

Riberas Protectoras de Agua y Biodiversidad: prácticas para cultivar cuencas saludables



Editoras

Isabel M. Rojas Viada, Catalina Suau Salas y Josefina Ovando León



A cada habitante ribereño, seres vivos grandes y pequeños, custodios del agua y la biodiversidad.

Riberas Protectoras de Agua y Biodiversidad: prácticas para cultivar cuencas saludables

Editoras

Isabel M. Rojas Viada, Catalina Suau Salas y Josefina Ovando León



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Y SISTEMAS NATURALES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



Centro UC
CAPES - Center of Applied
Ecology & Sustainability



Centro UC
Desarrollo Local



Riberas Protectoras de Agua y Biodiversidad: prácticas para cultivar cuencas saludables

Editoras: Isabel M. Rojas Viada, Catalina Suau Salas y Josefina Ovando León

I.S.B.N. 978-956-09038-7-7

Derechos reservados

Pontificia Universidad Católica de Chile

Este manual fue financiado por:



ANID Fondecyt Iniciación 11241046 2024-2027

Assessing the effectiveness of best management practices of riparian habitats to improve multiple socio-ecological functions in agricultural watersheds.



Centro UC

CAPES - Center of Applied Ecology & Sustainability

Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES).

ANID PIA/BASAL AFB240003.

Cátedra de Sustentabilidad Hídrica Antofagasta Minerals - UC

Diseño y producción editorial:

Loyca Comunicación Ltda.

Ilustraciones:

Cata LAB

Como citar este manual:

Rojas, I. M., Suau, C. & Ovando, J. Eds. 2025. Riberas Protectoras de Agua y Biodiversidad: prácticas para cultivar cuencas saludables. Impreso en Santiago, 138 pp.

Índice

Introducción: Riberas Protectoras de Agua y Biodiversidad	5
Sección I	
Dinámicas Físicas y Ecológicas de las Riberas	9
Geomorfología y Dinámica Fluvial	10
El Clima y la Hidrología en una Cuenca	13
Características del Hábitat Ribereño	18
Ecosistemas Fluviales: Funcionamiento y Biodiversidad	25
Sección II	
Restauración Adaptativa y Socioecológica	31
Restauración Ecológica y Adaptativa	32
Principios de Ecología de Paisaje para la Restauración de Riberas	39
Restauración Socioecológica: Integrando Naturaleza y Comunidades Locales	45
Sección III	
Buenas Prácticas para la Recuperación de Riberas	51
Prácticas de Restauración de Riberas	52
Práctica 1. Regular el acceso al cauce	54
Práctica 2. Medidas de estabilización de riberas	58
Práctica 3. Reforestación y revegetación	77
Práctica 4. Recreando el hábitat acuático asociado a la ribera	86
Sección IV	
Cuenca del Río Toltén	93
Cuenca del río Toltén: un territorio socioecológico	94
Caracterización del Hidro-Clima de la Cuenca del Río Toltén	98
Fichas de Flora, Fauna y Funga	106
Flora Nativa	106
Funga nativa	114

Fauna nativa	115
Especies exóticas	122
Relatos de Habitantes Ribereños	126
Autores	136
Créditos Fotográficos	138

Introducción: Riberas Protectoras de Agua y Biodiversidad

Los ríos y sus riberas son ecosistemas complejos. Los ríos son parte de una red de cauces que drenan una superficie, la cual llamamos cuenca. En otras palabras, las quebradas y esteros que bajan de las montañas van confluyendo aguas abajo, formando ríos de mayor tamaño. Estos ríos, colectores de aguas de parajes remotos, permiten el movimiento del agua hasta que, finalmente, todas las aguas se unen en un único cauce que desemboca en el mar, en un lago u otro cuerpo de agua. La ribera, por su parte, es el ecosistema que se desarrolla en el borde del cauce. Es un “*ecotono*”, donde conversan o interactúan los ecosistemas terrestres y acuáticos. Es este ecosistema ribereño el que puede jugar un rol clave en la protección del agua. Esto, dado que las riberas, cuando están cubiertas de abundante vegetación, pueden actuar como filtro de los sedimentos y contaminantes que se generan en las tierras aledañas al río. Una ribera bien protegida ayuda a reducir la erosión del cauce y amortigua las inundaciones. Pero eso no es todo. Los ecosistemas de ribera también juegan un papel importante en el cuidado de la biodiversidad, ya que son hábitats para plantas, líquenes, hongos, microorganismos, aves, mamíferos, reptiles, anfibios y mucho más. La ribera también ayuda a sostener la biodiversidad acuática que se desarrolla dentro del río. Las copas de los árboles que cubren el cauce permiten mantener temperaturas bajas en períodos de mucho calor. Las raíces y troncos que caen en el río crean hábitats para nidificación y refugio de peces y macroinvertebrados. Las hojas y material leñoso, como los troncos, aportan alimento a muchas especies de micro y macroinvertebrados, quienes finalmente aceleran el reciclaje de la materia. Toda esta dinámica ecosistémica es clave para que los ríos sostengan poblaciones de especies de alta importancia de conservación, como el Huillín (*Lontra provocax*; **Figura 1**)

El apropiado funcionamiento del río y su ribera puede proveer más de 30 servicios ecosistémicos a nuestras comunidades locales y a la vida en sociedad. Sin embargo, las riberas y los ríos han sufrido graves perturbaciones que impactan su funcionamiento y capacidad de proveer servicios ecosistémicos, proteger el agua y la biodiversidad. Por ejemplo, la extracción desmedida de agua y los sedimentos del lecho afecta la dinámica natural de los ríos, cambiando las perturbaciones naturales de inundación y aumentando los procesos de erosión de los cauces. Además, la eliminación y deterioro de los boques y del suelo generado por las actividades agrícolas y forestales afectan la función de retención de sedimentos y contaminantes que se generan en las tierras aledañas al río. Más aún, los

cientos de especies que habitan las riberas en los paisajes agroforestales pueden perder los últimos hábitats disponibles para ellos en zonas de baja elevación, fuera de las áreas protegidas. La construcción de caminos, puentes y obras fluviales puede aumentar la dispersión de especies no-nativas.

Dado su valor social y ecológico, a lo largo de todo Chile existe un gran entusiasmo y preocupación por cuidar y restaurar las riberas y los ríos. Sin embargo, restaurar un ecosistema tan complejo como una ribera no es un acto sencillo. Por eso hemos preparado esta guía que resume conocimiento local, científico y aplicado para diseñar e implementar un proyecto de restauración del hábitat ribereño que logre recuperar la función de protección del agua, resguardar la biodiversidad y restaurar los vínculos de los habitantes con su hábitat. En los primeros capítulos encontrarán una breve descripción de las características físicas, biológicas de los ríos y riberas y su funcionamiento. La forma, función y dinámica fluvial de cada tramo del río están influenciadas por el clima, la geología, la topografía, que determinan el caudal (cantidad de agua) y la fuerza con la que se mueve el agua y los sedimentos (**Geomorfología y Dinámica Fluvial y El Clima y la Hidrología en una cuenca**).



Figura 1. El Huillín o nutria de río es una especie especialista de riberas con abundante vegetación.

Al igual que los ríos, los hábitats ribereños que acompañan los cauces pueden ser muy variados. El clima extremo en las altas montañas limita la posibilidad de que los esteros tengan vegetación o bien se generen riberas dominadas por plantas herbáceas, como pastos o arbustos de pequeño tamaño. En zonas de altitud media y las zonas bajas de la cuenca, donde el clima es menos extremo, las riberas pueden albergar densos bosques, donde cohabita una gran diversidad de organismos. El tipo de suelo y las inundaciones determinan finalmente las comunidades vegetacionales de las riberas (**Características del Hábitat Ribereño**). Los ríos presentan

una diversidad de ecosistemas acuáticos que va variando a través de la cuenca, según la topografía y la dinámica fluvial. Junto al agua se transportan sedimentos y materia orgánica en diversos estados de descomposición que son la base de la vida de organismos acuáticos (**Ecosistemas Fluviales: Funcionamiento y Biodiversidad**). A su vez, un aspecto fundamental en el funcionamiento de los ríos es la relación que la sociedad mantiene con ellos. Los ríos han sido ecosistemas esenciales para el desarrollo de la humanidad: fueron determinantes en los primeros asentamientos, al asegurar el acceso al agua para beber, posibilitar el desarrollo de la agricultura y servir como vías naturales para el transporte de personas y mercancías. Hoy en día, existen muchas actividades productivas que ocurren entorno a los ríos y sus riberas que generan destrucción y degradación de este ecosistema. Entender estas amenazas es un paso fundamental para poder identificar estrategias para su restauración. En la segunda sección de la guía, hemos introducido algunos principios de la restauración ecológica. Primero, ahondamos en el concepto de restauración adaptativa. Esto significa que, cuando se diseña una restauración, el monitoreo de los resultados debiera permitir aprender usando una base experimental y adaptar futuros manejos según lo aprendido (**Restauración Ecológica y Adaptativa**). Luego, desarrollamos el concepto de ecología de paisaje para referirnos al funcionamiento de los ecosistemas que se manifiestan de manera extendida en el territorio (**Principios de Ecología de Paisaje para la Restauración de Riberas**), y proponemos algunos criterios para definir objetos de restauración y selección de especies (**Restauración Socioecológica**). Esta sección se completa con la tercera sección, donde se presentan fichas técnicas sobre prácticas para restaurar riberas con diversas condiciones geomorfológicas y en variados estados de degradación (**Prácticas de Restauración de Riberas**).

Hemos dedicado la cuarta sección de la guía a presentar la cuenca del río Toltén, integrando experiencias de campo, estudios y relatos sobre ríos y riberas de investigadores, estudiantes y habitantes. En cuatro capítulos hemos querido resumir algo de la esencia del territorio para invitar a nuevas indagaciones y reconocer a las personas que lo habitan y sus formas de vida. En esta cuenca, confluyen aguas circulando ecosistemas de la más variada índole. En su recorrido, los ríos y el agua son la base de una gran diversidad de formas de vida, prácticas y experiencias (**Cuenca del río Toltén: un territorio socio-ecológico**). Además, presentamos una caracterización de los cambios en el clima observados en los últimos años (**Hidro-Clima de la cuenca del río Toltén**). Para completar el manual, creamos descripciones de los cohabitantes de la cuenca, aves, plantas, hongos e insectos que son comunes de observar junto a los ríos y esteros (**Fichas de Flora, Fauna y Funga**). Finalmente, recabamos algunas historias y motivaciones de las personas que habitan junto a los ríos de la cuenca (**Relatos de Habitantes Ribereños**), quienes amablemente nos abrieron sus puertas para compartir sus relatos.





Sección I

Dinámicas Físicas y Ecológicas de las Riberas

Geomorfología y Dinámica Fluvial

Cristián Escauriaza

Los ríos son componentes fundamentales del ciclo hidrológico de la Tierra y agentes importantes en la evolución del paisaje, transportando agua y sedimentos desde la superficie terrestre hacia el océano. Ellos albergan diversas comunidades de animales y plantas, constituyendo la fuente principal de agua para el consumo humano, los ecosistemas, y actividades como la generación de energía, la industria y la agricultura. Por otra parte, las inundaciones fluviales son uno de los peligros naturales más graves, y el daño que pueden causar el flujo y la erosión ponen en riesgo la vida de las personas y la infraestructura.

1. Factores que determinan la geomorfología y dinámica fluvial

Todos estos procesos están íntimamente conectados con la morfología de los ríos y la evolución temporal de los cauces que conforman la red de drenaje. Múltiples factores determinan la geomorfología y dinámica fluvial, como las características hidrológicas y climáticas de la cuenca, la actividad tectónica, la litología o características físicas y químicas de los sedimentos y rocas, y procesos adicionales como la historia de eventos pasados y las intervenciones humanas. Las variaciones ocurren en un amplio rango de escalas temporales y espaciales. Por ejemplo, cambios importantes de la morfología pueden ocurrir en pocos años debido a modificaciones en el régimen hidrológico, cobertura vegetal, o alteraciones directas en el cauce, como la extracción de sedimentos que pueden provocar erosión y degradación rápida del lecho.

2. Diversidad de formas y patrones de los ríos

Desde el punto de vista geomorfológico, la forma del cauce se refiere a su geometría tridimensional, incluyendo su ancho, profundidad y el perfil longitudinal del lecho. La morfología se encuentra relacionada directamente con la cantidad de agua que el río transporta. A medida que el caudal cambia, también lo hacen el ancho, la profundidad y la velocidad del flujo, además de la interacción con otros factores que influyen en la forma del cauce, como la vegetación ribereña, el tipo de sedimentos en el lecho y su tamaño.

La forma planimétrica de los ríos, que se refiere a los patrones que presenta el cauce al observarlo desde arriba, es otra de sus características geomorfológicas más relevantes y

permite clasificarlos e identificar los mecanismos principales que gobiernan su evolución (Figura 2). Así podemos separar los ríos en dos tipos:

1. Los ríos con un único cauce pueden ser relativamente rectos o presentar un cauce sinuoso. Los ríos con mayor curvatura se conocen como ríos con meandros. Estos son comunes en regiones con menores pendientes y sedimentos de menor diámetro, donde la vegetación o cohesión del suelo tienen un rol importante en el control de la erosión de las riberas.
2. Muchos ríos están también compuestos por varios cauces adyacentes, y generalmente se clasifican en dos categorías principales, ríos estables de múltiples brazos (llamados con anastomosis) o ríos trenzados. Los ríos con anastomosis se caracterizan por cauces separados por islas estables y vegetadas. Los ríos trenzados, en cambio, son anchos y tienen mucha disponibilidad de sedimentos. Sus cauces se encuentran llenos de confluencias y bifurcaciones, separados por depósitos de sedimentos temporales o barras. La posición de estas barras y de los cauces puede cambiar rápidamente con las condiciones de flujo.

En general, la forma planimétrica del río está influenciada por varios factores ambientales, pero principalmente por el caudal, la pendiente, el tipo de sedimentos, especialmente el tamaño y la disponibilidad de sedimentos en la cuenca. Los ríos pueden cambiar de una forma a otra si existen alteraciones de estos factores y, en general, se observa un ajuste continuo de la morfología del cauce y su forma planimétrica en respuesta a las condiciones ambientales y del flujo.

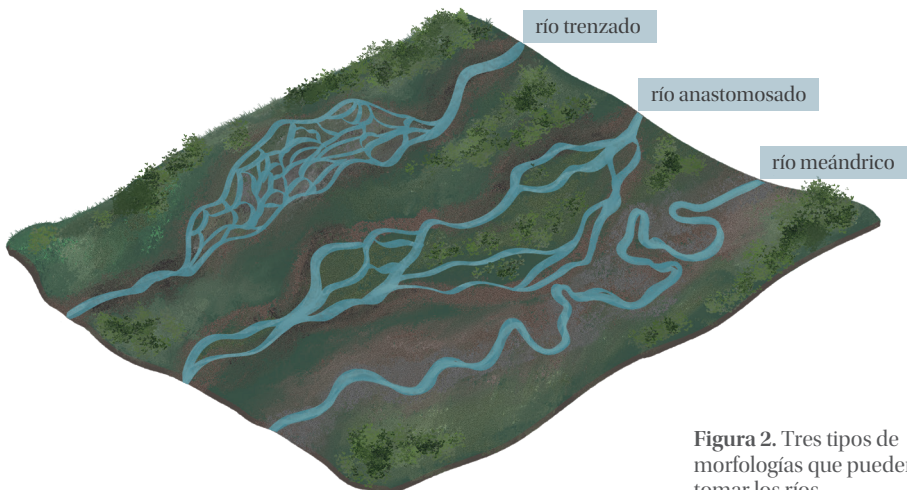


Figura 2. Tres tipos de morfologías que pueden tomar los ríos.

3. Dinámicas de transporte de sedimentos

La evolución morfológica del río en múltiples escalas espaciales y temporales ocurre por la compleja interacción entre el flujo y el lecho, y se encuentra principalmente controlada por los mecanismos de transporte de sedimentos. El movimiento del sedimento puede ocurrir como transporte de fondo, en el que las partículas se movilizan en contacto continuo con el lecho, y corresponde a material más grueso que se desplaza rodando, deslizándose o saltando. El transporte en suspensión es el que se mantiene en la columna de agua por la acción dinámica de la turbulencia del flujo y que generalmente es la fracción del material de menor tamaño del lecho. Este material más fino comúnmente termina depositándose en la costa o en planicies de inundación, en zonas con muy bajas velocidades.

Entender estos conceptos de geomorfología fluvial y sus potenciales efectos en el manejo de hábitats ribereños permite entender la relación con los ecosistemas, planificar proyectos de restauración y definir planes de manejo. Es importante considerar que las intervenciones humanas en estos sistemas pueden tener consecuencias inesperadas y producir cambios que requieren estudios sobre la evolución de los cauces y el diseño de potenciales medidas de mitigación necesarias para mantener su estabilidad.

Glosario

Anastomosis: Subdivisión del río en múltiples cauces que se mantienen estables por mucho tiempo, permitiendo el establecimiento de islas con vegetación.

Litología: Características físicas y químicas de los sedimentos y rocas.

Geomorfología: Estudio del relieve de la tierra o de un río, su origen, evolución y procesos que le dan la forma.

Referencia

Wohl, E. (2020). **Rivers in the Landscape**. John Wiley & Sons.

Charlton, R. (2007). **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Routledge.

Leopold, L. B., Wolman, M. G., & Miller, J. P. (1964). **Fluvial processes in geomorphology**. W. H. Freeman & Company, San Francisco, California.

El Clima y la Hidrología en una Cuenca

Andrea Redel

El clima es una característica esencial de una cuenca, ya que determina cuánta agua entra a esta cuenca, y en gran medida, cuánta sale. Las lluvias constituyen el ingreso de agua a la cuenca, que luego escurrirá sobre el suelo o a nivel subterráneo y recargar así los ríos y acuíferos. Las temperaturas regulan las condiciones para que esa lluvia caiga en forma de nieve o de agua. Mayores temperaturas permiten también mayor evapotranspiración, que es una salida del agua desde la cuenca a la atmósfera. Estos procesos ocurren en el denominado ciclo hidrológico. Conocer el ciclo hidrológico de una cuenca es clave para saber cuánta agua hay, dónde y el estado del agua disponible para las comunidades y ecosistemas que la conforman.

1. Factores climáticos que influyen en el ciclo hidrológico

Dentro de los factores climáticos que influyen en el ciclo hidrológico se encuentran las precipitaciones, las temperaturas, los caudales y la sequía. La cantidad de precipitaciones a lo largo del año, en qué intensidad y con qué frecuencia ocurren determinan en gran medida el tipo de vegetación que crece en un lugar. Las temperaturas influyen sobre el derretimiento de la nieve, pero también incrementa la evapotranspiración. Esta interacción entre la precipitación y la temperatura influye en las características de los ríos, los caudales, las inundaciones y la sequía.

A continuación, se describen las principales características de las precipitaciones, temperatura e hidrología que se usan para caracterizar el funcionamiento de una cuenca.

1.1. La Precipitación

La distribución de las lluvias en Chile varía ampliamente de norte a sur y entre la costa y la cordillera de los Andes. Hacia el sur, las precipitaciones son mayores y el clima es más templado. En la cordillera, con mayor altura, las precipitaciones también son mayores por las masas de aire caliente y húmedo que vienen del océano Pacífico y que se enfrían al subir por la cordillera de los Andes y se condensan generando nubes y lluvia. En cambio, hacia la costa las precipitaciones disminuyen por la regulación de los fenómenos oceánicos que influyen en el clima y el paso frontal de las lluvias. Estas diferencias en precipitación influyen en las especies de plantas y otros animales que habitan un lugar. Por ejemplo, las lluvias

determinan el establecimiento y la supervivencia de las plantas, influyendo en la producción de semillas y en el crecimiento de los árboles. La distribución de la lluvia a lo largo del año es importante porque la vegetación y el ecosistema están adaptados a su variación anual o estacionalidad. En Chile, las lluvias ocurren principalmente en invierno. En las partes altas de las cuencas, la precipitación cae en forma de nieve, acumulándose en los sectores altos de la cuenca. La nieve actúa como un reservorio natural del agua que se derrite gradualmente al llegar la primavera y el verano. De esta manera, el derretimiento de la nieve precipitada en invierno permite mantener los caudales de los ríos en verano (**Figura 3**).



Figura 3. Las temperaturas determinan la caída de la precipitación en forma de nieve o lluvia, modulando la disponibilidad durante el año.

¿Cómo se mueve el agua en la cuenca?

La precipitación que cae en forma líquida se mueve de diversas maneras sobre la superficie de la tierra (**Figura 4**). Puede caer e infiltrarse dentro del suelo o bien, escurrir hacia cursos de agua superficialmente o en las primeras capas del suelo. La intensidad de la precipitación y la humedad presente en el suelo puede afectar cuánta agua infiltra y cuánta escurre superficialmente. Una precipitación de mayor intensidad implica menor facilidad en el agua de infiltrar en el suelo, lo que implica mayor escurrimiento y mayor erosión. En cambio, menor intensidad de precipitación permite mayor disponibilidad de agua en el suelo para la vegetación. Sin embargo, en el caso de tormentas con grandes intensidades de precipitación, la infiltración es menor y el escurrimiento hacia los cauces es mayor. Esto conlleva a pequeñas o grandes inundaciones que permiten a los ecosistemas de ribera rejuvenecerse biológicamente. La precipitación total anual acumulada resume el patrón de precipitaciones a lo largo de un año, lo que ayuda a identificar posibles aumentos o déficits de precipitación sobre la cuenca.

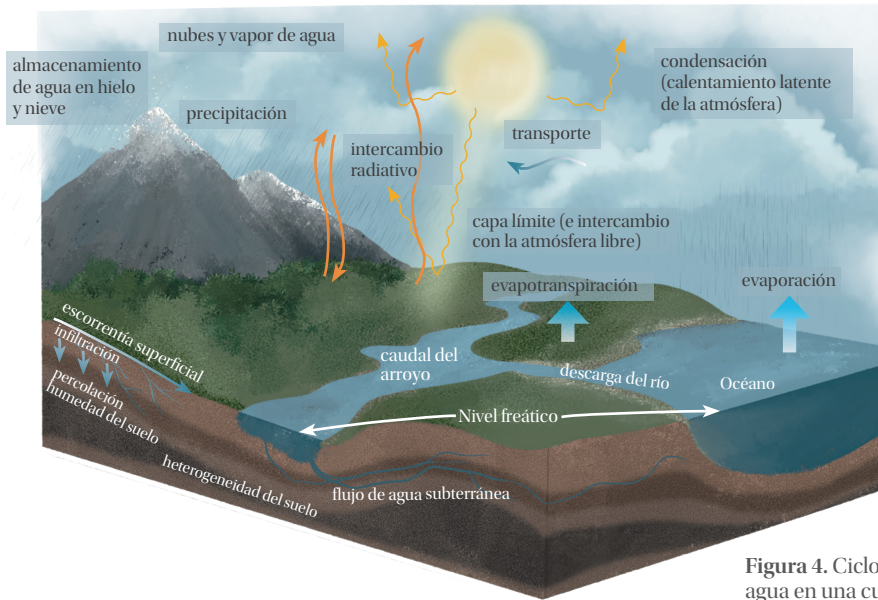


Figura 4. Ciclo del agua en una cuenca

1.2. Temperaturas

El clima del territorio chileno se caracteriza por tener estaciones marcadas, donde los meses de invierno presentan temperaturas más bajas, mientras que en los meses de verano las temperaturas aumentan. Además, las temperaturas varían latitudinal y longitudinalmente. De norte a sur, las temperaturas máximas diarias decrecen y las temperaturas mínimas alcanzan valores más bajos. De este a oeste, también hay una variabilidad en la temperatura, por la presencia de la cordillera de los Andes, la cordillera de la Costa, el valle y el sector costero. Generalmente, en una misma latitud, la temperatura es menor hacia el este y mayor hacia la costa, porque la cordillera de los Andes, ubicada en el límite este del país, alcanza mayores alturas. En los meses de invierno, esta menor temperatura en cumbres y alta montaña es clave para el mantenimiento del reservorio de agua en forma de nieve. Luego, cuando llegan los meses de verano, la nieve se derrite y permite el flujo de agua hacia la cuenca, cuando la precipitación es menor. Por otro lado, hacia la costa y en el valle, a bajas alturas, las temperaturas tienden a ser mayores. Con mayores temperaturas, se fomenta una mayor salida de agua del sistema mediante evapotranspiración.

La temperatura media mensual es un indicador que permite caracterizar patrones estacionales que puedan relacionarse, por ejemplo, con la germinación o la fotosíntesis en plantas. Además, existen los extremos térmicos, como días y noches cálidas o frías, que son

esenciales para medir las alteraciones climáticas. Por otra parte, las temperaturas extremas están directamente relacionadas con impactos en la salud humana, particularmente sobre adultos mayores.

