast de audio], [Blog], [Abstract], etcétera. Ejemplo: Cambronero, C. (2011, marzo 22). La publicidad y los cantos de sirena. *Fusil de chispa* [Blog]. <http://www.fusildechispas.com>

AMBIENiCO

Web: www.ambientico.una.ac.cr

Email: ambientico@una.ac.cr

Tel: (506) 2277 3688

Redes Sociales: Facebook | X | Instagram