1.3. Caudales

El agua que llega a los ríos de una cuenca puede venir directamente de la lluvia, del derretimiento de la nieve acumulada y aportes de agua subterránea. Esto hace que la cantidad de agua que fluye por los ríos varíe durante el año. En cuencas donde predomina el aporte de nieve, los ríos suelen tener más agua en primavera y verano, cuando las altas temperaturas derriten la nieve. Estos ríos se conocen por tener un régimen nival. Por otro lado, en cuencas donde el agua proviene principalmente de la lluvia, los ríos tienen mayor caudal en invierno, que es la época de mayores precipitaciones. Estos ríos se conocen como de régimen pluvial.

El comportamiento de los ríos también depende del lugar dentro de la cuenca. En las cabeceras, donde comienza el flujo de agua, los ríos suelen ser más pequeños y con caudales bajos. A medida que el agua desciende hacia la desembocadura, los ríos van reuniendo el flujo de otros afluentes, lo que aumenta significativamente su caudal. Además, la forma de la cuenca influye en la velocidad y la cantidad del escurrimiento del agua. Por ejemplo, en cuencas más alargadas, el caudal se distribuye de manera gradual, mientras que, en cuencas más redondeadas, el agua tiende a concentrarse rápidamente en los ríos principales, lo que puede generar caudales más altos en menos tiempo.

2. Cambio climático y sequía

El cambio climático global ha incrementado las temperaturas promedio, alterando las precipitaciones y los extremos térmicos, afectando especies, ecosistemas y comunidades urbanas y rurales. Por ejemplo, las especies han respondido a los cambios del clima, desplazando sus territorios a mayores altitudes. La interacción de las altas temperaturas y bajas precipitaciones impactan en la disponibilidad hídrica de la cuenca, generando mayores sequías. Mayores temperaturas aumentan la evapotranspiración y menores precipitaciones disminuyen el aporte de agua al sistema. Si ese aporte de lluvia es menor a la pérdida de agua por evapotranspiración, el balance hídrico es negativo y se presenta un déficit de sequía.

El calentamiento agrava la sequía, perjudica la fotosíntesis y la supervivencia de plántulas; acelera la evapotranspiración y reduce el agua disponible en el suelo. Frente a esto, los cauces y riberas en los ecosistemas brindan microrrefugios hidrológicos que facilitan el

aclimatamiento a las altas temperaturas, permitiendo la supervivencia y preservación de la biodiversidad. Las comunidades humanas también se ven afectadas directa e indirectamente por la sequía, por una menor disponibilidad de agua para el consumo o para la producción de alimento.

Glosario

Evapotranspiración: es el proceso de transpiración de las plantas junto al proceso de evaporación de agua en el suelo.

Estacionalidad en las precipitaciones: es la variación en la distribución de los eventos de precipitación a lo largo de las estaciones de verano, otoño, primavera y verano.

Intensidad de precipitación: cantidad de lluvia que cae en un tiempo dado.

Infiltración: es la velocidad en la que el agua ingresa al suelo.

Escurrimiento: es el agua que se mueve sobre la superficie del suelo o subsuperficialmente hacia un cauce o reservorio.

Temperatura media mensual: es el promedio mensual de las temperaturas medias diarias.

Balance hídrico: es la diferencia entre las entradas de agua hacia la cuenca y las salidas de agua.

Referencias

Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso-Aguila, D. (2020). **The Central Chile mega drought (2010–2018): A climate dynamics perspective.** *International Journal of Climatology*, 40(1), 421–439. <https://doi.org/10.1002/joc.6219>

Kreft, H., & Jetz, W. (2007). **Global patterns and determinants of vascular plant diversity.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(14), 5925–5930. <https://doi.org/10.1073/pnas.0608361104>

Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R. E., & Stromberg, J. C. (1997). **The natural flow regime.** *BioScience*, 47(11), 769–784. <https://doi.org/10.2307/1313099>

Características del Hábitat Ribereño

Catalina Suau

Los bosques ribereños son lugares llenos de vida, con una gran variedad de plantas, animales y hongos organizados en diferentes “niveles”. Desde el suelo hasta las copas de los árboles más altos, cada nivel alberga especies adaptadas a las condiciones únicas de este hábitat (**Figura 5**). En las alturas, los árboles grandes se estiran buscando la luz del sol, que cae directamente sobre sus copas. Un poco más abajo, hay árboles jóvenes creciendo, aunque las inundaciones frecuentes pueden romper sus tallos si son débiles, afectando su desarrollo. Algunos árboles tienen sus raíces sumergidas bajo el agua, integrándose al ecosistema acuático y ayudando a estabilizar los suelos de las riberas. Bajo los grandes árboles, donde llega poca luz y los suelos se anegan, se encuentra el sotobosque. En este piso, que es muy complejo y denso, se encuentra una gran diversidad de arbustos, helechos y plantas herbáceas de diferentes formas, tamaños y colores. Aquí también crecen flores



Figura 5. Bosque de ribera con un complejo sotobosque de quila, ampe, musgos y otras especies.

coloridas y vistosas trepadoras que se enredan en los troncos de los árboles. En los lugares más húmedos y sombríos, líquenes y musgos crecen sobre rocas y troncos húmedos, y el suelo puede estar cubierto de un suave colchón verde hecho de musgos y herbáceas pequeñas. En el suelo, las hojas y ramas caídas y troncos en descomposición, forman espacios y estructuras que mantienen la humedad que, junto con los árboles muertos en pie, son el hogar para una rica biodiversidad, desde pequeñas plantas, hongos a distintos grupos de animales.

1. ¿Qué es una ribera?

Las riberas son ecosistemas que rodean a cuerpos de agua como ríos y lagos. Son un hábitat de transición entre el ecosistema acuático y terrestre, funcionando como un puente entre ambos ecosistemas. El hábitat ribereño es dinámico, va cambiando a través del paisaje y del tiempo. Por ejemplo, cuando sube o baja el caudal puede cambiar la extensión de una ribera. Además, el tamaño y forma del río, la forma del terreno y la conexión entre ríos y el ecosistema terrestre también afecta lo que ocurre en la ribera. Las inundaciones también afectan la vegetación ribereña, la que puede ser muy diversa, variando en composición y estructura a través del paisaje, formando un gran mosaico y conectando a lo largo del río diversos ecosistemas.

1.1. Inundaciones

Las inundaciones son muy importantes para los ecosistemas ribereños. Ayudan a formar gran parte de los distintos hábitats ribereños, creando ambientes que favorecen las interacciones ecológicas y la biodiversidad. Estas pueden ser de pequeñas a grandes y de distintas duraciones. La frecuencia e intensidad de estas inundaciones logran desplazar los sedimentos, nutrientes, materia orgánica y propágulos vegetales y animales, generando condiciones variables de suelo y humedad que forman parte del hábitat de las especies.

Cuando ocurre una gran inundación, el agua despeja las orillas del río y se dejan al descubierto distintos tipos de suelos y materiales. La gran fuerza del agua puede erosionar las orillas, llevándose capas superficiales de suelos ricos en nutrientes, lo que puede afectar a diferentes especies. Al mismo tiempo, se pueden crear nuevos hábitats que otras especies pueden utilizar a su favor, como algunos tipos de plantas, hierbas o árboles pioneros que logran crecer en estas condiciones.

Las inundaciones intermedias aportan una gran diversidad y logran crear la estructura del ecosistema ribereño: traen nutrientes, sedimentos y partes de plantas que ayudan a enriquecer el suelo. El aumento en humedad cambia la forma de las áreas a su alrededor

para moldear distintos tipos de hábitats y que muchas especies logren establecerse. Finalmente, las inundaciones menores y las más frecuentes mantienen la humedad del suelo y la vida, favoreciendo la germinación de las semillas y la utilización del agua infiltrada en el suelo por las raíces de las plantas.

1.2. Suelos ribereños

Los suelos en hábitats ribereños actúan como una esponja gigante, ya que retienen el agua superficial y subterránea, lo que ayuda a mantener la humedad, favoreciendo la biodiversidad de plantas y animales, lo que genera muchos tipos de hábitats.

Los suelos en el ecosistema ribereño pueden ser muy diversos, respondiendo a la geología y disposición en la que se encuentra en la cuenca. Los suelos están formados por capas de materiales, llamados sedimentos, formados por rocas y minerales, como arena, limo y arcilla, que son transportados por el río. En las zonas más planas de la cuenca, los suelos actúan como una esponja gigante, ya que retienen el agua superficial y subterránea, lo que ayuda a mantener la humedad y que las plantas y animales sobrevivan en tiempos de sequía. Además, los suelos en las riberas suelen ser ricos en materia orgánica, que se acumula en el suelo por la falta de oxígeno, dada las condiciones de anegamiento que ocurren en los suelos de ribera. Gracias a la gran diversidad de suelos, existen plantas, hongos y animales adaptados a las diferentes condiciones.

2. Biota en hábitats ribereños

2.1. Vegetación

Cerca del río, las plantas suelen ser más jóvenes, gracias a que las semillas y propágulos se transportaron por el agua hasta llegar a la orilla. Más lejos del río, donde las inundaciones son menos frecuentes, hay árboles más grandes y comunidades más antiguas y diversas, con especies que tienen distintas adaptaciones. Esta mezcla de procesos crea una gran diversidad de hábitats a lo largo de la ribera (**Figura 6**).

En general, los suelos más ricos y la humedad ayudan a que la vegetación crezca abundante. Una forma de describir esta vegetación es pensando que se organiza en capas de altura. En el nivel más alto se desarrollan las copas de los árboles más grandes y antiguos. Estos árboles son conocidos como especies pioneras, ya que fueron las primeras en llegar luego de una gran perturbación a través del proceso de sucesión. Estos árboles están adaptados a condiciones de alta luminosidad, logrando desarrollar rápidamente sus ramas y raíces, siendo parte del hábitat de variadas especies. Bajo el suelo, albergan macroinvertebrados

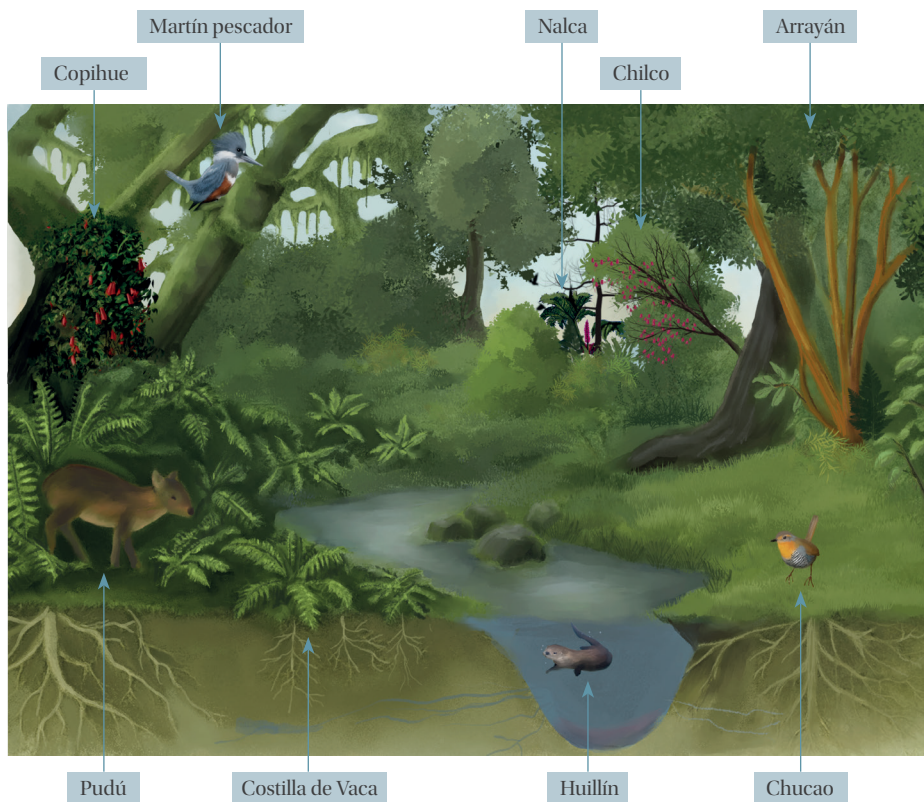


Figura 6. Vista del hábitat ribereño con abundante vegetación, hábitat para diversas especies.

¿SABÍAS QUE?

Los bosques ribereños templados de Chile poseen diferentes especies con características propias:

- En una sucesión, los primeros árboles en aparecer son del género *Nothofagus*, como hualles y coigües.
- Los árboles temu y pitra se encuentran adaptados para vivir en lugares con mucha agua.
- Dentro del sotobosque se pueden encontrar plantas trepadoras como el famoso copihue, herbáceas como las grandes nalcas, y arbustos como el bambú llamado quila y el hermoso chilco que crece en los ríos.

y en la superficie conviven hongos, enredaderas, helechos, musgos y aves, entre muchas otras formas de vida. Crecieron en suelos más simples y ayudan a preparar el suelo para las siguientes especies. Luego, bajo este gran dosel, aparecen árboles más pequeños o medianos, de etapas más avanzadas, que son más tolerantes a la sombra, formando hábitats más complejos.

Bajo los grandes árboles se puede formar un denso sotobosque, que es la vegetación que crece más cerca del suelo. En el sotobosque se genera un microclima, dado que la copa de los árboles genera condiciones de mayor humedad. A la sombra, pueden crecer diversas especies de árboles en regeneración y plántulas, arbustos, helechos, musgos y herbáceas. Esta tupida vegetación es también alimento y refugio para diferentes animales.

La vegetación ribereña cambia según la cantidad de agua que hay en el suelo. Cerca del río crecen plantas que soportan vivir con mucha agua, no así las especies más alejadas del agua. Es sorprendente cómo las plantas ribereñas han desarrollado adaptaciones para sobrevivir a los cambios de humedad. Por ejemplo, cuando el suelo está lleno de agua y casi no hay oxígeno, algunas especies sobreviven con sus raíces sumergidas por largos periodos, mientras que otras plantas hacen crecer raíces extras, llamadas raíces adventicias, que sobresalen del suelo para poder respirar. Otras tienen tallos y raíces muy flexibles para resistir al movimiento del agua. Además, tienen ingeniosas formas de reproducirse. Algunas usan el agua como un transporte para sus semillas en un proceso llamado hidrocoría, donde sus semillas viajan con la corriente y llegan a nuevos lugares para crecer. También, algunas envían trozos de ellas, como ramas, y se convierten en una nueva planta, como un clon, por diferentes zonas del bosque ribereño.

2.2. Hábitat para la fauna

Las características de la vegetación y la formación de sus múltiples niveles y espacios crean una gran variedad de hábitats para la fauna. Los grandes árboles entregan sitios de anidación y descanso para aves, los densos sotobosques, compuesto de arbustos, helechos y árboles jóvenes, ofrecen un refugio y sitios de reproducción para pequeños mamíferos, como roedores o marsupiales. La alta productividad y diversidad de plantas ribereñas ayuda a la herbivoría, ya que entrega un alimento de alta calidad. El material leñoso, las hojas caídas y la materia orgánica acumulada, junto con elementos físicos como rocas, generan hábitats ideales para especies más pequeñas, como invertebrados, anfibios, reptiles y también pequeños mamíferos (**Figura 7**). Además, son una fuente de alimento abundante para animales acuáticos. La diferente vegetación influye en la materia orgánica que se generará tras su caída o muerte, que sirve de alimento para los consumidores acuáticos, como macroinvertebrados. Luego

de las inundaciones, se acumulan grandes restos de madera, resistiendo las fuertes aguas y atrapando otros elementos, lo que incluso puede cambiar las corrientes y aumentar la erosión. Estos restos leñosos también ofrecen refugio y alimento a invertebrados terrestres y acuáticos, peces, micromamíferos e incluso aves de sotobosque.

¿SABÍAS QUE?

En el sotobosque de los bosques ribereños templados de Chile se encuentran aves como el huet-huet de garganta negra y el chucao. Su presencia indica una buena calidad del bosque ribereño y de sus pisos, considerándose *“especialistas de sotobosque”*.



Figura 7. El material leñoso muerto de gran tamaño aporta materia orgánica y crea hábitats para la biodiversidad acuática.

Glosario

Especies pioneras: Son los primeros seres vivos en colonizar un área luego de una perturbación. Estas especies tienen adaptaciones para sobrevivir con recursos limitados y suelos pobres en materia orgánica. Estas especies logran generar las condiciones ambientales para que, posteriormente, otras especies se puedan establecer.

Sotobosque: corresponde a la estructura vegetacional de un bosque que crece bajo el dosel superior arbóreo, que se extiende desde el suelo hasta 3 m. Incluye arbustos, trepadoras, hierbas, helechos, árboles pequeños, entre otras plantas. Entrega refugio, recursos de alimentación y sitios de reproducción para la fauna.

Referencias

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto, D., Stiassny, M. L. J. y Sullivan, C. A. (2006). **Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges.** *Biological Reviews*, volumen(81), 163-182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>

Ibarra, J. T., Altamirano, T. A., Rojas, I. M., Honorato M. T., Vermehren, A., Ossa, G., Gálvez, N., Martín, K. y Bonacic, C. (2018). **Sotobosque de bambú: hábitat esencial para la biodiversidad del bosque templado andino de Chile.** La Chiricoca.

Naiman, R. J., y Décamps, H. (1997). **The Ecology of Interfaces: riparian zones.** *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, volumen(28), 621-658. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>

Ecosistemas Fluviales: Funcionamiento y Biodiversidad

Francisco Correa-Araneda y Alfredo Ulloa Yáñez

1. ¿Qué son los ecosistemas fluviales?

Los ecosistemas fluviales son sistemas dinámicos y complejos que abarcan ríos, arroyos, quebradas y sus áreas adyacentes. Los ríos se organizan mediante una red de drenajes, que puede definirse como una megaestructura natural que interconecta arroyos, ríos, lagos, aguas subterráneas, humedales u otro tipo de ecosistemas acuáticos y que se distribuye a través del territorio, por donde fluyen y almacenan las aguas que provienen de las precipitaciones. La biodiversidad de los ecosistemas fluviales representa una de las expresiones más dinámicas, complejas y fascinantes de la vida en el planeta, pues integra múltiples niveles de organización, desde genes hasta comunidades enteras, incluyendo múltiples hábitats. Estos ambientes son el hogar de una inmensa diversidad de organismos adaptados a una gran variabilidad de condiciones físicas y químicas. La biodiversidad fluvial incluye, entre otros, microorganismos (bacterias, hongos y microalgas), invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Uno de los grupos más diversos y estudiados son los macroinvertebrados bentónicos (MIB), compuestos por larvas de insectos como efemerópteros, plecópteros y tricópteros, dípteros; moluscos como bivalvos y gastrópodos; y crustáceos como anfípodos e isópodos (**Figura 8**). Estos organismos son altamente sensibles a las condiciones ambientales del hábitat, lo que los convierte en excelentes bioindicadores de calidad del agua y del estado ecológico de los ecosistemas. Los patrones de distribución y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos generalmente están fuertemente relacionados con la velocidad de la corriente, tipo de sustrato, la dinámica de la materia orgánica, temperatura, oxígeno disuelto y pH. Además, muchos presentan importantes adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales para resistir el arrastre del flujo o para aprovechar microhábitats específicos. Los macroinvertebrados bentónicos desempeñan un rol clave en la transferencia de energía dentro de las redes tróficas al consumir recursos basales como macrófitas, algas, detritos y microorganismos, y al servir de alimento para consumidores de niveles tróficos superiores, como peces, anfibios, reptiles, aves acuáticas y mamíferos semiacuáticos.



Figura 8. Macroinvertebrados son organismos que pueden detectarse a simple vista, como este cangrejo de río (*Aegla* spp).

Respecto a los peces, los ecosistemas fluviales reúnen una diversidad taxonómica destacada en comparación a otros ecosistemas, especialmente en regiones de clima tropical, aunque también existen comunidades singulares en regiones templadas y boreales. Los peces fluviales ocupan una gran diversidad de nichos ecológicos, incluyendo herbívoros, detritívoros o depredadores. La mayoría de las especies están adaptadas a vivir en aguas rápidas, en términos de la velocidad de la corriente. Incluso, algunas migran a través de largas distancias en busca de áreas de desove, alimentación o refugio, permitiendo la interconexión funcional de diferentes tramos de las cuencas hidrográficas. Adicionalmente, las aves acuáticas y ribereñas utilizan estos ambientes para alimentarse, anidar y reproducirse, consumiendo peces, anfibios e invertebrados como parte importante de su dieta. Muchos reptiles encuentran en los ríos y sus zonas ribereñas tanto alimento como refugio, mientras que los anfibios, altamente sensibles a las condiciones ambientales, utilizan estos sistemas como hábitats esenciales durante sus ciclos de vida. Por su parte, mamíferos como nutrias, coipos y murciélagos insectívoros interactúan estrechamente con la biota fluvial, ya sea cazando en el agua o aprovechando los recursos asociados a las zonas ribereñas. Estas múltiples interacciones reflejan la complejidad ecológica de los sistemas fluviales, donde los flujos de energía y materia conectan a organismos muy diversos. Comprender estos vínculos resulta esencial para la conservación de la biodiversidad y el funcionamiento saludable de los ecosistemas acuáticos y sus paisajes asociados.

2. ¿Cómo funcionan los ecosistemas fluviales?

Las condiciones del medio: temperatura y alimento

El funcionamiento de los ecosistemas fluviales depende, principalmente, de variables asociadas a su entorno, entre ellas la temperatura, que define gran parte de los procesos

químicos y biológicos y, por lo tanto, la presencia o ausencia de especies. Otro factor fundamental es el tipo y cantidad de alimento que ingresa hacia los ecosistemas (materia orgánica vegetal), que influye en la composición de especies presentes en la base de la cadena trófica (invertebrados). Respecto a la temperatura del agua, esta depende directamente de la temperatura atmosférica y de la luz solar que pueda llegar hacia la superficie del agua. El surgimiento de aguas de origen termal, que emergen a temperaturas sobre los 50 °C, también puede influir en la temperatura del agua, pero su efecto por lo general es puntual. A escala de cuenca hidrográfica, la temperatura del agua tiende a ser menor en las partes altas (5-8 °C), cercanas a la cordillera o precordillera o en las zonas de origen de las aguas (cabeceras de cuencas), y también en aquellos tramos de ríos en donde la cobertura de la vegetación de ribera impide parcial o totalmente el paso de la luz solar. A medida que las aguas fluyen hacia zonas bajas de las cuencas o cercanas a la desembocadura, la temperatura aumenta paulatinamente (8-15 °C), dado que la temperatura atmosférica tiende a ser mayor y además los ríos incrementan su ancho, permitiendo una mayor incidencia de la luz solar.

Respecto a la dinámica de entrada de materia orgánica vegetal hacia los ríos, gran parte de esta ingresa en las zonas con presencia de bosques nativos en las riberas, que se ubican principalmente en la cordillera o precordillera, conocidas como zonas de rítrón, o en aquellas zonas bajas de las cuencas donde se conservan bosques de ribera con vegetación nativa, que tienden a ser cada vez más reducidos. En estas zonas, donde la luz solar es escasa, dado que es bloqueada por la vegetación antes de llegar a los ríos, también lo es la presencia organismos fotosintéticos (microalgas o vegetación acuática), por lo tanto, estos tramos de ríos se conocen como sistemas heterótrofos, que dependen principalmente de la entrada de energía (alimento vegetal) proveniente de su entorno. Este tipo de ecosistemas está representado principalmente por pequeños arroyos (esteros), con un flujo de agua permanente o temporal (se secan en verano), baja temperatura y sustratos rocosos de gran tamaño. Gran parte de la materia orgánica vegetal ingresa hacia estos ríos en forma de hojas muertas (secas), que se incorporan a las cadenas tróficas mediante un proceso de descomposición que conlleva una serie de etapas fundamentales.

Interrelaciones del medio con los organismos: la base del ciclo de nutrientes

En primer lugar, se liberan sustancias solubles al agua (taninos, sustancias húmicas); paralelamente, se inicia la colonización y descomposición por bacterias y hongos. Ambos pasos permiten que las hojas se ablanden, favoreciendo la colonización por invertebrados, quienes se alimentan de las hojas y las fragmentan en tamaños más pequeños. Los invertebrados encargados de este proceso están dominados principalmente por larvas

de insectos conocidos como “*fragmentadores*”; entre ellos, la mayoría de las familias de tricópteros, plecópteros y efemerópteros. En las partes altas de las cuencas también se encuentran invertebrados depredadores, como los insectos megalópteros o crustáceos como *Aegla* sp., que se alimentan de insectos fragmentadores y, que se a su vez, son el alimento principal de peces (truchas) y aves (martín pescador y pato cortacorrientes, entre otras) (**Figura 9**).

En las partes intermedias de las cuencas, conocidas como zonas de transición, los ríos tienden a ser más anchos, con menos vegetación y mayor temperatura. Es por esto que el número de organismos fragmentadores disminuye considerablemente, dando paso a la dominancia de organismos que se conocen como colectores y ramoneadores. Los colectores y ramoneadores son especies que se alimentan de material vegetal que ha sido fragmentado en las partes altas o microalgas que se desarrollan sobre las rocas, que son de menor tamaño que en las partes altas.

Finalmente, siguiendo este gradiente de condiciones ambientales, las zonas bajas de las cuencas cercanas a la desembocadura, conocidas como zonas de potamón, se caracterizan por la ausencia de material vegetal particulado grueso y la dominancia de material vegetal cada vez más pequeño. Además, producto de la meteorización de las rocas (desintegración o fragmentación en tamaños más pequeños producto de abrasión), dan paso a un sustrato cada vez más pequeño (compuesto principalmente por arena) donde no pueden asentarse las microalgas. Estas condiciones determinan que los organismos fragmentadores y ramoneadores ya no estén presentes, dando lugar a la dominancia de organismos colectores o filtradores, como el bivalvo *Diplodon chilensis*, o el caracol de agua dulce *Chilina* spp.

Cada grupo mencionado previamente cumple roles funcionales únicos en el ciclo de nutrientes y el flujo de energía en los sistemas acuáticos. Además, la respuesta de estos organismos a los cambios derivados de actividades humanas varía considerablemente entre especies, de las cuales aún su conocimiento es limitado. Por lo tanto, estos ecosistemas no solo proveen recursos vitales para las personas, sino que también son el hábitat exclusivo de una biota excepcionalmente rica, endémica y sensible. Aunque algunas especies tienen una distribución amplia, la naturaleza fragmentada de estos hábitats ha impulsado la evolución de muchas especies con rangos geográficos restringidos, frecuentemente limitados a un lago o cuenca hidrográfica específica. Esta fragmentación y alto endemismo limita la capacidad de las especies de agua dulce para migrar, restablecer poblaciones extintas localmente o adaptarse al cambio climático, lo que las hace extremadamente vulnerables a los impactos humanos. Proteger y restaurar estos ecosistemas es esencial para garantizar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que sustentan tanto a la humanidad como al medio ambiente.

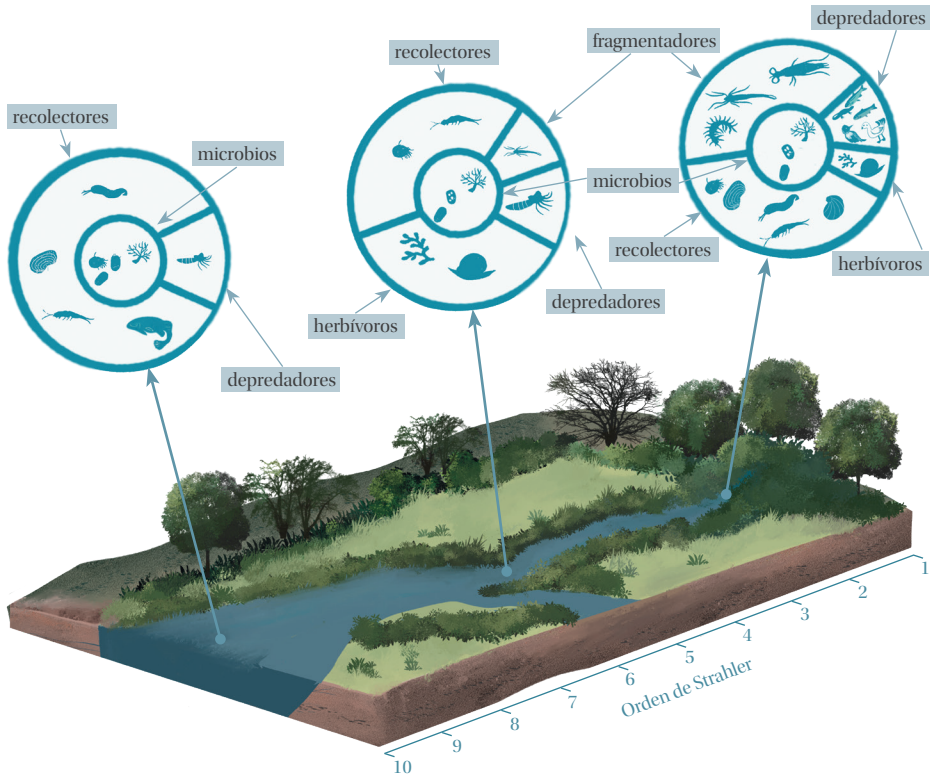


Figura 9. Concepto del río continuo que representa las variaciones en la comunidad de macroinvertebrados en respuesta a las condiciones de los ríos y su entorno (Representado por el orden de Strahler)

Referencias

Cummins, K. W. & Klug, M. J. (1979). **Feeding ecology of stream invertebrates.** Annual Review of Ecology and Systematics 10, 147-172.

Ward, J. V. & Stanford, J. A. (1983). “**The serial discontinuity concept of lotic ecosystems,**” in Dynamics of Lotic Ecosystems, eds. T. D. Fontain and S. M. Bartell (Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Group) 29-42.

Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, And C. E. Cushing. (1980). **The river continuum concept.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130-137.





Sección II

Restauración Adaptativa y Socioecológica

Restauración Ecológica y Adaptativa

Pablo Becerra

En las últimas décadas ha surgido un gran interés, y muchas veces la necesidad, de recuperar la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas (e.g. captura de carbono, regulación del ciclo hidrológico, producción de oxígeno, hábitat para fauna y microorganismos) que se han perdido debido a las actividades humanas. Esta recuperación puede lograrse con un proceso de restauración ecológica, que se define como el proceso de asistir a la recuperación de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos. Básicamente, consiste en un conjunto de acciones planificadas que permiten recuperar la biodiversidad y funciones de los ecosistemas, y se aplica principalmente cuando estos no pueden recuperarse por sí solos o donde esta recuperación natural es lenta e incierta. Aunque en muchos casos es muy difícil recuperar el ecosistema original, el objetivo es al menos intentar restaurar la mayor parte de las especies y funciones que el ecosistema original presentaba antes de su alteración. El primer paso para implementar acciones de restauración ecológica es desarrollar un plan de restauración que presente los siguientes elementos: 1) objetivos de restauración, 2) diagnóstico del área a restaurar, 3) identificación del ecosistema de referencia, 4) definición de metodologías de restauración, y 5) plan de monitoreo y readaptación de medidas de restauración.

1. Objetivos de restauración

Dependiendo de las necesidades ecológicas, sociales y económicas, un plan de restauración puede tener diversos objetivos. Por ejemplo, un objetivo podría ser la recuperación de funciones productivas, de manera de restablecer la posibilidad de extraer recursos del ecosistema para las comunidades humanas. Otras razones pueden ser la recuperación de la función de regulación del ciclo hidrológico y producción de agua en alguna cuenca, la generación de hábitats para fauna y flora con problemas de conservación, recuperación de la belleza escénica para fines turísticos o, simplemente, la recuperación de la biodiversidad para su posterior preservación. Un proyecto de restauración ecológica puede tener uno o varios objetivos, que deben estar definidos considerando los requerimientos socioeconómicos y ecológicos del sitio donde se va a establecer la restauración. Por ello, el plan y los procesos de restauración deben desarrollarse de manera participativa con la comunidad. Dentro de los objetivos acordados con la comunidad se deben establecer no

solo los usos que se le dará al ecosistema, si no también especies preferentes y sitios o hábitats prioritarios para restaurar.

2. Diagnóstico del área a restaurar

Después de visualizar los posibles objetivos de restauración es necesario desarrollar un diagnóstico del área en que se desea trabajar para conocer el estado ecológico o de degradación del sitio a restaurar (Figura 10). Por ejemplo, se requiere hacer una evaluación de la composición, estructura y regeneración natural de la vegetación, la composición de fauna e idealmente también de microorganismos, estado de desarrollo del suelo, entre otros. Esta información permite definir el potencial de recuperación natural del sitio, lo cual posteriormente orientará las acciones de restauración. Es importante considerar que dentro del sitio que se va a restaurar puede haber una alta variabilidad en el nivel de degradación. Por ejemplo, algunas áreas pueden tener vegetación mejor conservada, como los bosques. Otras áreas pueden estar abiertas, sin vegetación, correspondientes a una condición más degradada. Es posible que la vegetación mejor conservada pueda recuperarse sin ningún tipo de acción de restauración o con acciones menores. En cambio, los sitios con mayores niveles de degradación o quizás otros poco degradados, pero donde se desea acelerar la recuperación, puedan requerir acciones más intensivas de restauración.



Figura 10. Ribera degradada por el corte de árboles y uso del ganado (der.). Bosque de ribera típico de esteros de poca profundidad, con especies de Mirtáceas creciendo en el lecho y abundante desarrollo del sotobosque (izq.).

3. Identificación del Ecosistema de referencia

Para poder establecer las acciones de restauración es necesario previamente tener claridad de la biodiversidad y funciones ecosistémicas que se desea generar con el proceso de restauración. Para esto, se debe identificar un ecosistema de referencia al que se quiere llegar con las acciones de restauración. Este ecosistema se describe en términos de la composición y abundancia de las especies que lo van a componer y de funciones del ecosistema que se quiere recomponer. El ecosistema de referencia puede variar entre el original del área, previo a toda intervención antrópica y el que existiría potencialmente en la actualidad, considerando alteraciones poco o no manejables, por ejemplo, las relacionadas con el cambio climático. Para establecer el ecosistema de referencia se deben hacer estudios en áreas donde aún exista el ecosistema sin perturbaciones. Sin embargo, algunas veces no se cuenta con áreas que presenten el ecosistema original no degradado, en cuyo caso se debe recurrir a literatura o estudiar sectores cercanos similares al ecosistema de interés. Actualmente, un aspecto relevante para definir de manera realista el ecosistema de referencia es considerar las especies que pueden desarrollarse en el área en presencia de las nuevas y futuras condiciones climáticas. Para ello, se deben incluir especies que, bajo las condiciones actuales y futuras del clima de la localidad, puedan regenerarse permanentemente, al menos una vez que algunas restricciones ambientales han sido superadas a través de medidas de restauración.

4. Metodologías de restauración

Para definir las estrategias y técnicas que permitan restaurar el ecosistema de referencia, se debe considerar el mayor conocimiento posible acerca de la ecología de las especies y del sitio, especialmente respecto a factores bióticos y abióticos que pueden limitar procesos de sucesión natural. También pueden influir en las estrategias y técnicas de restauración, la velocidad con que se quiere restaurar y los recursos financieros disponibles.

De esta manera, la estrategia de restauración de un ecosistema puede incluir técnicas pasivas, técnicas activas, o una combinación de ambas (**Tabla 1**).

En cualquier proyecto de restauración siempre se debe comenzar por eliminar o controlar los agentes que generan degradación, al menos los identificados como más importantes. Es decir, normalmente se inicia el proceso de restauración de manera pasiva. Si al aplicar esta estrategia se observa que no se logra la recuperación del ecosistema o esto está ocurriendo más lento que lo deseado, se puede proceder con métodos más activos. Sin embargo, en algunos casos, antes de comenzar el proceso de restauración y, en base al diagnóstico realizado, es posible establecer una necesidad inmediata de tratamientos activos. Por

ejemplo, en áreas donde no existe en la cercanía una fuente de semillas o alguna población desde donde el área a restaurar se suministre de nuevos individuos, probablemente varias o todas las especies deberían ser reintroducidas a través de técnicas activas. En este caso, la reforestación es necesaria.

Tabla 1. Características de estrategias de restauración pasiva y activa.

Estrategia de restauración	Aproximación metodológica	Ejemplos de medidas de restauración	Forma de recuperación
Pasiva	Aplicación de acciones que permitan controlar o detener agentes de degradación.	<ul style="list-style-type: none"> • Control de talas no planificadas. • Regulación de caza. • Prevención de incendios. • Control de ganadería. • Control de contaminación. • Erradicación de especies introducidas. 	Recolonización natural de la biota del ecosistema a través de procesos de sucesión natural.
Activa	Reintroducción artificial de especies. Se aplica cuando las especies no pueden recolonizar el área tras controlar los agentes de degradación.	<ul style="list-style-type: none"> • Plantación de especies vegetales. • Siembra de especies vegetales. • Descontaminación. • Translocación de especies animales o microorganismos. 	Establecimiento de poblaciones desde individuos reintroducidos en diferentes etapas de desarrollo del ecosistema.

Algo similar puede ocurrir si en el área a restaurar existen altos niveles de contaminación o fuertes alteraciones del sustrato. En estos casos, medidas más activas también son necesarias. Sin embargo, normalmente, en un área se deben combinar ambas estrategias. Por ejemplo, algunas especies pueden reintroducirse a través de reforestación, mientras que con otras podría ocurrir dispersión natural desde poblaciones cercanas, lo que debe monitorearse para corroborar su ocurrencia. La estrategia de restauración pasiva es normalmente menos costosa financieramente, pero implica un mayor tiempo de ejecución. Una estrategia activa implica mayor costo, pero la recuperación puede ser más rápida y segura.

5. Monitoreo y adaptación de medidas de restauración

Una vez que ya se han establecido las primeras acciones de restauración, se debe establecer un monitoreo que permita medir el éxito de estas. Se deben evaluar periódicamente diferentes parámetros del ecosistema que se interesa recuperar. Por ejemplo, la diversidad y abundancia de especies de diferentes tipos de organismos, niveles de contaminación (si

se contemplaron medidas de descontaminación) o abundancia de especies introducidas (si se incluyeron medidas de erradicación o control de invasoras), funciones ecosistémicas (cantidad y regulación hídrica, captura de carbono, procesos tróficos y reproductivos, entre otros).

Es altamente probable que alguna de las medidas de restauración aplicadas no conlleve la recuperación esperada o que esta sea más lenta de lo previsto. Esto se debe a que el trabajo y manejo de sistemas complejos superan la capacidad del ser humano para predecir con precisión su comportamiento. Por ello, también es frecuente que, a lo largo del proceso de restauración, se deban modificar o incorporar nuevas medidas dirigidas a mejorar su avance. Es decir, el proceso de restauración debe contemplar una gestión adaptativa.

La restauración adaptativa consiste en el desarrollo de un proceso de restauración de aprendizaje continuo, en el que permanentemente exista una evaluación del éxito de las medidas y una modificación de la estrategia o tratamientos, en caso que los indicadores de éxito no alcancen los niveles deseados (**Figura 11**). Por ejemplo, en el caso de procesos de restauración de ecosistemas de riberas es posible que se haya reforestado con diferentes especies nativas de la zona, después de cercar y evitar perturbaciones generadas por el ganado. El crecimiento de plantas pequeñas es lento e incluso, aunque se haga de manera apropiada y abundante, durante los primeros años siempre quedan espacios abiertos sin vegetación. Es posible que en estos primeros años se produzca la invasión de alguna especie exótica no deseada, lo que podría ocurrir si sus semillas se dispersan por el mismo curso de agua. Por esta razón, la estrategia de restauración del ecosistema debería adaptarse a esta nueva situación, incluyendo medidas que permitan controlar o erradicar la especie invasora.

¿SABÍAS QUE?

- Los ecosistemas que se han perdido o degradado pueden recuperarse a través de procesos de restauración ecológica.
- Un proceso de restauración requiere de un plan basado en conocimiento científico de aprendizaje permanente, denominado restauración adaptativa.
- El éxito de un proceso de restauración no solo depende de la aplicación de técnicas correctas sino también del apoyo de la comunidad de personas que habitan cerca del área a restaurar.



Figura 11. Proceso de reforestación en la ribera. a) Ribera degradada. b) Cercado para regular el acceso al cauce, y reforestación. c) Resultado de las prácticas aplicadas.

Adicional al monitoreo de estos parámetros de éxito, permanentemente debiera desarrollarse un seguimiento de la integridad de las medidas aplicadas. Por ejemplo, la condición de los protectores de plantas, el estado de cercos y mangueras o de los contenedores de agua, etc. Es común que en áreas reforestadas se produzca vandalismo, o que el ganado o roedores destruyan algunas estructuras necesarias para el éxito de procesos de reforestación o del proyecto de restauración, en general. Esto puede ocurrir en cualquier momento y muchas veces no existe suficiente financiamiento como para que el personal asociado al proyecto de restauración visite el área periódicamente y menos para mantener un guardia en el área. Por estas razones, las observaciones permanentes que puede hacer la comunidad que habita el área y, especialmente el aviso oportuno respecto de este tipo de problemáticas, pueden marcar la diferencia en el éxito de estos proyectos. Por lo tanto, las comunidades locales juegan un rol importante en la protección de los procesos de restauración. De esta manera, es crucial el involucramiento de las comunidades locales en los proyectos de restauración, desde las etapas iniciales de planificación, para establecer los objetivos de restauración apropiados, como también para la protección del proceso mismo.

Glosario

Invasión especies exóticas: Es un proceso en el que especies que han sido introducidas antrópicamente a un país o región de otras zonas geográficas diferentes a las de su distribución natural, logran sobrevivir y establecer poblaciones abundantes en áreas distanciadas de donde fueron introducidas. Algunas especies invasoras pueden tener efectos importantes en la diversidad biológica nativa del lugar. Esta introducción, generada por el ser humano, puede ser intencional o no. La invasión de especies exóticas ha sido considerada una de las causas más importantes de extinción de especies nativas.

Fragmentación de los ecosistemas naturales: Es un proceso donde un tipo de hábitat relativamente homogéneo, por ejemplo un bosque, es intervenido o perturbado, normalmente eliminándose parte de su superficie, lo que genera una reducción de su continuidad, resultando en al menos dos áreas de hábitat separadas y aisladas por otra condición ambiental. Generalmente, este fenómeno es consecuencia de actividades humanas, como el cambio de uso de suelo, y tiene impacto en la biodiversidad y en los procesos ecológicos presentes en el hábitat fragmentado y en el paisaje en el que está inmerso.

Referencias

Gann, G., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C., Jonson, J., Hallett, J., Eisenberg, C., Guariguata, M., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., y Dixon, K. (2019). **International principles and standards for the practice of ecological restoration.** Second edition. Restoration Ecology, volumen (27),S1-S46. doi

Huxel, G. R., y Hastings, A. (1999). **Habitat loss, fragmentation, and restoration.** Restoration Ecology, volumen (7), 309-315. doi

Fischer, J., y Lindenmayer, D. B. (2007). **Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis.** Global Ecology and Biogeography, volume (16), 265-280. doi

Van Andel, J., y Aronson, L. (2006). **Restoration.** Blackwell Publishing. UK. 340 p.

Zedler, J. y Callaway J. (2002). **Adaptive restoration: a strategic approach for integrating research into restoration projects.** En: Managing for healthy ecosystems, Rapport D, Lasley B, Rolston D, Nielsen N, Qualset C, Damania A (eds). CRC Press, 1552 p.

Principios de Ecología de Paisaje para la Restauración de Riberas

Isabel M. Rojas

Si bien la restauración de ecosistemas requiere una planificación a escala de sitio o de un predio, es importante pensar cómo las acciones de restauración van a influir en la biodiversidad y funcionamiento del ecosistema ribereño a través de toda la cuenca. Para ello, necesitamos una aproximación de ecología de paisaje que nos permita observar el río como un ecosistema que interactúa con otros ecosistemas a través de toda la cuenca. La biodiversidad y funcionamiento de un río depende en gran medida de los procesos físicos, químicos, biológicos y culturales que ocurren a través de la cuenca. Por lo tanto, para que las acciones de restauración del hábitat ribereño sean efectivas, es necesario que los programas de restauración consideren:

1. Identificar las perturbaciones antrópicas que ocurren en el paisaje, fuera del sitio, pero que afectan su funcionamiento.
2. Evaluar los efectos que las acciones de restauración que ocurren en un sitio puedan tener en las propiedades del río a escala de cuenca.

Por ejemplo, los bosques ribereños pueden proveer conectividad del hábitat a las especies terrestres a través de la cuenca, si estos bosques facilitan la conectividad del hábitat, o forman un continuo, a través de toda la red de ríos, cauces y con otros bosques. Entonces, la restauración a escala de un sitio se puede planificar de manera que no solo se recupere el bosque en un sitio, sino también la conectividad del hábitat a través de toda la cuenca, para ayudar a que las especies puedan desplazarse.

En este capítulo abordaremos tres funciones básicas de los ríos como ecosistemas que requieren una aproximación de ecología de paisaje para asegurar que se cumplan los objetivos de programas de restauración: la conectividad del hábitat ribereño, la conectividad fluvial en tres dimensiones y las dinámicas de erosión y deposición. Antes de desarrollar estos objetivos de restauración, vamos a describir las escalas de trabajo que se deben ser considerar a la hora de diseñar un proyecto de restauración de riberas.

1. Múltiples escalas para pensar la restauración de ribera

Los procesos que le dan forma y vida a los cauces naturales ocurren de manera anidada a distintas escalas espaciales, desde el microhábitat hasta la red completa de cauces que drenan una cuenca (**Figura 12**). Por ejemplo, la composición de especies de un bosque ribereño depende de las condiciones del microhábitat presentes en un sitio. A su vez, este microhábitat va a estar definido por las condiciones del tramo del río, dependiendo de si es un tramo confinado, sinuoso o trezado. Por su parte, cada tramo es parte de una sección de un río que va a estar caracterizada por sus procesos de erosión y deposición dominante, dependiendo de si está ubicado en la zona de montañas, valle o cercano a la desembocadura. Del mismo modo, las secciones de un río que están aguas abajo dependen de las secciones del río aguas arriba, influyendo en el funcionamiento y características de las secciones del río aguas abajo. Para planificar una restauración del hábitat ribereño, entonces se deben considerar acciones a múltiples escalas para lograr la recuperación de la biodiversidad y las funciones objetivo.

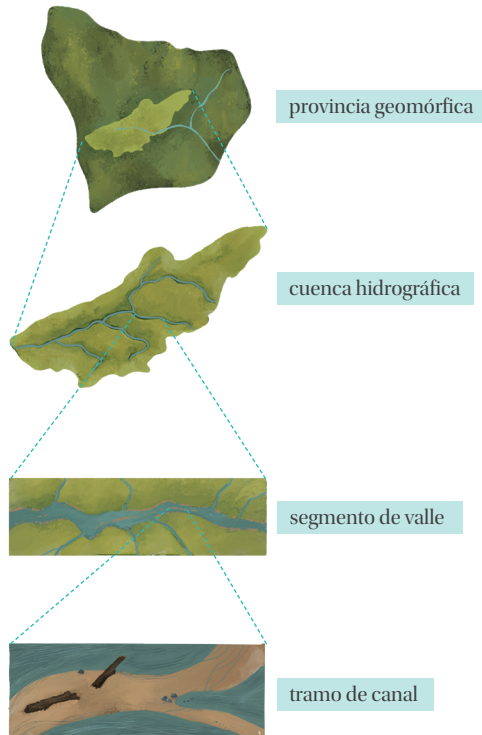


Figura 12. Múltiples escalas de paisaje que deben considerarse para la restauración de riberas.

2. Restauración de la conectividad del hábitat ribereño

Los ecosistemas ribereños pueden funcionar como corredores de biodiversidad; esto significa que es un hábitat que facilita el movimiento de las especies, incluyendo aves, mamíferos, reptiles, insectos, plantas, hongos, entre muchas otras (Figura 13). Es importante que las especies se muevan a través del paisaje para cumplir con sus necesidades básicas diarias (como alimentarse, reproducirse, y descansar), para la dispersión de individuos a nuevos territorios e incluso cuando las especies se desplazan en respuesta a los cambios que ocurren en sus hábitats. Los ríos y sus ecosistemas ribereños recorren largas distancias. Cuando estos ecosistemas están bien cuidados pueden facilitar el desplazamiento de especies, asegurando la permanencia de las poblaciones a través del paisaje. Esta función es muy importante en paisajes donde queda poco hábitat disponible para la permanencia de las poblaciones.

Sin embargo, muchos ecosistemas ribereños se han perdido. Por lo que el hábitat ribereño disponible en el paisaje puede que no cumpla su función de corredor de biodiversidad, al estar desconectado de otros bosques. Es aquí donde la restauración de ecosistemas con una aproximación de ecología de paisaje puede ayudar. Por ejemplo, la restauración de un bosque ribereño puede ser localizada de manera estratégica para recuperar la conectividad entre dos parches de bosque que están desconectados. De esta manera, se recupera el bosque en el sitio restaurado y, al mismo tiempo, aumenta la posibilidad de que las especies se muevan a través del bosque.

Mantener el hábitat ribereño continuo también aporta a la función de protección de la calidad del agua. Esto, dado que para que no ingresen contaminantes y sedimentos al río, es necesario que toda la red hídrica se mantenga, reduciendo al máximo los sitios que están desprovistos de vegetación. Algunos estudios recientes han demostrado que no basta con mantener riberas bien protegidas solo en algunos sitios, sino que es necesario que toda la red de cauces naturales esté cubierta de vegetación para asegurar el cuidado del agua.



Figura 13. Delta del río Trancura.

3. Restauración de la conectividad fluvial del río en tres dimensiones

Los científicos de ríos reconocen que la conectividad fluvial se debe mantener en tres direcciones:

1. la conectividad a través del cauce.
2. la conectividad horizontal entre el cauce activo y la ribera.
3. la conectividad vertical, que es la conexión entre el cauce y el subsuelo bajo el río.

De esta manera, así como las aves deben desplazarse, también la biodiversidad de organismos acuáticos, los nutrientes y sedimentos deben poder movilizarse a través del río en estas tres dimensiones. Por ejemplo, diversas especies de peces requieren de distintos tipos de hábitat, dependiendo de su estado de desarrollo y el ciclo fenológico. Los adultos, por ejemplo, buscan pozas de caudales tranquilos para depositar huevos entre rocas y ramas. Sin embargo, ocupan una diversidad de hábitats, desplazándose aguas arriba y abajo, para buscar su alimento. Esta necesidad de desplazamiento también es importante para los nutrientes y el alimento que se moviliza a través de los ríos. Por ejemplo, las hojas que son trituradas aguas arriba llegan luego en forma de partículas o carbono disuelto aguas abajo. Estos aportes de nutrientes son el sustento alimenticio de otros organismos aguas abajo. Más aún, el agua que escurre superficialmente en el río está conectada al agua subterránea bajo el río en la zona hiporreica, donde ocurre un rico intercambio de nutrientes y moléculas en diversos estados catiónicos, que aportan al funcionamiento de las cadenas tróficas y el ciclo de los nutrientes.

3.1. Infraestructuras y su impacto en la conectividad fluvial

Varios tipos de infraestructura que son típicas del manejo tradicional de ríos, como diques, enrocados, canalización, represas, colectores de agua lluvia, puentes y caminos en terraplén pueden generar discontinuidades en el flujo del agua en alguna de estas tres direcciones (longitudinal, vertical y horizontal) (**Figura 14**). Esta desconexión afecta gravemente los procesos que sostienen la dinámica natural del río, la ribera y el ecosistema acuático. Por lo tanto, es importante considerar la continuidad del flujo del río a la hora de planificar la restauración de las riberas y el hábitat acuático. Por ejemplo, para evaluar las opciones de restauración de la ribera de un sitio es importante considerar si existen barreras al flujo aguas arriba. Esto, dado que es posible que la dinámica de inundación del sitio sea una consecuencia a las perturbaciones antrópicas cambiantes y no a la dinámica natural de inundaciones. Al mismo tiempo, si se restaura la vegetación de una ribera, pero existen barreras al movimiento de las especies en el río, entonces es posible que la restauración del hábitat no sea efectiva en recuperar la biodiversidad del ecosistema acuático. Ya que,



Figura 14. Enrocado en la ribera del río Tolteón ayuda a reducir la erosión del cauce, pero desconecta la ribera del cauce.

si bien el hábitat ribereño es adecuado, por ejemplo, proveyendo sombra y nutrientes para diversas especies, la discontinuidad del cauce limita la presencia de ciertas especies.

4. Restauración de la dinámica de erosión y deposición

Otro aspecto clave de la restauración de ríos es considerar las dinámicas naturales de erosión y deposición de sedimentos que ocurren a través de toda la cuenca. Esta dinámica va diversificando la forma del cauce a través del paisaje, variando en número de canales, rápidos, pozas, sinuosidad, presencia de barras, islas y vegetación. Los objetivos de restauración, por lo tanto, deben considerar que un río está en un estado de constante cambio, velando por sostener los procesos dinámicos, más que conseguir un estado estable del río, la ribera y su cauce.

La erosión y deposición de sedimentos son parte de la dinámica natural de un río. Los patrones de erosión y deposición son dinámicos en el tiempo y el espacio, y dependen de inputs de sedimentos y agua que se movilizan a través del río en su larga extensión. Por ejemplo, el nivel de erosión que ocurre en un sitio al borde del cauce depende de procesos que están ocurriendo aguas arriba y abajo, y de las lluvias de ese año. A su vez, la deposición de bancos de piedras y arenas es el resultado de esta misma dinámica natural del río. Diversas actividades humanas pueden alterar esta dinámica. Por ejemplo, la extracción de

áridos en un sitio puede alterar los patrones de erosión y deposición aguas abajo, generando erosión donde antes no había. De manera similar, la implementación de muros, barreras o enrocados altera los patrones de erosión y deposición aguas abajo. Para restaurar los procesos de erosión y deposición es necesario observar las perturbaciones antrópicas y la infraestructura en toda la cuenca, es decir, a escala de cuenca con una aproximación de la ecología de paisaje y no solo pensando en el sitio a restaurar.

Glosario

Ecología de paisaje: es el estudio de las interacciones entre un organismo, los ecosistemas o un socioecosistema y el medio ambiente o territorio circundante. A través del estudio de patrones, esta ciencia busca identificar cómo el entorno influye en las características y funcionamiento de un sistema.

Conectividad del hábitat: capacidad del paisaje para facilitar el desplazamiento de un organismo, ya sea para dispersarse, moverse dentro de su ámbito de hogar o encontrar nuevos hábitats para establecerse.

Tramo: segmento de un río con condiciones geomorfológicas homogéneas.

Referencias

Naiman and, R. J., & Décamps, H. (1997). **THE ECOLOGY OF INTERFACES: Riparian Zones.** Annual Review of Ecology and Systematics, 28(1), 621–658.

Malanson. 1993. **Riparian Landscapes.** Cambridge University Press

Fierro, P., Bertrán, C., Tapia, J., Hauenstein, E., Peña-Cortés, F., Vergara, C., Cerna, C., & Vargas-Chacoff, L. (2017). **Effects of local land-use on riparian vegetation, water quality, and the functional organization of macroinvertebrate assemblages.** Science of The Total Environment, 609:724-734. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.197>

Wohl, Ellen. (2020). **Rivers in the Landscape.** Wiley & Sons Ltd.

Restauración Socioecológica: Integrando Naturaleza y Comunidades Locales

Tania Lucero Salazar

Los modelos tradicionales de restauración buscan revertir los efectos de la degradación y restaurar las condiciones estructurales y funcionales hacia un ecosistema original. Para ello, a menudo se utilizan ecosistemas de referencia como guías para diseñar, implementar y monitorear proyectos de restauración, ya que estos reflejan características del ecosistema previo a la perturbación. Sin embargo, muchos proyectos de restauración orientados a recuperar ecosistemas degradados, priorizan los aspectos ecológicos por sobre las dimensiones socioculturales de un territorio, dejando de lado cómo las comunidades locales perciben, valoran y utilizan los recursos naturales. Esto ocurre a pesar de que el paradigma nuevo de conservación reconoce la integración de aspectos ecológicos, sociales y legales, y de que los procesos de degradación social y el deterioro del bienestar de las comunidades han ocurrido en paralelo a la degradación ecológica. Por ejemplo, en algunos proyectos se plantan especies que tienen buen desempeño o de rápido crecimiento pero que no son valoradas por las poblaciones locales porque nunca se incluyeron su percepción en el proceso de selección de especies. Reconocer la importancia sociocultural de las especies es clave para que los esfuerzos de restauración sean exitosos y aceptados por las comunidades locales.

Considerando lo anterior, es necesario definir objetivos de restauración que respondan a las necesidades humanas y que, al mismo tiempo, tengan relevancia ecológica. Para ello, se puede adoptar un enfoque integral que incorpore criterios y metodologías que contemplen la dimensión humana y promuevan la restauración socioecológica, con el fin de garantizar la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de estos proyectos. Una restauración socioecológica efectiva necesita el compromiso y empoderamiento de las personas, así como la inclusión de sus perspectivas en la planificación, dado que los procesos de restauración implican manejo territorial y cuidado de especies en el tiempo. Este capítulo explora la interrelación entre la restauración ecológica y los valores socioculturales, presentando una metodología que busca integrar la visión local en la restauración.

1. El Contexto Sociocultural en los Ecosistemas Ribereños

Los ecosistemas ribereños son esenciales no solo por los servicios ecosistémicos que ofrecen, como la regulación del agua y la protección contra la erosión, sino también por su significado cultural. Estos bosques son cruciales para las comunidades locales, criollas e indígenas que

dependen de ellos para obtener alimentos, medicinas, materiales de construcción y leña. Sus usos pueden clasificarse en tangibles -como la obtención de leña o plantas medicinales- e intangibles, como el valor espiritual, las tradiciones culturales y los conocimientos que transmiten. La etnobotánica se encarga de estudiar estos usos e interacciones entre las personas y las plantas. Reconocer estos usos es fundamental para conectar la naturaleza con la cultura y los beneficios socioecológicos y económicos que brindan a las comunidades.

1.1. Conocimiento Ecológico Local: Un Pilar para la Restauración

El conocimiento ecológico local, transmitido entre generaciones mediante historias y prácticas compartidas, se construye a partir de una interacción constante con el entorno y resulta esencial para entender ecosistemas complejos. Por ejemplo, el conocimiento local permite comprender ecosistemas previos a su degradación cuando los datos ecológicos son limitados, evaluar el estatus de amenaza de las especies, mejorar el manejo ecosistémico y priorizar las especies más útiles. Integrar este saber en proyectos de restauración ecológica ofrece una visión histórica enriquecedora que complementa el conocimiento científico, refuerza el entendimiento integral de los ecosistemas y aumenta las posibilidades de éxito. El conocimiento ecológico local puede ser usado para priorizar especies útiles, tanto para la recuperación ecológica como para las necesidades de las comunidades, brindando soluciones sostenibles y culturalmente relevantes. Por lo tanto, para una planificación efectiva, lo más recomendable es adoptar una aproximación integral que combine datos ecológicos, conocimiento local y necesidades sociales del territorio. Esto fortalece la apropiación comunitaria y asegura una restauración adaptada a cada contexto local.

2. Una aproximación participativa

2.1. ¿Cómo iniciar y comprometer la participación de la comunidad?

Una estrategia común para documentar conocimiento local es a través de entrevistas abiertas, cerradas o semiestructuradas a integrantes de la comunidad o a un grupo de expertos (**Figura 15**). Las preguntas iniciales deben abordar aspectos sociodemográficos -como género, origen cultural, nivel educativo, edad y tamaño de la propiedad- con el fin de caracterizar a los miembros de la comunidad y comprender su contexto. Se pueden usar dinámicas grupales para conocer a las personas y facilitar la participación. Posteriormente, se puede indagar sobre el conocimiento de especies leñosas o plantas de ribera y los usos asociados. Esta información permite elaborar una lista de especies arbóreas y arbustivas, identificando aquellas con mayor importancia cultural. Se consideran especies prioritarias aquellas que presentan alta relevancia social, determinada a partir de las entrevistas mediante el Índice de Saliencia. Este índice se calcula según el orden en que las especies son mencionadas por

las personas -por ejemplo, cuando se les pregunta “¿Qué especies crecen en la ribera?”-, de modo que las mencionadas en los primeros lugares reflejan mayor relevancia.

2.2. ¿Cómo priorizar sitios para la restauración socioecológica?

Para definir objetivos de restauración que tengan valor ecológico y social, se puede seleccionar especies prioritarias que sean significativas tanto para las comunidades como para el ecosistema. Esto puede lograrse combinando información sociocultural obtenida a través de entrevistas con datos de vegetación. Por ejemplo, se puede evaluar el valor ecológico y cultural de sitios o predios que tengan vegetación mediante un índice integrador que permita identificar hábitats con alta presencia de estas especies prioritarias y donde las comunidades locales podrían desarrollar diversidad de usos y prácticas de manejo, así como una vegetación que puede ser hábitat para una gran diversidad de especies al evaluar la cobertura vegetal y riqueza de especies arbóreas. Este índice puede ser una herramienta facilitadora para priorizar sitios de restauración que son ecológicamente viables y culturalmente relevantes, y que puede ser adaptado a otras realidades locales.



Figura 15. Los listados libres y las entrevistas son algunas metodologías para identificar especies de importancia cultural.

2.3. Diversidad cultural y socioeconómica en los proyectos de restauración

Uno de los principales desafíos en la restauración de ecosistemas ribereños es la diversidad cultural y socioeconómica de las y los propietarios de tierras. Estudios previos han observado que las características sociodemográficas, como el género y el nivel de educación, influyen en cómo las personas perciben y manejan los recursos forestales. Por ejemplo, en algunos territorios los hombres tienden a tener un conocimiento más profundo sobre la biodiversidad y la estructura del bosque que las mujeres, lo que sugiere una diferenciación en la forma en que ambos géneros interactúan con el entorno natural. En algunos casos ocurre lo contrario. Las mujeres muestran una mayor preocupación por el bienestar familiar, lo que se traduce en prácticas de cuidado y un conocimiento más profundo del ecosistema. En este contexto, es necesario adaptar los objetivos de restauración y diseñar estrategias que respondan a las realidades socioculturales de cada territorio, incorporando de forma transversal la perspectiva de género y el valor social. Esto permite promover la equidad y reconocer los distintos conocimientos, roles y oportunidades que cada grupo social aporta al proceso de restauración.

2.4. Restauración Inclusiva: Alineando Conocimiento Local y Científico

La diversidad en las percepciones y el manejo de los recursos subraya la necesidad de enfoques de restauración inclusivos, que consideren las particularidades culturales de cada contexto y tipo de ecosistema. La imposición de metas de restauración basadas exclusivamente en criterios ecológicos -como la diversidad, composición y estructura de los ecosistemas- sin tener en cuenta el contexto sociocultural y la participación de las comunidades locales puede comprometer el éxito de los proyectos, ya que puede generar conflictos en el uso del territorio, limitar la apropiación comunitaria, conducir a la selección de especies no alineadas con sus valores y prácticas, y elevar los costos de mantenimiento y monitoreo.

Además, existen casos donde se evidencia falta de conocimiento científico sobre muchas especies, lo que complica la selección adecuada, dando como resultado el uso de especies limitadas que no siempre son apropiadas para los objetivos específicos de restauración. Aunque la selección experimental de especies basada en criterios ecológicos es una opción, los limitados datos, recursos y financiamiento suelen requerir soluciones más accesibles y replicables. En este sentido, reconocer el conocimiento local en selección de especies y en otros procesos permite complementar el enfoque científico y fomentar una restauración que dé voz a las comunidades locales e indígenas que dependen de esas plantas. Esta inclusión no solo puede reducir los costos de implementación y mantenimiento a futuro, sino también puede fortalecer la equidad socioeconómica en los territorios, reforzar la identidad cultural y abrir camino a futuras iniciativas como la educación ambiental y la gestión comunitaria del paisaje.

Glosario

Conocimiento ecológico local: es el saber acumulado por comunidades locales sobre su entorno natural, basado en la experiencia directa y transmitido de forma oral o escrita.

Etnobotánica: estudio de las relaciones entre los seres humanos y las plantas.

Restauración socioecológica: es un enfoque de recuperación de ecosistemas que integra principios ecológicos y sociales, reconociendo la interdependencia entre la salud ambiental y el bienestar humano.

Índice de Saliencia: es una medida estadística que muestra qué tan visible o importante es algo dentro de un conjunto. Ayuda a identificar lo que más destaca o llama la atención.

Referencias

Hobbs, R. J., Davis, M. A., Slobodkin, L. B., Lackey, R. T., Halvorson, W., y Throop, W. (2004). **Restoration ecology: The challenge of social values and expectations.** *Frontiers in Ecology and the Environment*, volumen (2), 43-48.

Meli, P., Ruiz, L., Aguilar, R., Rabasa, A., Rey-Benayas, J. M., & Carabias, J. (2017). **Bosques ribereños del trópico húmedo de México: un caso de estudio y aspectos críticos para una restauración exitosa.** *Madera y bosques*, 23(1), 181-193.

Lucero, T., Ibarra, J. T., y Rojas, I. M. (2024). **Linking people and riparian forests: a sociocultural and ecological approach to plan integrative restoration in farmlands.** *Restoration Ecology*, volumen (32)(1), e13986.

Uprety, Y., Asselin, H., Bergeron, Y., Doyon, F., & Boucher, J. F. (2012). **Contribution of traditional knowledge to ecological restoration: practices and applications.** *Ecoscience*, 19(3), 225-237.





Sección III

Buenas Prácticas para la Recuperación
de Riberas

Prácticas de Restauración de Riberas

Josefina Ovando, Catalina Suau y Isabel M. Rojas

¡RECORDEMOS!

Restauración Ecológica y Adaptativa: Antes de comenzar las acciones de restauración, recuerda los pasos de la Restauración Ecológica y Adaptativa (*página 32*): definir objetivos, diagnosticar, identificar ecosistema de referencia, definir metodología y proponer plan de monitoreo y readaptación.

¿Cómo comenzar la restauración de riberas?

Un primer paso fundamental es detener las actividades que causan degradación e impiden la recuperación de los ecosistemas ribereños. Aquellas actividades que al desarrollarse alteran o eliminan la vegetación ribereña y/o modifican la morfología de canales, riberas y las llanuras de inundación, deben ser identificadas y reducidas antes de comenzar con la restauración. Algunas actividades comunes de degradación son:



Labranza intensiva por cultivos cercanos (agricultura).



Libre acceso de animales a la zona a las riberas (ganadería).



Corta y degradación de vegetación ribereña (expansión urbana, economía de subsistencia).



Senderos de acceso y construcción de caminos y puentes (infraestructura).



Canalización de cursos de agua y extracción de áridos (Minería).

La vegetación y la erosión superficial de las riberas

La vegetación es fundamental para prevenir la erosión. Las raíces aportan protección mecánica en las riberas al formar una red densa de fibras en los primeros 30 a 50 centímetros de suelo. Esta red refuerza la capa superficial y la mantiene en su lugar, evitando la separación de las partículas del suelo por acción del agua. Además, las plantas y sus raíces disipan la energía tanto de la lluvia como del flujo dentro del cauce.

Existen diferencias entre los sistemas radiculares de las distintas especies y estratos. En terrenos con pendientes pronunciadas, las especies leñosas presentan un mayor potencial para estabilizar el suelo, ya que pueden desarrollar raíces más profundas y estructuralmente resistentes. En cambio, en terrenos planos, las herbáceas pueden ser suficientes, pues logran estabilizar la ribera y detener en cierta medida los procesos de erosión superficial.

Las plantas vivas y en descomposición, junto con otros organismos que habitan los suelos, aumentan la infiltración y rugosidad del terreno ribereño y disminuyen la velocidad del caudal dentro del cauce del río. En laderas degradadas o taludes, donde la fertilidad es baja, es necesario recuperar primero la capacidad del suelo para sostener vegetación antes de implementar cualquier otra medida de enriquecimiento o revegetación.

A continuación, se presentan prácticas que permiten recuperar la vegetación ribereña, y los pasos para implementarlas, dependiendo del estado de degradación de la zona a restaurar.



Figura 16. Reforestación en ribera degradada por acción del ganado.

Práctica 1. Regular el acceso al cauce

El uso de labranza intensiva, la siembra de monocultivos, el pastoreo desregulado y el exceso de agroquímicos en zonas aledañas a las riberas son algunas prácticas comunes en la agricultura intensiva y campesina. Estas prácticas pueden generar graves daños en el suelo y su vegetación, afectando la biodiversidad y el funcionamiento de la ribera.

Por ejemplo, el sobrepastoreo del ganado (ovinos, bovinos u otros) puede degradar la estructura del suelo, reducir su capacidad de infiltración y afectar la estabilidad de la ribera, aumentando la erosión y limitando la regeneración natural de la vegetación nativa (Figuras 17 y 18). Además, el acceso del ganado al cauce para beber agua favorece la contaminación de los cursos de agua por el transporte de sedimentos, exceso de nutrientes y otros contaminantes. Así mismo, el establecimiento de cultivos anuales o perennes en las riberas puede generar erosión debido al uso de arados y maquinaria pesada (Figura 19). Los suelos usados intensamente tienden a perder materia orgánica y cohesión, facilitando el arrastre de sedimentos, contaminantes (pesticidas y herbicidas) y nutrientes desde las tierras agrícolas a los cursos de agua cercanos.



Figura 17. Uso tradicional de la ribera para darle agua al ganado.

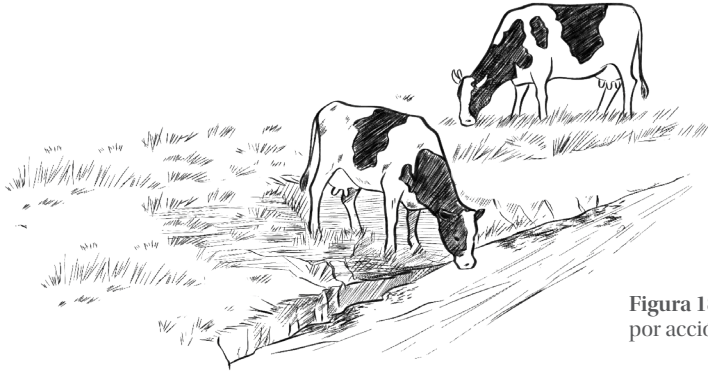


Figura 18. Ribera degradada por acción del ganado.



Figura 19. Ribera degradada por acción de cultivos.

¿Cómo reconocer riberas degradadas por usos intensivos?

Una ribera degradada por acción del ganado puede verse inestable, con huellas de animales, el suelo pierde su estructura. En muchas ocasiones sin vegetación. Por otro lado, una ribera degradada por cultivos presenta marcas por el uso de arado, camellones y huellas de ruedas de maquinarias pesadas, el suelo está compactado y presenta baja infiltración. Muchas veces, estas actividades erosivas cambian la pendiente y modifican la forma de las orillas.

Por ello, antes de implementar cualquier medida de estabilización y/o recuperación del suelo y vegetación, es fundamental restringir el acceso del ganado y las actividades agrícolas en las riberas. Se debe excluir del hábitat ribereño cualquier uso intensivo que degrade el suelo o afecte la regeneración de la cobertura vegetal.

¿Cuánto cercar?

El ancho apropiado para establecer el cerco dependerá de los objetivos buscados: no existe una medida única. Los anchos recomendados para funciones ecológicas, como la provisión de hábitat para la flora y fauna suelen ser mucho más anchos que para funciones relacionadas a mejorar la calidad del agua. En general, a mayor ancho de ribera, la vegetación ribereña es capaz de sostener más funciones ecosistémicas. Un factor importante es la pendiente. A medida que la pendiente aumenta en el terreno, disminuye el tiempo de residencia del agua superficial y su velocidad es mayor. Por ende, se necesitarán anchos mayores para lograr las mismas funciones ecosistémicas que en terrenos más planos.

A continuación, se muestra una tabla resumen de anchos de protección para riberas según las funciones ecosistémicas que pueden realizar (**Tabla 2**).

Ancho	Función
10-15 mts	Calidad del agua (filtrado de nutrientes y sedimentos). Estabilización de suelo de la ribera.
20 mts	Filtración de nutrientes como Nitrógeno (N) y Fosforo (P).
30 mts	Regulación de la temperatura del agua. Traspaso de materia orgánica hacia el caudal. Filtración de pesticidas.
53 mts	Hábitat para anfibios.
30 – 100 mts	Hábitat para asegurar la diversidad de flora y fauna ribereña y acuática.
144 mts y más	Atenuar las inundaciones. Disminuir la velocidad del caudal.

NOTA SOBRE LA LEGISLACIÓN VIGENTE

Cualquier intervención de la vegetación regulada -como bosque nativo, plantaciones forestales o formaciones xerofíticas- debe realizarse con la asesoría de un o una ingeniera forestal y mediante un Plan de Manejo aprobado por SERNAFOR, tal como exige la legislación vigente. La Ley N°20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, en su Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales (D.S. N°82/2020) y el Decreto Ley N°701 se establecen normas para el manejo y protección de la vegetación, especialmente en zonas cercanas a ríos, manantiales y cuerpos de agua, donde se prohíbe la corta o daño de especies nativas sin autorización. Además, estas normas definen zonas de protección y conservación, con franjas de al menos 10 metros a cada lado del cauce, que pueden ampliarse a 30 metros en terrenos con mayor pendiente, con el fin de mantener la estabilidad y proteger los ecosistemas ribereños.

Tipos de cercos

Existen distintos tipos de cercos (**Tabla 3**). Para seleccionar el apropiado, se debe considerar el conocimiento del territorio local, los cercos utilizados antes y su efectividad, así como los materiales disponibles y su durabilidad (por ejemplo, considerar maderas que sean resistentes a la pudrición). Una vez seleccionado el tipo de cerco, es importante asegurar que los postes estén colocados a una buena profundidad, de 20 a 30 cm, para evitar que se aflojen y reducir la frecuencia de mantenimiento. El tipo y altura del cercado dependerá del agente causal de daño. Para animales grandes, como el ganado vacuno y equinos, se recomiendan cercados más altos, con mayor separación entre sus hebras; mientras que, para animales medianos, las hebras deben estar más próximas entre sí para mejorar la contención

Tabla 3. Cercado perimetral de protección

Cerco Malla ursus	Cerco más recomendado para la zona, consiste en una malla ursus de al menos 6 hebras, enterrada a 20 cm y con postes cada 3 metros, estos con una sección mayor a 5 centímetros. Sobre la malla se instalan dos líneas de alambre de púas.
Cerco alambre de púas	Consiste en 4 hebras de alambre de púas con una distancia de 30 cm cada hebra y 40 cm desde el suelo. Los alambres van entre postes cada 3 o 4 metros, estos últimos con una sección mayor a 5 centímetros y con una altura de 1,3 metros.
Cerco patagón	Está confeccionado con 4 hebras de alambre de púas y postes cada 3 metros, estos últimos con una sección mayor a 5 centímetros. Además, se agregan 2 varillas entre postes sujetas al alambrado.

¡RECORDEMOS!

Restauración Pasiva: Una vez instalado el cerco, en aquellos sitios con condiciones para que ocurra una restauración pasiva, se espera que la vegetación se recupere sola (ver capítulo Restauración Ecológica y Adaptativa). En estos casos, el sitio y su alrededor tiene árboles adultos, que van a producir las semillas para la regeneración, y las aves y otros animales pueden traer semillas de otras especies para aumentar la diversidad. No se requieren otras prácticas de restauración. Solo seguir el plan de monitoreo y adaptación de la restauración.

Práctica 2. Medidas de estabilización de riberas

Las riberas erosionadas y sin vegetación pueden sufrir mayor erosión en el borde del cauce por acción del agua. Esto puede llegar a generar el colapso de su estructura y con ello disminuir las posibilidades de que exista vegetación ribereña capaz de cumplir funciones ecológicas fundamentales para los ecosistemas.

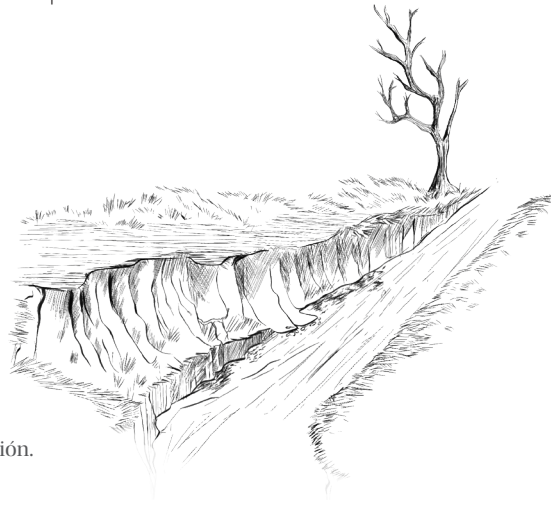


Figura 20. Ribera erosionada y sin vegetación.

¿Cómo podemos estabilizar las riberas?

La bioingeniería consiste en la creación de infraestructuras con materiales biodegradables, combinando elementos vivos y muertos, leñosos y herbáceos, junto con materiales de soporte orgánico e inorgánico. Su objetivo es diseñar y ejecutar obras de ingeniería con el fin de proteger las riberas, permitiendo estabilizar pendientes, reducir la erosión, propiciar el establecimiento de vegetación, entre otros beneficios. Son medidas de naturaleza resiliente y autosustentable. Pueden ser costosas inicialmente, sin embargo, dado que la vegetación tiende a fortalecerse con el tiempo, los costos de mantenimiento serán menores que las estructuras inertes que se van debilitando con el tiempo. Las obras de bioingeniería de mayor envergadura requieren especialistas en dinámica fluvial e ingeniería hidráulica para asegurar su estabilidad y minimizar los riesgos asociados.

El éxito de la estabilización de riberas se ve potenciado con la ejecución de varias técnicas complementarias. Por ejemplo, cuando sea necesaria, la modificación del perfil del terreno es una buena alternativa complementaria con sistemas de cobertura que mitigan la erosión.

LA IMPORTANCIA DE LA ESTABILIZACIÓN DE LA BASE DEL TALUD:

Cualquier práctica que se quiera realizar y persistir en el tiempo, debe considerar una base estable y que permita sostener las estructuras de bioingeniería y a la vegetación de ribera. Una base bien construida permite que las soluciones de bioingeniería funcionen correctamente y que la vegetación ribereña se establezca y se mantenga en el tiempo. Recuerda asesorarte con un ingeniero hidráulico para las obras de mayor envergadura en ríos más caudalosos.

A continuación, se desarrollan algunas propuestas de medidas de estabilización para situaciones comunes que se pueden dar en paisajes agroforestales.

Caso 1: Ribera con pendiente baja

Ribera con una pendiente baja ($<15^\circ$): existen signos de pérdida de la estructura del suelo, principalmente por acción de las pisadas de animales como vacas, caballos y cerdos.



Figura 21. Ribera con una pendiente baja, con signos de entrada de animales.

Medidas propuestas: Estabilización con material vegetal + enmienda orgánica

Biorrollos o Fascines

Objetivo: Proteger la orilla y las laderas de la erosión, atrapar sedimentos y fomentar el crecimiento de vegetación.

Descripción: Estructuras cilíndricas largas y unidas como rollos construidos con materiales vegetales como ramas y esquejes, estas se colocan a lo largo de la ribera en dirección a las curvas de nivel del talud y se fijan en las orillas con estacas.

Consideraciones:

- Apropiaada para riberas inestables que requieren una cantidad mínima de perturbación.
- No apropiado para pendientes que presentan movimiento en masa o deslizamientos activos, debido a la inestabilidad estructural del terreno.
- Los resultados mejoran si se combinan con otros métodos como mantas orgánicas.
- Si la pendiente es muy elevada, se puede establecer una serie de fajos hacia arriba del talud.
- Los rollos de fibra de coco son más costosos, pero brindan un excelente medio para promover el crecimiento de plantas al borde del agua.

Materiales:

- Ramas y/o esquejes: ramas de árboles o arbustos, también sirven los rollos de fibra de coco. Se pueden utilizar materiales como fibra de coco, especies nativas con buen rebrote (e.g., canelo) o abundantes (quila y colihue).
- Alambre galvanizado de calibre entre 10 y 12.
- Estacas de madera.

Herramientas:

- Motosierra o podadoras
- Pala
- Mazo.

Pasos:

1. Establecer un anclaje seguro, esto puede asegurarse mediante rocas posicionadas en el pie del talud. (Ver nota *“La importancia de la estabilización de la base del talud”*).
2. Recolectar ramas vivas de arbustos o árboles, idealmente que estén disponibles en el lugar, con diámetros entre 2 y 5 cm o más, y con un largo entre 60 a 90 cm (No sacar más de 1/3 de las ramas de un mismo individuo). Es importante tener una buena mezcla de tamaños para asegurar una buena retención de sedimentos.
3. Hacer fajos de 20 a 25 cm de diámetro, atando con alambre galvanizado cada 45 cm. En los casos donde no se utiliza otra protección en el banco, hacer fajos de diámetro mayor (por ejemplo, entre 30 y 60 cm de ancho).



Figura 22.

4. Excavar una zanja en la línea del flujo bajo del canal, que sea $\frac{2}{3}$ del diámetro del fajo antes hecho (guardar la tierra).
5. Si se quieren agregar más biorrollos, las zanjas se tienen que posicionar siguiendo las curvas de nivel.

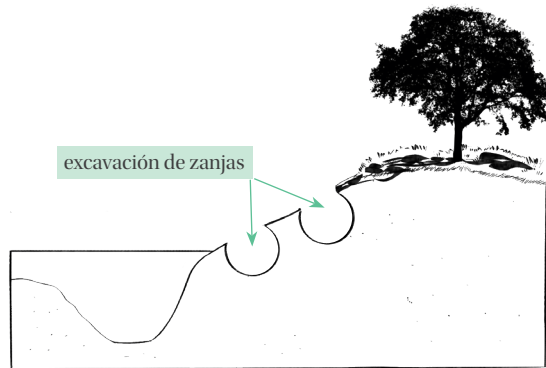


Figura 23.

6. Las estacas deben tener entre 60 a 100 cm de longitud. En suelos menos compactos o en pendientes más pronunciadas, se deben utilizar estacas más largas.

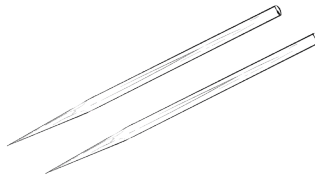


Figura 24.

7. Posicionar el fajo y colocar las estacas de madera cada 90 o 120 cm. Las estacas se pueden colocar de dos formas: **a)** una a cada lado del fajo o **b)** una atravesando el fajo y otra sosteniendo la parte de abajo del fajo.

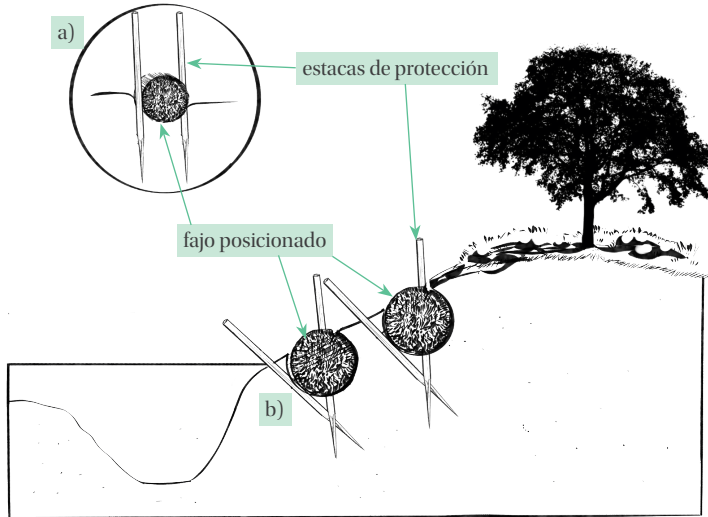


Figura 25.

8. Rellenar alrededor del fajo con la tierra antes removida, asegurándose que esta penetre el interior del fajo.

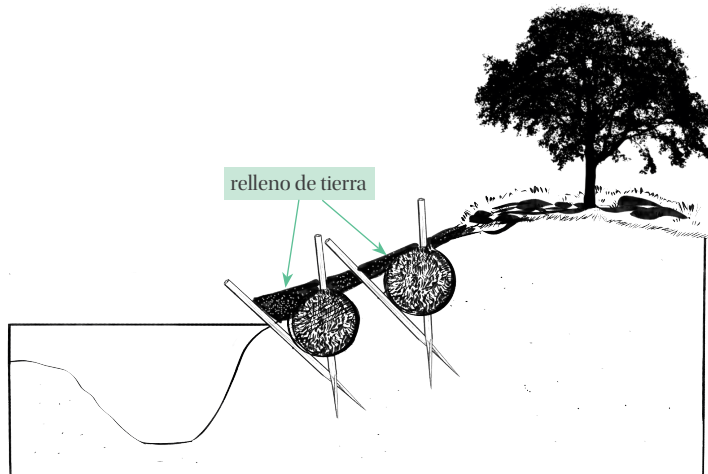


Figura 26.

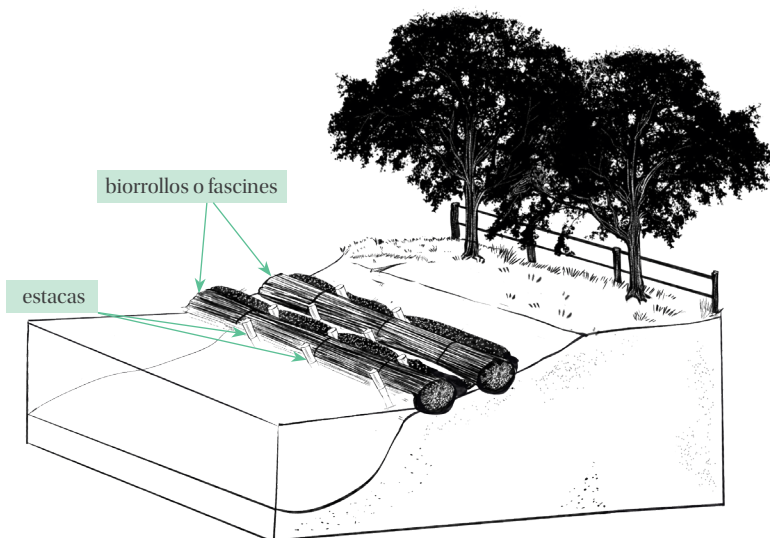


Figura 27. Vista panorámica de la medida de estabilización de riberas con biorrollos o fascines para pendientes bajas.

Enmienda Orgánica

Objetivo: Proporcionar cobertura inmediata y mejorar las condiciones del suelo.

Descripción: Cuando la fertilidad de los taludes es baja y el suelo está degradado, se pueden realizar aportes de sustratos orgánicos, estos incrementan la materia orgánica y favorecen las propiedades físicas del suelo. Además, disminuyen la erosión, reduciendo la escorrentía y la temperatura del suelo, y conservando la humedad.

Consideraciones:

- Tipos de enmiendas orgánicas son estiércol, compost, lodos, rastrojos de cosechas, paja, hojas, corteza de árboles, astillas, virutas de madera, etc. Estas se pueden mezclar.
- Idealmente que tenga un espesor de 20 a 30 cm.
- No se recomienda aplicar en taludes con grandes pendientes o muy desprotegidos, a menos que se utilice algún sistema auxiliar que impida que el material se desplace hacia el pie del talud.
- Se debe evitar que las enmiendas orgánicas alcancen el curso de agua o lo obstruyan. Para ello, se recomienda delimitar la zona de aplicación y mantener una franja de resguardo que impida el arrastre de material hacia el cauce.

Caso 2: Ribera con pendiente media

Ribera con una pendiente media (entre 15° y 30°), el talud se asemeja a una muralla y presenta signos de erosión desde la ladera al río y por acción de la fuerza del agua.



Figura 28. Ribera con pendiente media, con signos de erosión desde la ladera y por fuerza del río.

Medidas propuestas: Estabilización de la base del talud + colchón de ramas

Colchón de ramas

Objetivo: Estabilizar el suelo, reducir la erosión en áreas con pendientes medias y altas, capturar sedimentos durante las crecidas y promover el crecimiento de la vegetación.

Descripción: Se utilizan ramas y material vegetal entrelazado, formando estructuras similares a colchones, se puede combinar con suelo compactado u otros materiales. Para asegurarlo se utilizan estacas y una reja de alambres o cuerda de cáñamo.

Consideraciones:

- Están limitados a las paredes del cauce que se presentan por encima del caudal base. Este corresponde al caudal que se nutre con las reservas de la cuenca, aquel que fluye en periodos sin precipitaciones o de derretimiento de nieves.
- Se requiere una protección en la base al pie del talud (**ver práctica biorrollos o fascines**).
- No debe aplicarse en pendientes con deslizamientos activos, donde se observa inestabilidades en el talud.

- Se debe asegurar que el colchón este bien fijo en el margen del talud, para evitar que los flujos altos erosionen detrás del colchón.
- Lo primero que se tiene que hacer es la recolección del material vegetal, idealmente de ramas o estacas vivas disponibles en el lugar.

Materiales:

- Ramas, estacas u otro material vegetal recolectado en el mismo lugar.
- Estacas de madera.
- Alambre galvanizado o cáñamo calibre 10-12.

Herramientas:

- Motosierras o podadoras, en el caso que se requiera cortar el material.
- Pala.
- Mazo.

Pasos:

1. Preparar la pendiente, despejando grandes escombros. Dejar los escombros leñosos del canal, ya que proporcionan un hábitat para los peces.

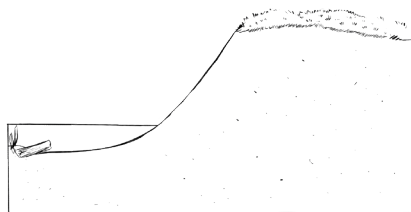


Figura 29.

2. Excavar una zanja horizontal en la base del talud, de unos 20 a 30 cm de profundidad, a lo largo de la longitud del área a tratar.

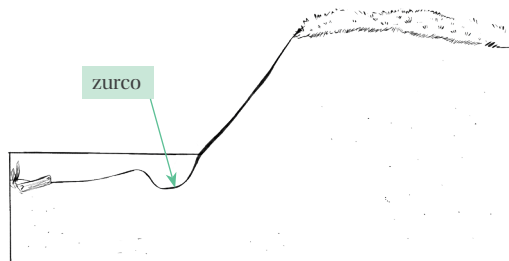


Figura 30.

3. Colocar el material vegetal recolectado, procurando que los extremos alcancen el fondo de la zanja. Distribuir el material a lo largo de la cara de la pendiente, hasta lograr un espesor de 10 a 15 cm.

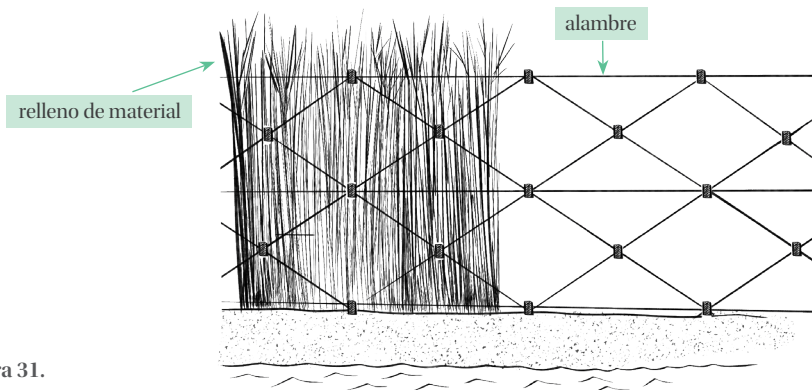


Figura 31.

4. Con estacas de madera de entre 60 a 90 cm de largo (usar estacas más largas en suelos menos compactados) asegurar el colchón, clavando una cada 1 m aproximado de distancia. Si la pendiente es más empinada, clavar a menos distancia. Una vez que las estacas están listas, colocar el alambre horizontalmente y luego diagonalmente entre cada fila, enrollando bien el alambre en cada estaca. Por último, martillar nuevamente las estacas para comprimir el colchón.

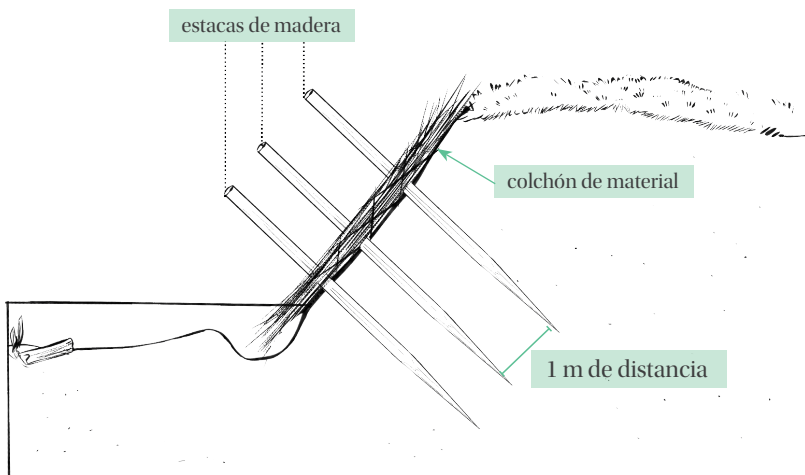


Figura 32.

- Asegurar la base con una estructura de material vegetal (**ver práctica biorrollos o fascines**). Colocar el biorrollo sobre el extremo inferior del colchón de ramas. En algunos casos, se pueden utilizar rocas en lugar de un biorrollo para anclar el extremo del colchón.

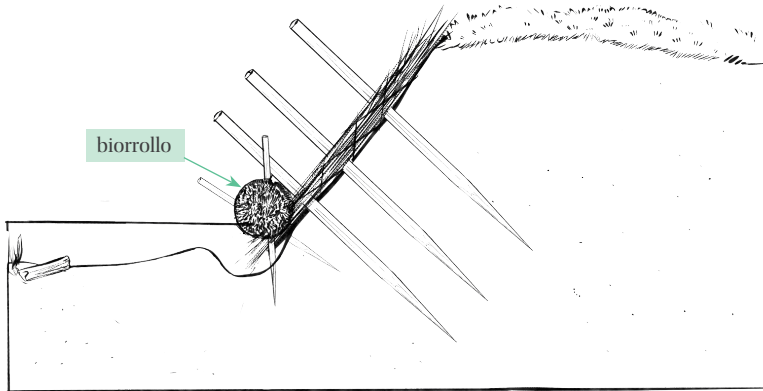


Figura 33.

- Rellenar alrededor de la valla y el colchón con el suelo excavado en la zanja. Hay que asegurar que la tierra penetre en los huecos.

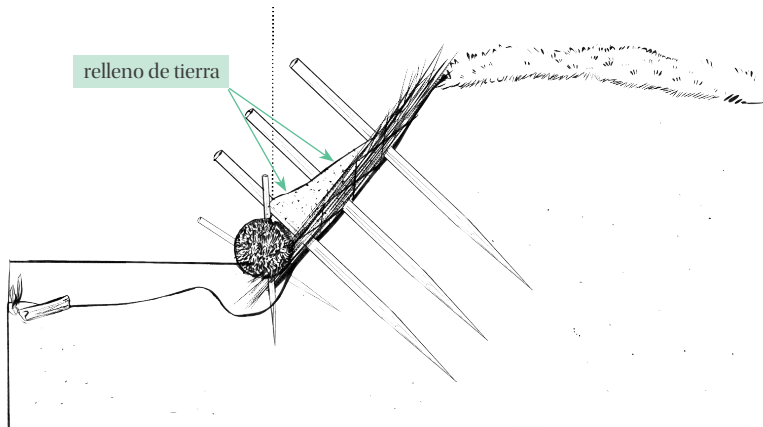


Figura 34.

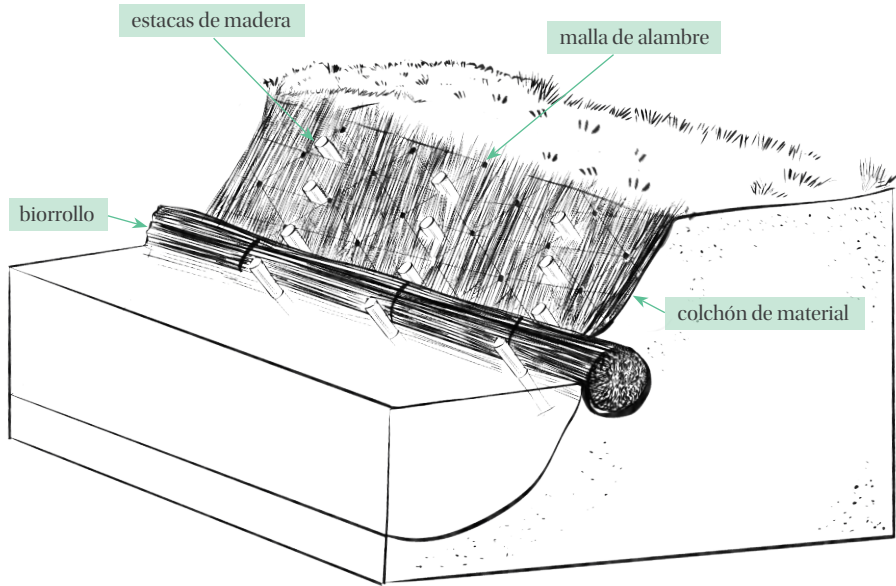


Figura 35. Vista panorámica de la medida de estabilización de riberas con colchones de ramas para pendientes medias.

NOTA

Si en el terreno hay quila, aromos y sauces, estos se pueden utilizar para las distintas prácticas. Sin embargo, se debe evitar el uso de especies exóticas, como sauce y aromo, en lugares donde no están presentes. En estos casos, preferir especies nativas con buen rebrote, como canelo, maqui o quila, sin comprometer su permanencia en la zona. Para cualquier tipo de intervención a la vegetación, es de suma importancia asesorarse con un/a Ingeniero/a Forestal o profesional afín, y evitar multas por corta no autorizada de formaciones vegetales reguladas por la normativa forestal.

Caso 3: Ribera con pendiente alta

Ribera con una pendiente alta ($>30^\circ$) erosionada. El talud se asemeja a una muralla, pero tiene una forma cóncava con una erosión elevada en la base del talud. Es una situación que compromete la estabilidad de la orilla: si no se toman medidas, la columna de suelo puede colapsar.

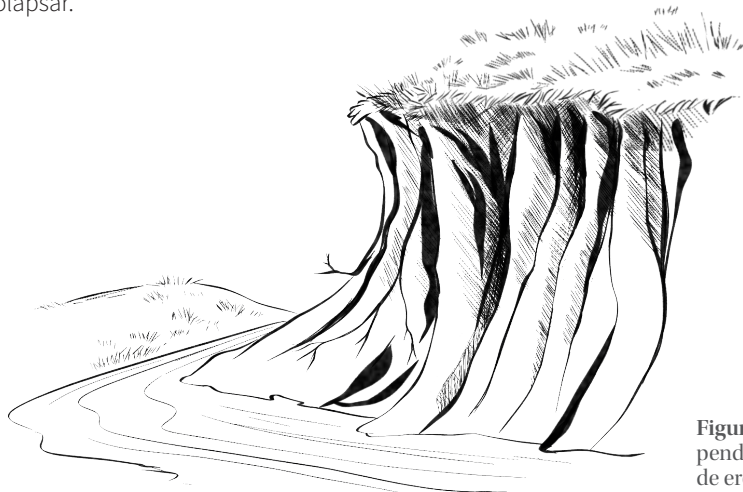


Figura 36. Ribera con pendiente alta y signos de erosión elevada.

Medidas propuestas: Alteración de la geometría de la ribera + hidrosiembra + manta de fibra de coco

Alteración de la geometría de la ribera

Objetivo: Disminuir la pendiente de la ribera y promover la conectividad lateral entre el cauce y el ecosistema ribereño.

Descripción: Cuando la orilla de la ribera presenta una forma vertical tipo pared, es preferible modificarla para disminuir su pendiente. Esto facilita que el agua alcance los primeros metros de la orilla, disminuya la velocidad de la escorrentía y favorece el almacenamiento de agua en los horizontes superficiales del suelo. Además, esta modificación permite implementar otras acciones de restauración ecológica.

Consideraciones:

- Se deben considerar los materiales del suelo de la ribera y la estabilidad de la pendiente para su aplicación.

- Se recomienda reforzar la base de la ribera con otra medida de estabilización (**ver práctica biorrollos o fascines**).
- Efectivo en riberas donde el cauce tiende a desplazarse o cambiar ligeramente su trayectoria con el tiempo.
- Se recomienda guardar el suelo original retirado, para luego poder extenderlo sobre la superficie del talud (**ver práctica enmienda orgánica**).
- Se debe evitar que la superficie quede totalmente plana o muy refinada por la maquinaria. Es importante dejar rugosidades que puedan retener el suelo, la hojarasca y las semillas.

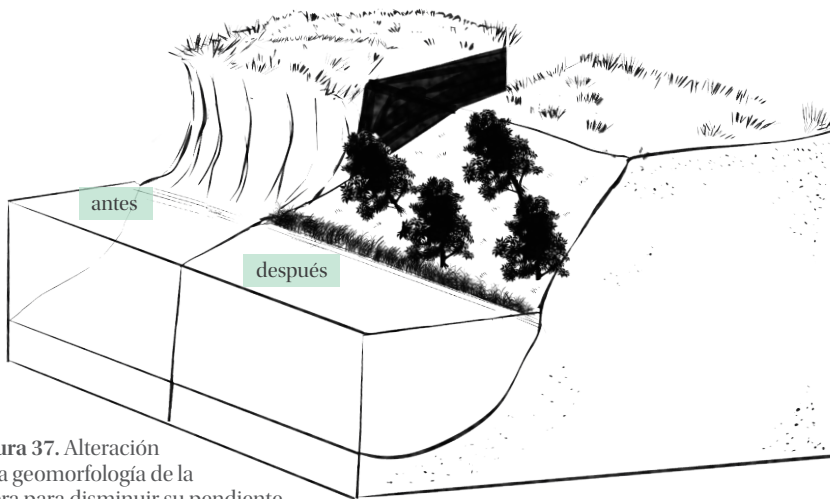


Figura 37. Alteración de la geomorfología de la ribera para disminuir su pendiente.

NOTA SOBRE HIDROSIEMBRA

Es una mezcla de agua, fibras como madera, pajas, semillas, con un estabilizante para talud. La hidrosiembra consiste en rociar en el suelo, talud o en la orilla del río esta mezcla, usando una hidrosembradora. La capa de la mezcla debiera adherirse al suelo, actuando como capa protectora, manteniendo las semillas en contacto con el suelo. Su efectividad se potencia con otras medidas complementarias, como una manta para el control de erosión.

Cobertura con geomanta para el control de erosión

Objetivo: Prevenir la erosión en laderas con pendientes altas hasta que la vegetación se establezca y pueda estabilizar el suelo.

Descripción: Es una tela fabricada con hilos de corteza de coco u otros biomateriales (dependerá de los productos disponibles comercialmente), tejida de manera compacta. Es posible plantar esquejes leñosos y plantas herbáceas en la tela, además de colocar semillas debajo de esta.

Consideraciones:

- Mejora los resultados si se combina con otros métodos que ayuden a sostener el suelo, como la hidrosiembra, ayudando al establecimiento y enraizamiento vegetal.
- La manta de fibra de coco tejida compactamente es la más duradera para riberas.
- No es tan recomendable para pendientes muy altas (>30°), en esos casos es mejor modificar la ribera antes, si su estabilidad lo permite (**ver práctica alteración geometría de ribera**).

Materiales:

- Manta de control de erosión
- Estacas de madera

Herramientas:

- Pala.
- Mazo.

Pasos:

1. Calcular el área a intervenir y adquirir la cantidad necesaria de la manta de un proveedor.
2. Preparar la orilla con la medida previa seleccionada para lograr la revegetación en la ribera (hidrosiembra, semillas, esquejes, etc). En estos casos se recomienda rastrillar para asegurar un buen contacto entre la semilla y el suelo.
3. Excavar dos zanjas de 30 cm de profundidad y de 10 a 20 cm de ancho, una en la base de la pendiente y la otra en la zona más alta del talud. Esta última debe estar al menos a 30 cm de distancia del borde.
4. Posicionar la manta procurando que esta entre en ambas zanjas, para luego clavar una estaca de 60 a 90 cm de profundidad en el fondo de cada zanja.

- Los bordes de cada manta se deben solapar al menos 10 cm en dirección opuesta al flujo del canal. El solapado se asegura con estacas.
- Rellenar las zanjas con la misma tierra excavada y rocas o gravas.

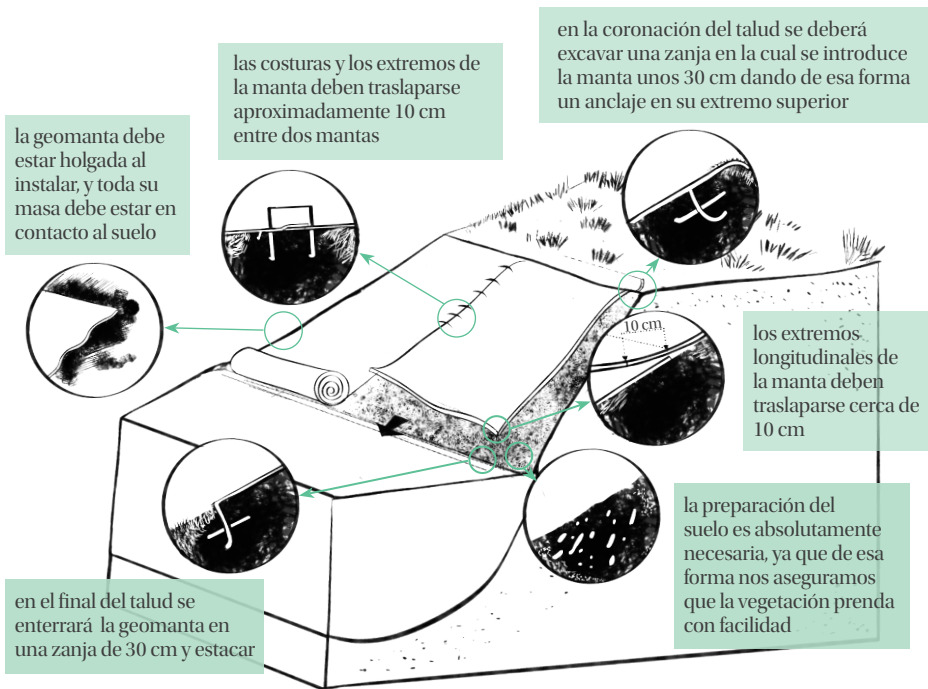


Figura 38. Pasos para posicionar la manta junto con la vista panorámica de la cobertura con manta para el control de erosión.

Terrazas de estabilización con fajas de geomantas o sacos biodegradables

Objetivo: Reducir el largo de la ladera, interrumpiendo la pendiente con sacos o fajas cubiertas de geomantas. Esto disminuye la velocidad de escurrimiento del agua, se reduce la erosión del suelo y aumenta la infiltración.

Descripción: Es un método de conservación del suelo que se basa en la construcción de plataformas, que forman estructuras escalonadas a lo largo de la pendiente. Estas plataformas pueden construirse mediante capas alternas de sacos rellenos con esquejes

de ramas vivas y suelo compactado. Una alternativa es usar fajas de ramas vivas y suelo, envueltos en geomantas. Se busca vegetar y, al mismo tiempo, estabilizar la ribera con una estructura bien reforzada.

Consideraciones:

- En riberas con pendiente alta, presentan una tolerancia inicial a la velocidad del flujo del agua mayor que la plataforma hecha solo con ramas (**ver práctica colchón de ramas**).
- Son útiles en la restauración de las curvas externas de las riberas, donde la velocidad del agua es mayor.
- Requieren de una base estable (**ver práctica biorrollos o fascines**).

Materiales:

- Sacos de fibras naturales o geomanta.
- Relleno como piedras, gravas, tierra excavada, semillas viables de especies nativas, alguna enmienda orgánica (estiércol, compost y humus).
- Estacas de madera.

Herramientas:

- Pala.
- Mazo.

Pasos:

1. Modificar la geometría del talud, si la pendiente es muy alta (**ver práctica alteración de la geometría de la ribera**).
2. Realizar excavaciones de zanjas horizontales, siguiendo las curvas de nivel de 60 a 90 cm de profundidad (guardar tierra). La zanja debe tener una pendiente entre 10 y 20° para que el borde exterior sea más alto que el interior.

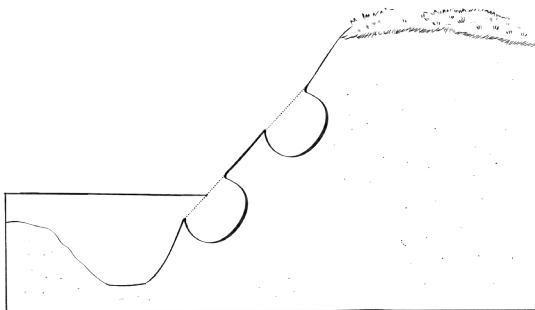


Figura 39.

El distanciamiento vertical recomendado entre hileras:

- 5 metros para pendientes de 10°.
- 3 metros para pendientes de 20°.
- 2 metros para pendientes de 30°.
- Menos de 2 metros para pendientes sobre 35°.

3. Formar paquetes con sacos o fajas envueltas en geomanta, idealmente de materiales orgánicos (cáñamo, fibra de coco, etc.), rellenos con sustrato compactado, con semillas, ramas, rocas y esquejes.



Figura 40.

4. Posicionar los sacos o fajas de manera horizontal en las zanjas y colocar tierra encima para asegurar la estabilización de a terraza. Clavar estacas de 60 a 90 cm en el borde superior de la terraza.

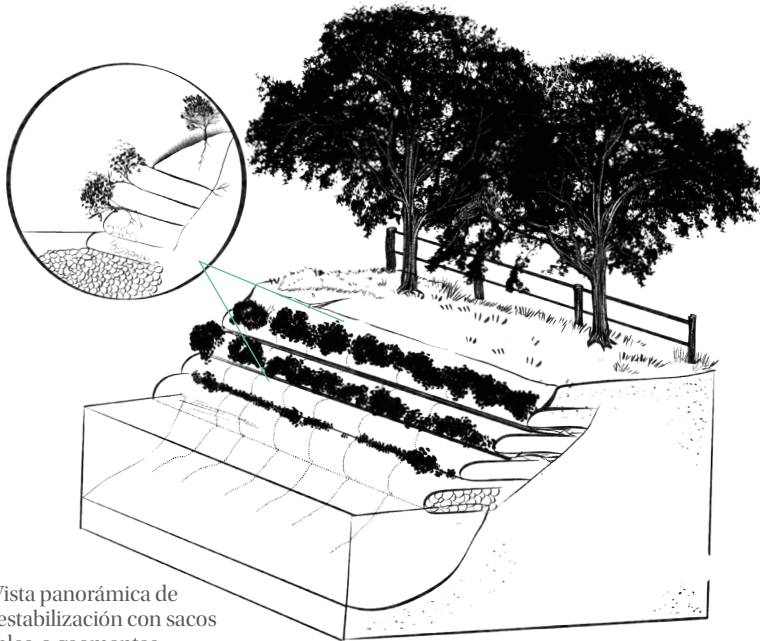


Figura 41. Vista panorámica de terrazas de estabilización con sacos biodegradables o geomantas.

Enrocados

Objetivo: Estabilizar riberas para durabilidad a largo plazo cuando existe una amenaza significativa para la vida, junto con prácticas de bioinfraestructura y vegetación.

Descripción: Práctica de ingeniería, corresponde a una manta de piedras, de tamaño adecuado a la ribera y cauce. Esta va desde la base de la pendiente hasta una altura que logre la durabilidad a largo plazo.

Consideraciones:

- Se debe utilizar solo si existe en la ribera una amenaza para la vida o propiedad de alto valor o cuando no exista manera de utilizar otras medidas para incorporar vegetación.
- Estas obras de gran magnitud deben ser diseñadas por un ingeniero hidráulico o profesional que pueda diseñar una obra que resista los flujos más extremos.
- Debido a su impacto negativo en la ribera se sugiere combinar con prácticas de bioinfraestructura con materiales muertos y vivos leñosos y herbáceos, en combinación con materiales de soporte orgánicos e inorgánicos.
- Alteran la forma y dimensiones del canal, el patrón de inundaciones naturales y transporte de sedimentos. Generan cambios en la calidad del agua, el hábitat acuático y promueven la invasión de especies exóticas.

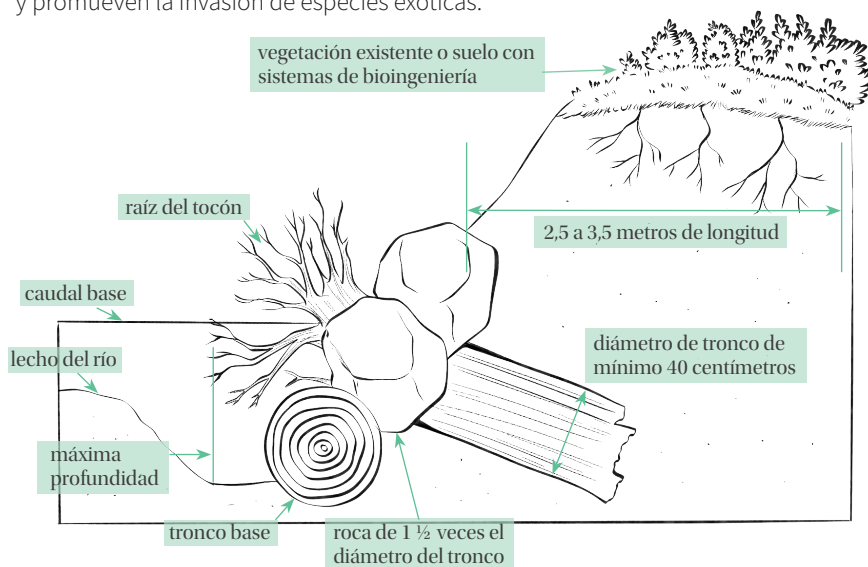


Figura 42. Ejemplo de enrocado con empotramiento de árbol para mejorar las condiciones de hábitat acuático en la orilla del cauce.

Revestimiento con árboles

Objetivo: Proteger la ribera, disminuyendo la velocidad del agua, atrapar sedimentos y proporcionar hábitats para vida silvestre.

Descripción: Es una medida económica y accesible que ayuda a mejorar las condiciones para la colonización de especies nativas. Se distribuyen árboles vivos o muertos, con gran densidad de ramas o maderas interconectados en la base de la ribera o anclados a ellas, proporcionando protección contra el flujo del agua, frenando la erosión excesiva y proporcionando cobertura aérea para el hábitat de peces.

Consideraciones:

- No debe aplicarse si ocupan más del 15% de área transversal del canal cuando este está lleno.
- No es apropiado para instalar aguas arriba de puente u otras construcciones, dado el riesgo que implica que el revestimiento se desplace.
- Se debe diseñar un sistema de anclaje seguro (evitar utilizar alambres).
- Se necesita instalar una protección en el pie del talud.
- La resistencia a la descomposición de los árboles utilizados influirá en la vida útil de revestimiento, eventualmente habrá que reemplazarlo.

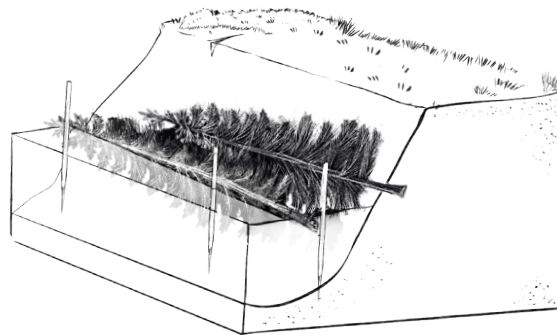


Figura 43. Vista panorámica de la medida con revestimiento con árboles.

¡RECORDEMOS!

Restauración Ecológica y Adaptativa: Es fundamental establecer plazos periódicos de monitoreo para revisar que las estructuras de bioingeniería y protección de riberas se mantengan en buen estado, tomando las acciones correctivas necesarias en caso de daños, especialmente después de crecidas intensas. Reparar y evaluar la efectividad de las medidas de restauración. Considerar nuevas medidas, si es necesario.

Práctica 3. Reforestación y revegetación

La reforestación de riberas busca recuperar coberturas arbóreas nativa y permanente. La reforestación puede actuar como un punto de partida o como vía hacia la restauración ecológica del bosque nativo. Esto siempre que se logre integrar un enfoque estratégico y se cumpla con la planificación y compromiso de los objetivos a largo plazo. Una reforestación con árboles y arbustos permite establecer vegetación abundante, aportando múltiples servicios ecosistémicos. Esta vegetación puede proveer recursos madereros y no madereros, favorecer la regulación hídrica y la protección del suelo, y contribuir a la recuperación de la biodiversidad. A medida que crece, también actúa como importantes sumideros de carbono. Finalmente, entrega servicios culturales al mejorar el paisaje y ofrecer oportunidades de recreación para las comunidades.

¿Cómo preparamos la ribera para la reforestación?

Para facilitar las labores de revegetación y asegurar adecuados niveles de sobrevivencia, es fundamental mejorar las condiciones del suelo. En este sentido, las prácticas mencionadas anteriormente pueden complementarse con distintas técnicas de revegetación, potenciando así la recuperación de la cubierta vegetal.

¡Atención! Para todas las actividades realizadas cercanas a los cursos de agua, no se recomienda la aplicación de productos químicos. Estos contaminan las aguas.

Limpieza del sitio

Técnica apropiada para limpieza en riberas: Roce manual

Objetivo: Eliminar especies leñosas invasoras, que puedan afectar el establecimiento de la reforestación. Se busca disminuir la competencia por luz, agua y nutrientes.

Descripción: En situaciones donde exista sobrepoblación de especies como zarzamora (*Rubus ulmifolius*), espinillo (*Ulex europaeus*), aroma (*Acacia dealbata*), sauce (*Salix viminalis*) u otras, que por su abundancia impida el enriquecimiento con especies nativas, se puede disminuir su densidad para brindar las condiciones óptimas para la revegetación. Es importante recordar **“Nota sobre la legislación vigente”**, antes de cualquier intervención debe evaluarse si dichas formaciones se encuentran reguladas por la ley.

Consideraciones:

- La corta de especies leñosas alledaña a cursos de agua se debe realizar solo cuando hay riesgo de caídas de árboles, o por razones sanitarias, o cuando son especies exóticas de rápido crecimiento.
- Si se realiza una corta, esta debe ser mediante un volteo dirigido, evitando que la vegetación intervenida alcance el cauce.
- Cuando exista presencia de especies exóticas, estas solo se deben eliminar si no cumplen funciones ecológicas beneficiosas para el ecosistema. Como de soporte del suelo en riberas, sombra para otras especies y hábitats utilizados por aves rapaces (control de lagomorfos).

Materiales:

- Rozón.
- Hacha.
- Desbrozadora.
- Motosierra.

**Son opciones, dependerán de cada caso las herramientas que se requieran utilizar.*

Control de herbáceas

Técnica apropiada para control de malezas en riberas: Control mecánico

Objetivo: Eliminar o reducir la cobertura herbácea para disminuir la competencia por luz, agua y nutrientes.

Descripción: En las zonas donde se realizará el enriquecimiento o reforestación, es importante despejar el área de herbáceas que puedan competir con las especies a establecer. Se recomienda no utilizar maquinaria pesada y ordenar el material vegetal extraído en el terreno en el sentido de las curvas de nivel o, en su defecto, sacarlas del lugar para disminuir el riesgo de incendios.

Consideraciones:

- Existen herbáceas exóticas y nativas, estas últimas son parte del ecosistema y es importante cuidar su permanencia. En esos casos, se recomienda despejar solo el área más próxima a la casilla de plantación o revegetar en zonas sin este tipo de vegetación.
- Se tiene que despejar el área cercana a la planta o plantación que será establecida. Se pueden utilizar las manos u otras herramientas, procurando sacar las malezas de raíz.
- Hay que evitar la remoción excesiva del suelo.
- No debe realizarse en el borde inmediato a cursos de agua o cárcavas.

-
- No se pueden ocupar herbicidas cerca de cursos de agua para reducir contaminación del agua.
 - Hay que focalizar los esfuerzos en malezas de tipo exóticas y de rápido crecimiento.
 - Puede ser necesario realizar controles pre y post plantación, si es que las malezas están afectando el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Materiales:

- Palas.
- Azadones.
- Rozones.

**Son opciones, dependerá de cada caso que se requiera utilizar.*

Manejo de residuos vegetales

Técnicas apropiadas para el manejo de residuos en riberas: Orden manual o mecanizado

Objetivo: Ordenar los residuos vegetales presentes en el área a reforestar, con el fin de reducir los obstáculos físicos para la habilitación de las plantas y disminuir el riesgo de incendios.

Descripción: En ocasiones, las riberas se encuentran con material vegetal disperso en el suelo, como árboles caídos, ramas, troncos, hojas, rocas, etc. El orden de estos es importante para diseñar adecuadamente la revegetación.

Consideraciones:

- Es recomendable ordenar los residuos evitando que el suelo quede descubierto, especialmente los suelos frágiles. Esto ayuda a proteger los suelos de cambios extremos de temperatura y humedad, y como barrera protectora contra los agentes erosivos (viento, precipitación).
- Si es posible, antes de ordenarlos, se puede realizar una trituración de los residuos. Esto aporta nutrientes al suelo.
- Nunca se deben quemar los desechos.
- No hay que colocar los desechos vegetales en cursos de agua, caminos, alcantarillados y cortafuegos.
- Si existen hoyos u otros efectos de la erosión, se sugiere poner desechos vegetales en esas áreas.
- Si se opta por pilas o rumbas de residuos, es importante no arrastrarlos por largos tramos. Esto causa erosión del suelo.
- **Pendiente baja (<30%):** Se puede utilizar maquinaria pesada, pero se debe evitar si es que los suelos son frágiles. En caso de no triturar todo, se recomienda ordenar los desechos en fajas en sentido contrario a la dirección de los vientos más comunes de la zona.

- **Pendiente alta (>30%):** El orden manual es aconsejable para terrenos con pendiente fuerte y pocos residuos vegetales. Se recomienda ordenar en fajas en el sentido de las curvas de nivel.

Materiales:

- Bulldozer.
- Tractor agrícola con rastra.
- Mulcher (recomendado).

Prácticas para la preparación del suelo

Preparación del suelo en riberas: surco, subsolado, casilla manual, drenes

Objetivo: Mejorar la estructura del suelo para aumentar la infiltración y retención del agua, facilitando el desarrollo radicular de las plantas.

Descripción: Esta práctica es necesaria en sitios con suelos compactados, como aquellos usados para cultivos en hileras, con un tráfico constante de maquinarias y vehículos pesados que aumentan la compactación.

Consideraciones:

- Realizar en periodos sin presencia de lluvias o cuando los suelos tengan un bajo contenido de humedad. En especial cuando se utilicen maquinarias pesadas.
- Realizar siguiendo las curvas de nivel siguiendo las curvas de nivel, para mejorar aprovechamiento del agua.
- La técnica escogida dependerá de los factores actuales del sitio y de los requerimientos de profundidad de raíces de las especies seleccionadas para plantar.

Tipos de suelo:	Técnica:
Compactados y/o con pie de arado. No rocoso.	Surco (Pendientes <40%)

- **Surco mecanizado:** Se puede realizar con un tractor agrícola (alcanza profundidades de hasta 50 cm) o una retroexcavadora (alcanza profundidades entre 70 y 80 cm).
- **Surco con animales de tiro:** Corresponden a surcos mediante arado, al menos se deben dar 3 pasadas por la línea de surco (alcanza profundidades de hasta 30 cm).

Tipos de suelo:	Técnica:
Compactados y/o con pie de arado. No rocoso	Subsolado (Pendiente < 35%)

El subsolado permite lograr profundidades hasta 1 metro. Se recomienda realizar el subsolado siguiendo las curvas de nivel, con un distanciamiento máximo de 4 metros y con

al menos 40 cm de profundidad. Si es necesaria más profundidad, se puede complementar con un camellón de al menos 30 cm de alto y 50 cm de ancho.

Tipos de suelo:	Técnica:
Sin restricciones	Casilla Manual Cualquier pendiente

Es la opción menos intensiva y con menor impacto, se puede realizar en cualquier tipo de suelo y pendiente. Ideal para cuando existe vegetación presente y se quiere realizar un enriquecimiento de especies nativas.

Se puede realizar con una pala plantadora para la confección de hoyos de 40 cm de ancho por 40 cm de lago y 40 cm de profundidad.

Tipos de suelo:	Técnica:
Ñadis o inundables	Drenes y preparación mecanizada (Pendiente < 40%)

Con una excavadora se construyen drenes para drenar el exceso de agua y mejorar la aireación en la zona radicular, de 50 cm de profundidad y con distanciamiento máximo de 6 metros, se forman camellones con el suelo removido.

No debe realizarse en un área inmediatamente cercana a cursos de agua.

Protección individual

Objetivo: Proteger la plántula en sus estadios más vulnerables, principalmente ante ataques de lagomorfos.

Descripción: Es una buena alternativa instalar tanto un cercado perimetral, como una protección individual en cada planta. Así se minimiza el riesgo de daño.

Consideraciones:

- Protegen contra el daño causado por lagomorfos (conejos y liebre europea) y ramoneo de ganado. Además, la protección individual protege contra el viento y altos niveles de radiación solar.
- Una vez que el proceso de reforestación ha sido efectivo y los árboles alcancen una altura y diámetro adecuados (al menos 2 temporadas estivales), se deben retirar las protecciones individuales. Antes de desecharlas, se debe revisar su estado para evaluar si es posible reutilizarlas, y en caso contrario, depositarlas en un basurero o lugar adecuado, evitando así contaminar las zonas restauradas.

- **Malla Raschel negra o verde con 3 tutores**

Es la más recomendada para la zona. Tiene una alta efectividad, pero altos costos asociados a los materiales y tiempo de preparación e instalación (**Figura 44**).

- **Uso de ramas y material leñoso disponible en el lugar**

Los costos asociados son muy bajos, no posee tanta efectividad y depende de la disponibilidad de abundante material vegetal en el sitio (**Figura 45**).

- **Tetrapak con 1 tutor**

Se compran Tetrapak cortados y cocidos. En el caso de mucho viento, se puede agregar otro tutor. Tiene un bajo costo asociado a los materiales e instalación. Posee poca durabilidad (**Figura 46**).

- **Protectores de polipropileno u otro material plástico con 1 tutor**

Presenta una alta durabilidad, pero altos costos de compra (**Figura 47**).



Figura 44.



Figura 45.



Figura 46.



Figura 47.

Plantación manual

Objetivo: Establecer una cubierta arbórea en un terreno previamente preparado.

Descripción: Es la más utilizada en predios pequeños, en terrenos irregulares y altas pendientes y cuando se debe tener mayor cuidado con la planta y suelo.

Consideraciones:

- Se recomienda que la plantación sea de forma manual para evitar la compactación del suelo por el uso de maquinaria pesada. En sitios donde la pendiente es $>30\%$ debe ser manual.
- Se debe efectuar en una época adecuada, para que las plantas dispongan de humedad suficiente para asegurar su establecimiento y desarrollo. En este caso, antes o después de la época de nevadas y/o escarchas.
- Se debe ocupar el sitio eficientemente, teniendo en cuenta la presencia de plantas nodrizas, el distanciamiento y el diseño de plantación más apropiado para el contexto.

Materiales:

- Caja para el transporte de plantas.

-
- Palas plantadoras.
 - Chuzo.
 - Azadón.
 - Implementos de seguridad del personal.

Diseño de plantación

Densidad de plantación

Considerando que el objetivo es múltiples usos y provisión de servicios ecosistémicos, se recomienda una densidad de plantación (plantas por hectárea) en la Macrozona sur del país de entre **500-1250** entre un 50% y un 100% de árboles.

Distribución espacial

Según la **situación actual** de la vegetación de ribera, se preferirán ciertos tipos de diseños de plantación.

Diseño I: Reforestación en núcleos

Objetivo: Utilizado para niveles intermedios de perturbación, con presencia de algunas especies forestales para complementar con la restauración pasiva.

Descripción: Esta técnica se basa en los patrones de regeneración natural de los bosques. Luego de una perturbación, ya sea natural o de origen humano, la colonización inicial de especies pioneras ocurre en forma de núcleos o agrupamientos desde donde comienza la expansión de la vegetación. Una vez establecidos los núcleos de vegetación leñosa, estos irán creciendo hasta fusionarse con los núcleos vecinos.

Consideraciones

Ventajas: Permiten la captura de semillas traídas por el viento, atraen aves y otros animales que las dispersan, mejoran las condiciones microclimáticas respecto a su entorno y estabilizan el suelo, disminuyendo la competencia con pastos u otra vegetación de suelo y las probabilidades de depredación de semillas y herbívora de plántulas en comparación a condiciones abiertas. Por último, se genera una comunidad vegetal más diversa y heterogénea que con otros métodos, como plantación en hileras.

Desventajas: Algunos desafíos están relacionados al manejo de la vegetación en los núcleos. Es más probable efectuar daños accidentales al controlar las malezas.

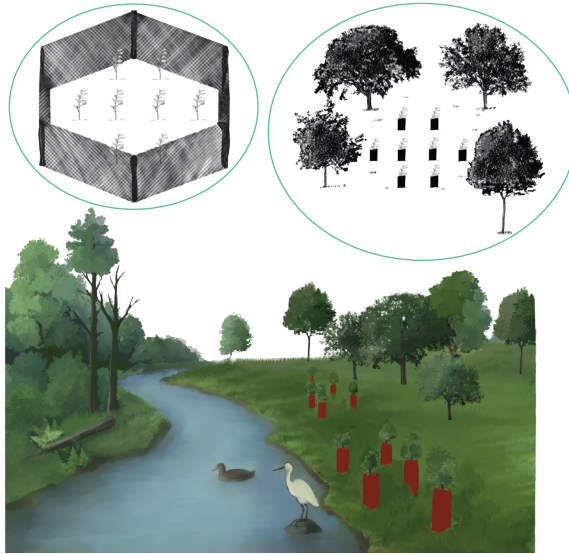


Figura 48.

Se recomienda distribuir los núcleos de manera no sistemática, ajustando su ubicación a las condiciones actuales de la vegetación y del suelo del sitio. Estos núcleos pueden cercarse completamente, o bien, cuando no existan grandes herbívoros o la instalación de cercos sea compleja por la presencia de árboles, se puede utilizar protección individual para cada planta.

Diseño 2: Reforestación en hileras

Objetivo: Cuando existen perturbaciones severas, donde las condiciones hidrológicas y del suelo están gravemente alteradas. En estos casos se requieren diferentes acciones de restauración, buscando reforestar en toda el área perturbada.

Descripción: Esta técnica es la más utilizada en plantaciones forestales. La práctica consiste en establecer plantas en hileras con un cierto distanciamiento, siguiendo las curvas de nivel en el caso de terrenos con alta pendiente.

Consideraciones

Ventajas: Permite un mejor manejo de malezas y especies invasoras. Efectiva en situaciones donde los cauces están desprovistos de vegetación.

Desventajas: Posee una heterogeneidad espacial baja, las aves no se ven tan atraídas. No capturan tan fácilmente las semillas traídas por el viento. Más presencia de malezas en el área circundante de la planta.

Tipos de diseños en hileras

Pendientes (<20°)	Configuración espacial: Marco real
-------------------	------------------------------------

Las plantas se colocan formando cuadrados o rectángulos. Se recomienda una densidad de plantación de entre 1.000 a 1.100 plantas por hectáreas distribuidas en una distancia de 3x3m formando un cuadrado.

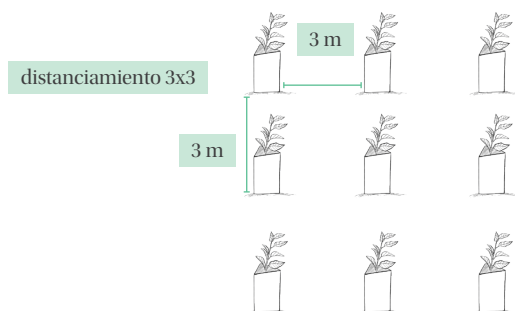


Figura 49. Marco real: plantas posicionadas formando cuadrados o rectángulos.

Pendientes (>20°)	Configuración espacial: Tresbolillo
-------------------	-------------------------------------

Las plantas se colocan formando triángulos equiláteros, siempre guiándose con las curvas de nivel. Esto evita la erosión del suelo y aprovecha mejor el escurrimiento del agua. Se recomienda una distancia de 3.2 m. y 3.4 m. entre hilera e hilera (**Tabla 4**).

espaciamiento tresbolillo

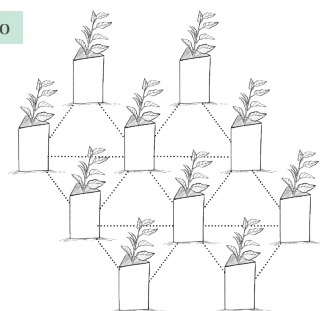


Figura 50. Tresbolillo: plantas posicionadas formando triángulos equiláteros, guiándose con las curvas de nivel.

Tabla 4. Espaciamientos para el diseño de tres bolillos, por distancia entre plantas (Comisión Nacional Forestal, 2010).

Distancia entre plantas (metros)	Distancia entre hileras (metros)	Densidad (plantas/hectáreas)
2	1,732	2500
2,5	2,165	1600
3	2,598	1111
3,5	3,031	816
4	3,464	625
4,5	3,897	494
5	4,33	400

¡RECORDEMOS!

Restauración Ecológica y Adaptativa: el monitoreo de la revegetación y reforestación es parte de la restauración, evaluando la mortalidad de las plantas, sus causas y la necesidad de replantar o reforzar la vegetación existente. Es importante registrar la evolución de las especies para asegurar su adaptación a la zona y garantizar la efectividad de las intervenciones. Asimismo, se deben revisar y reparar los cercos y protecciones individuales frente a animales, evitando que estas zonas restauradas sean dañadas por el pastoreo o el acceso no controlado.

Práctica 4. Recreando el hábitat acuático asociado a la ribera

La vegetación ribereña propicia condiciones en el río esenciales para sostener la biodiversidad y el funcionamiento de la vida acuática, como mamíferos acuáticos, peces, macroinvertebrados y microorganismos, base del reciclaje de nutrientes. Por ejemplo, una cobertura arbórea densa, ayuda a mantener la temperatura estable en los ríos, a su vez, las raíces de las plantas y el material leñoso (como troncos caídos) crean hábitats (como las piscinas naturales) claves para la puesta de huevos y el desarrollo de las crías de peces. En este sentido, cuando la vegetación ribereña ha sido degradada, es necesario ejecutar tanto medidas de estabilización y revegetación, como recrear el hábitat acuático y rehabilitar las funciones ecosistémicas asociadas a la fauna.

Disminución de la velocidad en río

Para crear áreas de velocidad reducida se pueden ejecutar diversas técnicas.

Creación de hábitats para peces

Es necesario restaurar el hábitat de los animales acuáticos cuando estos se han visto degradados.

Creación de hábitats para peces

Objetivo: Restaurar hábitats acuáticos degradados, enfocándose en mejorar las condiciones para los peces y su capacidad de migración, movimiento, descanso y reproducción.

Descripción: En ríos que han sido encausados, su cauce haya sido simplificado o su vegetación haya sido removida, es posible la reincorporación de troncos y rocas agrupadas en el lecho para recuperar su heterogeneidad y favorecer la formación de rápidos y pozas. Esto controla la erosión, permite acumular sedimentos en determinados sectores y generar variaciones en la profundidad del canal, creando hábitats para peces y otros organismos acuáticos.

Consideraciones:

- Troncos y rocas deben ir posicionados en serie, evitando que estén muy cerca, para no eliminar totalmente los rápidos, que también son parte importante del hábitat fluvial.
- El material colocado perpendicularmente al flujo crea aguas estancadas, y posicionado de forma diagonal al flujo, logra redistribuir los patrones de erosión y deposición inmediatamente aguas abajo.
- En canales con lecho de arena, las estructuras están sujetas a fallas por socavación. Es importante establecerlas de forma segura, evitando colocar el material en zonas propensas al derrumbe con materiales poco estables y de fácil pudrición.
- Medidas no deben afectar la migración lateral del canal ni limitar el paso de peces.
- Cuando existen obstrucciones naturales o causadas por humanos, como la acumulación de escombros, troncos, alcantarillas y represas que interfieren

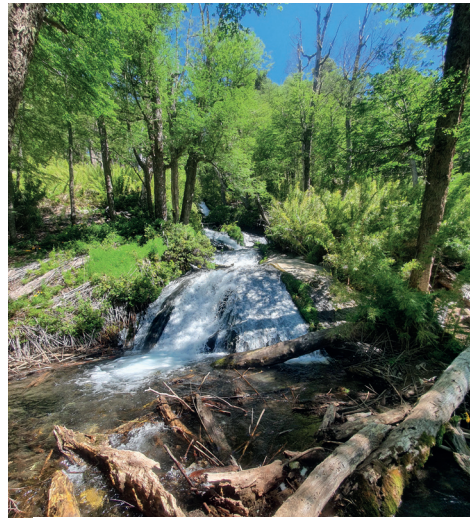


Figura 51. El material leñoso muerto, las raíces y otros elementos, como rocas, forman un microhábitat esencial para la vida acuática.

con la migración de peces, se pueden realizar pequeños cambios en la disposición espacial de estas limitantes para lograr el libre movimiento.

- Se debe evitar alterar significativamente el flujo natural del río o generar represamientos que puedan aumentar el riesgo de desborde aguas arriba.

Algunas ideas de hábitats de peces y animales acuáticos:

- 1) **Pasos para peces:** Generar cambios en la corriente que entreguen la oportunidad a los peces de desplazarse aguas arriba, como eliminación de la obstrucción. Se utiliza en corrientes con obstrucciones naturales o creadas por el hombre.

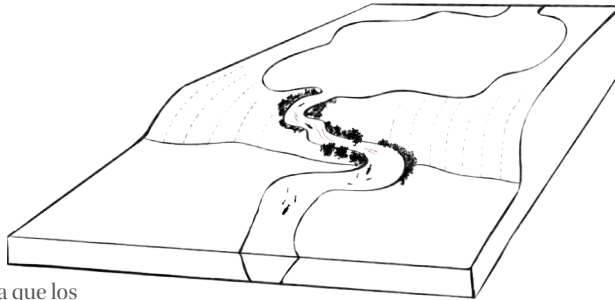


Figura 52. Pasos para que los peces migren aguas arriba.

- 2) **Estructuras con materiales naturales:** Utilizar ramas, troncos y rocas en la parte inferior de las riberas, en curvas de baja pendiente con charcas, generando compartimientos cubiertos para refugio. Ayuda a la red alimentaria, evita erosión y entrega sombra.

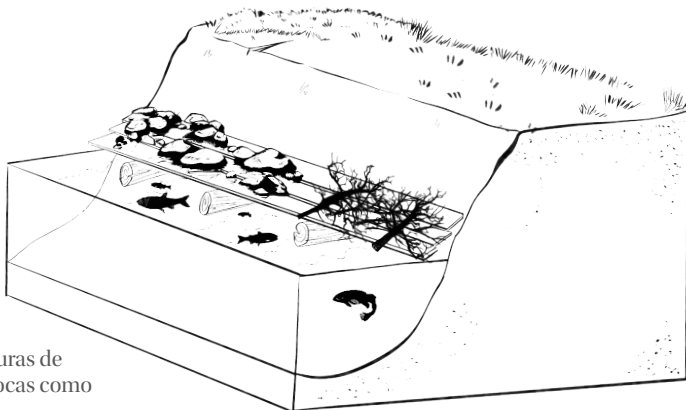


Figura 53. Estructuras de ramas, troncos y rocas como hábitats de peces.

Aumento de heterogeneidad de la ribera

La complejidad de la llanura de inundación, dada por estancamientos diferenciales de la lluvia e intercepción de aguas subterráneas, promueve un mosaico de comunidades vegetales y funciones ecosistémicas.

Creación de microrrelieves

En lugares donde las inundaciones naturales han sido reducidas o limitadas, la restauración de microrrelieves es fundamental. Esta se puede lograr realizando excavaciones selectivas, considerando las características históricas dentro de la llanura, como humedales naturales, diques, meandros y canales abandonados. A través de la observación de fotografías aéreas y las riberas aledañas de referencia (si es que hay), se puede encontrar información sobre la distribución y dimensiones necesarias para planificar la restauración de los microrrelieves.

La intercepción y acumulación de la escorrentía en zonas aledañas a plantaciones mantiene la humedad del terreno, mejorando las expectativas de crecimiento de las plantas en la ribera.



Figura 54. Resumen de prácticas de restauración de riberas. a) Práctica sobre control de acceso al cauce. b) Ejemplo de práctica de estabilización de riberas. c) Prácticas de reforestación y revegetación. d) Prácticas de recuperación del hábitat acuático.

Referencias

Álvarez, X., Saco, I., Abilleira, F., Ucha, M., Fernández, L. B. (2014). **Conservación y restauración del bosque de ribera. Un caso de estudio de los ríos de Galicia (Pontevedra)**. Universidad de Vigo. Pontevedra, España.

Bentrup, G., & Hoag, J. C. (1998). **The practical streambank bioengineering guide: user's guide for natural streambank stabilization techniques in the arid and semi-arid great basin and intermountain west**. USDA Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Center. Idaho, USA.

Comisión Nacional Forestal. (2010). **Prácticas de reforestación: Manual básico**. Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. Jalisco. México.

Comisión Nacional Forestal. (2013). **Guía Básica de Buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios**. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Comisión Nacional Forestal. (2019). **Programa de forestación y revegetación: Guía de prácticas de planificación y ejecución operativa**. Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV). Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

Corbin, J. D., & Holl, K. D. (2012). **Applied nucleation as a forest restoration strategy**. *Forest Ecology and Management*, 265, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.013>

Cooperación Suiza en América Central. (2013). **Manual de Bioingeniería: Reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático**. Recuperado de https://www.shareweb.ch/site/disasterriskreduction/themes-and-resources/DOC_themesresources/Themes-and-resources/Manual_AmericaCentral_Bioingenieria-SDC_2013.pdf

Cruz-Tagle, E., Lara A., Becerra-Rodas, C. (2016). **Estrategias de manejo de bosques ribereños y de quebradas para minimizar los impactos de las actividades silvoagropecuarias**. Fundación Centro de los Bosques Nativos (Forecos). Fondo de Investigación de Bosque Nativo 020/2016.

Donoso, P., Soto, D., Gerding, V., Thiers, O., Pinares, J., Escobar, B., Sanhueza, M.J. (2015). **Manual de plantaciones de raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*) en Chile**. Universidad Austral de Chile - Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile.

Federal Interagency Stream Restoration Working Group. (1998). **Stream corridor restoration: Principles, processes, and practices**. Federal Interagency Stream Restoration Working Group, USA.

Fischer Jr, R. A., & Fischenich, J. C. (2000). **Design recommendations for riparian corridors and vegetated buffer strips**. Engineer Research and Development Center (U.S).

Giráldez, J., Madrid, R., Rodríguez, A., Contreras, V., Landa, B., Taguas, E. V. y Gómez, J. (2015). **Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil**. Universidad de Córdoba, Departamento de Agronomía e Ingeniería Rural.

Greenerland. <https://www.greener.land/>

Ladino, L., Salcedo, Y. y Pérez, J. (2023). **Desarrollo sostenible en taludes y muros de carga aplicando bioingeniería** (Tesis doctoral). Universidad Santo Tomás, Colombia.

Lind, L., Hasselquist, E. y Laudon, H. (2019). **Towards ecologically functional riparian zones: A meta-analysis to develop guidelines for protecting ecosystem functions and biodiversity in agricultural landscapes**. Journal of Environmental Management, 249. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109391>

Ministerio de Agricultura. (2010). **Decreto 82 de la ley N° 20.283**. Aprueba reglamento de agua, suelos y humedales. 20 de Julio de 2010. (Chile).

Parkyn, S.; Shaw, W.; Eades, P. (2000). **Review of information on riparian buffer widths necessary to support sustainable vegetation and meet aquatic functions**. Auckland Regional Council. Auckland, New Zealand.

Zhang, et al. (2010). **A review of vegetated buffers and a meta-analysis of their mitigation efficacy in reducing nonpoint source pollution**. Journal of Environmental Quality, 39(1):76-84. <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0496>



Sección 1V

Cuenca del Río Toltén



Cuenca del río Toltén: un territorio socioecológico

Isabel M. Rojas Viada

Los ríos, esteros, y vertientes no están aislados, son más bien las venas de un sistema, un territorio más complejo que llamamos cuenca.

En el sur de Chile, en la región de la Araucanía, existe un territorio único. Circundado por bellas montañas y caudalosos ríos, este territorio ha sido delimitado por la hidrología como la cuenca del río Toltén, ya que todas sus aguas superficiales, las que se forman por la precipitación (lluvias y nevazones), drenan a un punto o salida común, a través del río con el mismo nombre, el río Toltén. El clima, junto a la topografía, son modeladores de esta cuenca. Con más de 2.200 mm de precipitación anual y tasas de evaporación potencial que puede alcanzar el 50% del agua precipitada, el clima invita al crecimiento de abundantes y diversos bosques, la formación de esteros, ríos y vertientes, permitiendo la vida de cientos de organismos que cohabitan en este territorio. Acompañando al clima, la topografía abrupta, con elevaciones que llegan sobre los 3.000 m.s.n.m y la formación de valles, morrenas y volcanes, obliga la acumulación del agua en lagunas, lagos y nieves eternas y glaciares. Dando paso a un territorio diverso, donde sus habitantes, antiguos y migrantes han dado forma a un habitar interdependiente a las montañas, los ríos, y variados ecosistemas; sin duda, un habitar interdependiente al agua.

La palabra Toltén tiene un origen Mapuche onomatopéyico “*troltren*”, que hace alusión al sonido de las olas del mar. De hecho, a la salida de la cuenca se encuentra el poblado de Toltén (viejo y nuevo), donde las aguas frescas del río se encuentran con el agua salada del mar. A la cuenca la recorren miles de kilómetros de cauces naturales, esteros, vertientes, y ríos. Al norte, el río Aillipén es el principal, conectando aguas que corren sobre los volcanes Llaima y Sollipulli. En la porción sur de la cuenca, los ríos Reigolil, Liucura y Trancura recorren la parte alta de la cuenca, drenando hasta el lago Mallolafquén o lago Villarrica. Desde este lago nace el río Toltén, siguiendo un recorrido sinuoso y ruidoso. Se suman a las aguas del río Toltén en su andar por la zona de valle o depresión intermedia, caudales de los ríos Voipire, Pedregoso y Dongil. Cada río, juntando agüita de cientos de vertientes, hualves y mallines que despiertan desde el suelo ante la topografía ondulada y el trabajo incansable de árboles que con sus raíces acercan el agua a la superficie. Pasando del valle hacia la costa, el río Allipén ya se ha encontrado con el Toltén. En esta zona, el Toltén es un río de gran tamaño, con barras que se han consolidado en islas habitadas. Algunos ríos, que van naciendo desde la cordillera de la Costa, siguen aportando agua al gran Toltén. Aquí

la topografía es más plana y las dinámicas de inundaciones son más extremas, generando grandes extensiones de bosques húmedos que acompañan al río en su viaje final al mar.

A través de su recorrido por el territorio, los esteros, ríos y lagos, han ido moldeando la vida de sus habitantes, acompañando la historia de habitación del territorio. Desde tiempos remotos, las comunidades mapuche se adentraban a través del territorio por los ríos. Usando sus wampos, el habitante mapuche circulaba de mar a cordillera. En la parte alta de la cuenca, las comunidades Pewenches no solo tienen un gran vínculo con el árbol de Pehuén, sino que también con el agua. Por ejemplo, en el sector de Puesco, las vertientes son lugares de reconciliación y sanación. Bajando hacia el valle, los frondosos bosques y correntosos ríos sostienen una actividad agrícola y forestal, en un ambiente con enfoque en el turismo. Aquí la topografía abrupta y los ríos permiten complementar las actividades tradicionales con el turismo. Hacia la costa, las comunidades mapuche fueron y son el fuerte de la resistencia a la colonización. Es en este territorio donde experimentaron el mayor despojo de sus tierras. Anteriormente regada por ríos y vertientes, hoy se repliegan en los suelos más empobrecidos y sujetos a degradación. Además, sondeado por la cordillera de la Costa, donde las plantaciones de monocultivo forestales han poblado el paisaje con mayor agresividad, afectando el habitar de seres vivos que han visto disminuir sus vertientes y degradado sus bosques nativos.

Hoy las aguas que recorren la cuenca del río Toltén sostienen la vida de una gran diversidad de habitantes mapuche, chilenos y migrantes, quienes organizados en ciudades, villas, y predios rurales dedican la vida principalmente al campo. Tradicionalmente, la actividad agrícola se centra en el cultivo de cereales, papas, frutales, huertas familiares y la crianza de ganado. Todas estas actividades tienen una intrínseca relación con el agua y los cursos naturales, los cuales son usados para regar y dar agua al ganado. En el caso de los habitantes ganaderos, la cercanía a un río o curso de agua es una necesidad vital para la crianza. Ya que es en los cursos de agua donde el ganado tiene acceso al agua, sombra y alimento complementario durante los períodos de baja productividad de las praderas.

La belleza y desplante del paisaje de la cuenca con montañas nevadas, ríos caudalosos y lagos de gran tamaño ha dado pie a un pujante desarrollo de la actividad turística, donde los lagos, ríos y cursos naturales juegan un rol vital en las actividades más atractivas. Es así como los ríos más caudalosos son valorados para el rafting, kayak y otros deportes náuticos. Las aguas más calmadas, por su parte, son un imán para quienes gustan del uso de canoas, la pesca y la playa. Toda esta actividad ha permitido el desarrollo de actividades de hotelería, cabañas, campings, restaurantes y múltiples servicios para sostener la visita de miles de turistas que visitan la cuenca durante el año.

Así mismo, existen otras actividades productivas que son 100% dependientes de los ríos y su funcionamiento. La acuicultura o piscicultura se ha transformado en un sector productivo muy relevante para la cuenca, existiendo su presencia a través de la red hídrica. Por ejemplo, en la parte alta de la cuenca, en la comuna de Pucón, hay más de 15 pisciculturas donde se producen alevines para la industria salmonera. Además, la extracción de áridos desde los cauces naturales es una actividad muy frecuente y lucrativa. Esto, dado que el río tiene una base de gravilla piedras y rocas, que están a fácil alcance en las zonas más bajas del río. Sin embargo, puede tener graves consecuencias para el funcionamiento del río y del paisaje. Por ejemplo, vecinos han alegado erosión y distanciamiento de los cauces, producto de la actividad de extracción de áridos que cambia las dinámicas de erosión y deposición de sedimento.

Más allá de los usos y el valor cultural que tienen los ríos y su diversidad para cada habitante de manera individual, **es importante que comprendamos que los habitantes de la cuenca están intrínsecamente conectados a través de las aguas (Figura 55)**. Por una parte, el cuidado de la parte alta de la cuenca es esencial para que el agua llegue limpia y abundante a las zonas más bajas de la cuenca. Por otra parte, en las partes bajas existen ecosistemas de humedal únicos que se deben cuidar para asegurar que el agua que llega al mar sostenga la vida y la actividad pesquera.

Sin embargo, las actividades humanas generan impactos en los ríos que afectan la biodiversidad, el agua y a todos sus habitantes. Por ejemplo, las actividades agrícola y forestal han generado impactos al degradar los suelos, aumentando los aportes de nutrientes sintéticos que llegan al agua y disminuyendo los bosques nativos de ribera. Asimismo, el aumento de la población y el turismo han generado una alta demanda por el agua para consumo, y ha aumentado el agua doméstica residual no tratada. De hecho, las aguas residuales residenciales no tratadas son una de las principales causas de contaminación en cuenca. A su vez, reportes del Ministerio del Medio Ambiente demuestran que la acuicultura es una de las principales fuentes de contaminación puntual a los cuerpos de agua. Este descuido por el cuidado de los ríos y el agua ha generado que las aguas de la cuenca estén fuertemente contaminadas. Es por esto por lo que el lago Villarrica ha sido declarado saturado, haciendo un llamado a repensar las formas de interactuar con el agua, los bosques y toda la red hídrica.

Para revertir este daño, es urgente que logremos acuerdos de trabajo colectivo, a través de todo este territorio, promoviendo la conciencia y cuidado de los ríos, el agua y los habitantes de la cuenca del río Toltén.



Figura 55. La cuenca del Río Toltén es un territorio socio-ecológico, donde los habitantes están conectados a través del agua. Un trabajo colectivo es necesario para cuidar los ríos y el agua que dan sustento a los habitantes y a la biodiversidad. *Ilustración Catherine Thomann.*

Caracterización del Hidro-Clima de la Cuenca del Río Toltén

Andrea Redel

1. Caracterización de la Cuenca del Río Toltén

La cuenca del río Toltén está ubicada en la región de la Araucanía de Chile y abarca un área total de 8,193 km². En la zona se presenta una situación favorable de precipitaciones que permiten el desarrollo de la vida vegetal, con representaciones del bosque caducifolio, matorral caducifolio, bosque laurifolio, bosques resinosos de coníferas de Araucaria araucana, bosque siempreverde, matorral bajo de altitud, estepas y pastizales, ecosistemas que se distribuyen en respuesta de las condiciones climáticas, la abrupta topografía y las condiciones del suelo. Los principales elementos geográficos que determinan la morfología de la cuenca corresponden a la cordillera de los Andes, la precordillera, la depresión intermedia (que se desarrolla entre la cordillera de los Andes y la cordillera de la Costa), llanos de sedimentación fluvial (donde acumulan sedimentos o materiales que arrastra el agua desde la cordillera), la cordillera de la Costa y las planicies litorales. Sus principales cauces incluyen los ríos Allipén, Negro, Liucura, Curaco y Toltén. Posee 3 lagos de gran tamaño que son los lagos Villarrica, Collico y Caburga.

La cuenca se caracteriza por la presencia de un clima Templado lluvioso con influencia mediterránea, que es más cálido en la zona de costa y depresión intermedia (Templado cálido) y más frío en la cordillera (Templado frío). A nivel general, los meses de verano son los que han alcanzado las mayores temperaturas, mientras que las temperaturas en invierno son más bajas. La temperatura mínima promedio corresponde a 1,5°C hacia la cordillera, de 3,3°C por el valle central y de 3,9°C en el sector costero. Las temperaturas máximas promedio toman valores cercanos a 13,3°C en la cordillera, alrededor de 14,8°C por el valle central y de 15,7°C en la costa. Respecto de temperaturas extremas observadas en los meses de verano, las temperaturas máximas diarias más altas del año son en promedio de 30,6°C en la costa, de 30,2°C en la depresión intermedia y 28,8°C por la estación cordillerana.

Los meses de mayo, junio, julio y agosto son los más lluviosos. Hacia la costa cae hasta 1.000 mm de lluvia acumulada anual menos que hacia la cordillera. Los montos de precipitación acumulada anual promedio en la cordillera, valle central y costa corresponden a 2.200 mm, 1.800 mm y 1.500 mm, respectivamente. La escorrentía registrada anualmente en el sector de Villarrica, es de 2.967 mm y las pérdidas de agua por evaporación potencial

en este mismo sector, corresponden a 45,5 mm/año. Sobre la parte baja de la cuenca, el régimen es pluvial, mientras que hacia los sectores cordilleranos se observa una leve influencia nival con régimen pluvio-nival. Al año, el promedio de la superficie con cobertura de nieve en la cuenca corresponde a cerca del 5,1% (Figura 56). Al año 2020, la principal demanda hídrica en la cuenca fue el uso agrícola (62,2%), agua potable de uso urbano (13,8%), generación eléctrica (10,1%) y de uso industrial (9,3%). Considerando las entradas de agua por precipitación y salidas por evapotranspiración, demanda rural y demanda urbana, el balance hídrico en la cuenca al año 2020 correspondió a un superávit cercano a 13000 Hm³/año.

Por el régimen pluvial más dominante, los caudales en verano disminuyen y vuelven a aumentar en invierno cuando se presentan las mayores lluvias. Los caudales más altos se observan hacia los meses de invierno, donde el caudal promedio de los principales ríos en el mes de julio es de 75,9 m³/s en el río Allipén por el sector de Melipeuco (sector cordillerano), de 42 m³/s en el río Liucura (sector cordillerano), de 83,2 m³/s el río Curaco en Colico (sector del valle central) y de 889,5 m³/s (sector costero) el río Toltén a la altura de Teodoro Schmidt. Cuando llueve poco, los caudales son más uniformes a lo largo del año, sin mostrar variaciones importantes. En años lluviosos, con grandes intensidades de precipitación, se producen inundaciones que son más frecuentes en la zona cordillerana (23 versus 15 inundaciones grandes y pequeñas en el río Allipén y Toltén costero, respectivamente), pero más grandes hacia la costa (444,8 m³/s en el río Allipén versus 4539 m³/s en el río Toltén de caudal en promedio sobre las inundaciones grandes de los años registrados).



Figura 56. En la parte alta de la cuenca, la nieve se acumula en invierno, aportando al caudal en primavera y comienzos del verano, cuando aumentan las temperaturas.

El río con mayor caudal a lo largo de todo el año correspondió al río Toltén en Teodoro Schmidt. En este punto del río Toltén se está drenando casi la totalidad de las 8.000 km² de la superficie de la cuenca. Dentro de los ríos con menor caudal se identificó el río Puyuehue en Quitratue, con un caudal mediano de julio de 14.6 m³/s, que proviene de un único cauce principal y desemboca directamente sobre el río Toltén para desembocar también prontamente en el mar.

2. Cambios climáticos observados en la cuenca

2.1. Temperatura

Los indicadores de cambios en la temperatura muestran un aumento de las temperaturas máximas extremas. En otras palabras, las temperaturas mínimas y máximas diarias no han aumentado considerablemente. Por ejemplo, entre 1979 y 1997, la máxima temperatura diaria promedio del año fue observada en 1987 con 15,2°C. Ya en el período de 1998 a 2019, ese límite de temperatura se sobrepasó 5 veces.

Las temperaturas extremas altas sí han presentado una leve diferencia. Entre los años 1979 y 1997, la mayor temperatura máxima diaria de un año fue en promedio 29,6°C. En cambio, entre los años 1998 y 2019, la temperatura máxima diaria más alta anual fue en promedio de 30,5°C. Además, aumentó la frecuencia de máximas extremas. Por ejemplo, en el período entre 1979 y 1997, máximas diarias anuales mayores a 31,8°C se presenciaron solo 2 veces. En cambio, en el período entre 1998 y 2019 los años con temperaturas máximas diarias mayores a 31,8°C se presentaron 6 veces.

2.2. Precipitaciones

No solo ha cambiado la temperatura, también ha habido un cambio brusco en el régimen de precipitaciones desde 1998 en adelante (**Figura 57**). Esta disminución se manifiesta en las precipitaciones promedios y también en una disminución de la intensidad en los eventos de lluvia, por lo que hay menor frecuencia de grandes tormentas.

Tabla 5. Comparación del promedio de las precipitaciones totales anuales entre los periodos de 1979-1997 y 1998-2019

Zona	1979-1997	1998-2019	Disminución
Cordillera	2167	1274	58,8%
Valle	2237	1388	62%
Costa	2187	1353	61,9%

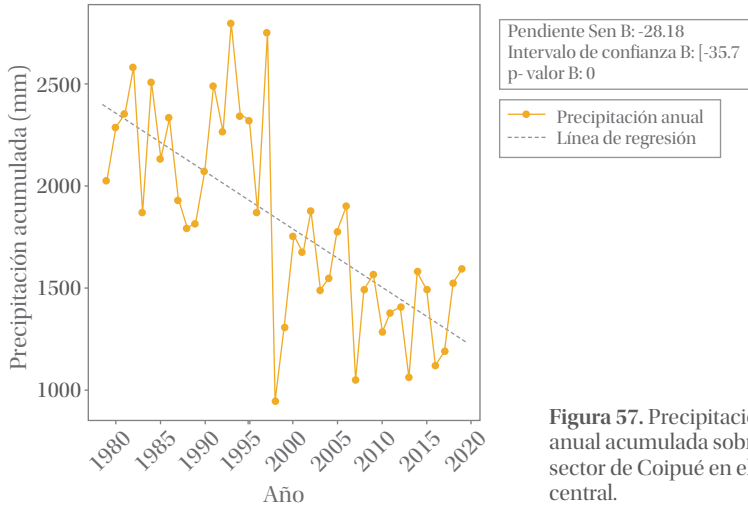


Figura 57. Precipitación total anual acumulada sobre el sector de Coipué en el valle central.

2.3. Sequía

El clima semiárido y mediterráneo de Chile lo hace vulnerable a la sequía, que se ha intensificado en la última década debido al cambio climático. No obstante, el fenómeno climático de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) influye en las sequías y, aunque en el pasado contribuía al aumento de precipitaciones al interactuar con otros fenómenos climáticos, su relación actual es más débil, favoreciendo condiciones más secas. Este cambio se refleja en temperaturas más altas que aumentan la evapotranspiración y en menores precipitaciones, lo que prolonga la sequedad en suelos, ríos y ecosistemas. Esto ha causado la muerte de especies arbóreas, reducción en la productividad de matorrales, agricultura y plantaciones forestales.

Desde 1998, la sequía ha sido un fenómeno persistente en gran parte de la cuenca, marcada por un déficit de agua, afectando ecosistemas y comunidades (**Figura 58**). La zona de la cordillera presentó desde 1998 mayor severidad en la ocurrencia de este fenómeno. En contraste, la costa ha tenido una menor severidad e incluso ciertos meses sin sequía. No obstante, meses catalogados con sequía fueron observados desde antes de 1990 hacia la costa. Para evaluar este fenómeno se puede utilizar el indicador de sequía *Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)*.

Con la sequía y la disminución de precipitaciones desde 1998, se observó de forma conjunta también una disminución en la intensidad de las precipitaciones, con baja probabilidad

de presenciar acumulaciones diarias abundantes que logren un balance positivo sobre la recarga de agua en el suelo respecto de su evapotranspiración, lo que resultó en una sequía prevalente a lo largo de toda la cuenca y durante 20 años casi consecutivos, incluido en meses de invierno.

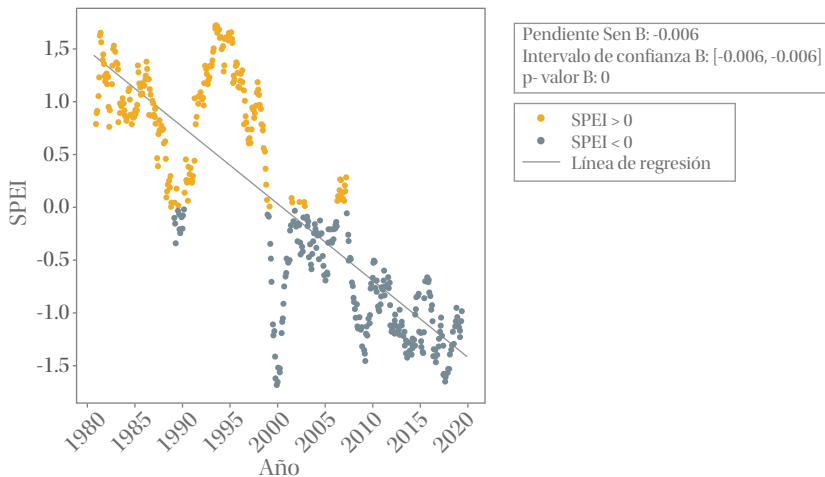


Figura 58. Índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración (SPEI) sobre el sector del valle central. Cuando el indicador SPEI es mayor a 0, la precipitación es mayor a la evapotranspiración, indicando años sin sequía. Cuando el indicador es menor a 0, la evapotranspiración es mayor a precipitación, indicando condiciones de sequía.

Los cambios en los patrones del clima han hecho que la megasequía en Chile central sea más severa. Esto sucede porque el aire en la atmósfera impide que las lluvias lleguen con frecuencia, ya que los sistemas pluviales no logran pasar fácilmente hacia la región. Entonces, es que se tienen menores eventos de lluvia, por un reforzamiento natural y antropogénico a la megasequía. Las sequías afectan especialmente a especies como la Araucaria de alto valor cultural, y a ecosistemas acuáticos, como los lagos de Villarrica, que enfrentan problemas como floraciones de algas nocivas en condiciones de sequía extrema. La cordillera se encuentra en la intersección del calentamiento acelerado y de grandes poblaciones humanas que dependen del ecosistema natural para su subsistencia. En cambio, la sequía hacia la costa es más severa y prevalece desde hace más tiempo, con una evapotranspiración más intensa.

2.4. Caudal

Como es de esperar, la disminución en las precipitaciones ha generado caudales más bajos durante los meses de invierno. Por ejemplo, para el período hasta 1979 el río Allipén en Melipeuco, el caudal mediano del mes de julio correspondió a 84,5 m³/s, mientras que el período posterior hasta 2020 tuvo un caudal mediano de 78,5 m³/s. Esta leve reducción de los caudales y una menor frecuencia de inundaciones, tanto grandes como pequeñas, se ha debido a la menor cantidad e intensidad de precipitaciones. Esto ha generado una mayor prevalencia de caudales bajos y de caudales altos menos duraderos. Sobre el río Toltén en el sector del valle central, la duración de los pulsos altos en el período hasta 1997 fue de 47 días en promedio. En cambio, el período entre 1998 y 2019 los pulsos altos duraron en promedio 9 días. Además, los caudales de pequeñas inundaciones para el primer período fueron de 944,2 m³/s, mientras que en el último período las inundaciones pequeñas disminuyeron a un promedio de caudal de 810 m³/s.

La reducción de las inundaciones afecta el hábitat de especies ribereñas, que buscan refugio hacia las salidas de los ríos o canales. Como consecuencia, la disminución de caudales altos que desborden sobre el río limita la conexión entre los cauces y las llanuras de inundación, lo que disminuye la productividad y diversidad del ecosistema ribereño. Además, la falta de inundaciones impide el transporte de sedimentos y nutrientes esenciales para los bosques de ribera y la regeneración de comunidades biológicas.



Figura 59. Los pulsos de caudales altos inundan las llanuras donde se desarrolla el ecosistema ribereño, aportando al ecosistema nutrientes, sedimentos y nuevos propagulos de plantas y otros organismos.

Glosario

Clima Templado cálido lluvioso con influencia mediterránea: es un tipo climático que se caracteriza por presentar precipitaciones a lo largo de todo el año, pero más bajas en los meses de verano. Las temperaturas no sufren una gran variación por latitud.

Clima Templado frío lluvioso con influencia mediterránea: es un tipo climático que se caracteriza por bajas temperaturas durante todo el año y un aumento de las precipitaciones con la altura, las cuales llegan a los 3.000 mm anuales, sobre los 1.200 m.s.n.m.

Régimen pluvial: es la característica de una cuenca, al ser recargada de agua principalmente por las entradas que aportan las precipitaciones líquidas.

Régimen pluvio-nival: es la característica de una cuenca, al ser recargada de agua por la influencia del derretimiento del agua y de las precipitaciones líquidas.

Balance hídrico: es la diferencia entre las entradas de agua hacia la cuenca y las salidas de agua.

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO): es un fenómeno climático natural asociado al océano Pacífico y que tiene influencia directa sobre la temperatura del mar, los patrones del viento y, con ello, las precipitaciones. El ENSO incluye la fase de El Niño (condiciones más calientes del océano y, por lo tanto, de mayores temperaturas y precipitaciones) y la Niña (condiciones oceánicas más frías y más sequía).

Floraciones de algas nocivas: también conocidas como la marea roja, son eventos naturales que ocurren cuando ciertas especies de fitoplancton presentes en algún cuerpo de agua aumentan rápidamente su abundancia, pudiendo afectar a la salud humana, a los organismos que allí habitan y a múltiples actividades económicas o sociales. Se puede observar cuando pigmentos de las microalgas tiñen las aguas de diferentes colores, como verde, café o rojo, entre otros.

Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI): es un indicador que mide la severidad y continuidad de la sequía en un determinado lugar. Este indicador hace un balance hídrico entre la entrada de agua por precipitación y la salida de agua a partir de una estimación de la evapotranspiración.

Pulsos altos de caudal: corresponde a incrementos en el caudal de un cauce que no desbordan las riberas, proporcionando interrupciones necesarias en los caudales bajos.

Referencias

Álvarez-Garreton, C., Mendoza, P. A., Boisier, J. P., Addor, N., Galleguillos, M., Zambrano-Bigiarini, M., Lara, A., Puelma, C., Cortés, G., Garreaud, R., McPhee, J., & Ayala, A. (2018). **The CAMELS-CL dataset: catchment attributes and meteorology for large sample studies - Chile dataset.** *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 5817–5846. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5817-2018>

Luebert, F., & Plissock, P. (2006). **Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile** (Universitaria).

Plataforma de Investigación en Ecohidrología y Ecohidráulica Limitada (ECOHYD) & Universidad de Valparaíso. (2021). **Plan estratégico de gestión hídrica en las cuencas de los ríos Toltén y Bueno.** Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas de Chile. https://politicahidrica.goreloslagos.cl/wp-content/uploads/2023/12/PEGH-TOLTEN-BUENO-IF_compressed.pdf

Fichas de Flora, Fauna y Funga

Catalina Suau, Catalina Bello y Abraham Bustos

Flora Nativa

Árboles

Maqui, maque, clon (*Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz) Nativa

Uno de los árboles más conocidos de los bosques de Chile crece desde la región de Coquimbo hasta la región de Aysén. Se caracteriza por sus ramas flexibles y delgadas y tallos de color rojizo. Sus hojas perennes simples oval-lanceoladas de borde aserrado y color verde brillante destacan por su peciolo de color rojizo. Su conocido fruto es una baya negra y brillante, de sabor dulce, utilizada en múltiples recetas. Sus hojas y frutos poseen usos ancestrales en medicina. Crece frecuentemente en suelos húmedos y áreas sombrías, pero también es común en bordes de bosque y laderas de cerros.



Figura 60.

Temu, palo colorado (*Blepharocalyx cruckshanksii* (Hook. et Arn.) Nied.) Nativa - Endémico

Árbol no muy frecuente, se distribuye desde la región de O'Higgins hasta Chiloé. Alcanza hasta 20 m de altura y se distingue por su corteza pardo-rojiza y lisa. Las ramas nuevas tienen cuatro alitas en los vértices, lo que lo diferencia del arrayán. Sus hojas son siempreverdes, ovaladas y simples, y miden de 2 a 5 cm de largo. Las flores están reunidas en inflorescencias y su fruto es una baya oscura rojiza. Prefiere hábitats a orillas de cuerpos de agua, húmedos y con sombra. Su estado de conservación es casi amenazado. Junto con la pitra, es una de las especies más características de los hualves o humedales boscosos.



Figura 61.

Canelo, fuñe, foiye (*Drimys winteri* J.R.Forst. et G.Forst)

Nativa

Árbol siempreverde, distribuido en Chile desde la región de Coquimbo hasta la región de Aysén. Puede alcanzar hasta 30 m, de tronco recto con ramas delgadas de extremo rojizo. Su principal característica son sus hojas de color verde claro con un envés azulado-verde, de hasta 14 cm de largo y 4 cm de ancho, con peciolo de hasta 2 cm. Es considerado un árbol sagrado para el pueblo Mapuche, presenta propiedades medicinales y también es utilizado en carpintería. Prefiere hábitats pantanosos, cercanos a cursos de agua, junto a quebradas y ríos. Actualmente, el canelo en la zona sur se encuentra en estado de preocupación menor y para la zona norte en estado de peligro de extinción.



Figura 62.

Arrayán, palo colorado (*Luma apiculata* (DC.) Burret)

Nativa

Este árbol siempreverde se encuentra desde la región de Coquimbo hasta la región de Aysén. Se distingue principalmente por su hermosa corteza rojiza muy lisa con manchas blancas. Sus hojas, de color verde oscuro, miden de 1 a 2 cm, son ovaladas y tienen un pequeño mucrón en la punta, que es característico. Sus flores pequeñas son de color blanco y el fruto es una baya negra pequeña, conocida como cauchagüe, que es comestible, aromática y de sabor dulce. Prefiere los hábitats de bosques con mucha humedad, especialmente en riberas de ríos y lagos. Esta especie se utiliza para la protección de cursos de agua.



Figura 63.



Figura 64.

Pitra, petra (*Myrceugenia exsucca* (DC.) O. Berg.)

Nativa

Especie arbórea higrófila distribuida desde la región de Coquimbo hasta Chiloé. Alcanza hasta 15 m de altura y su tronco es característico por sus gruesas fisuras longitudinales, dando un aspecto de varios troncos unidos de color grisáceo. Además, se distingue por sus hojas siempreverdes de 3 a 5 cm, de color verde oscuro y de bordes encorvados hacia adentro. Se encuentra siempre en lugares muy húmedos, pantanosos, en lagos, esteros y ríos, muchas veces dentro del agua; forma parte de los hualves, creciendo junto a los árboles de temu y canelo. Posee una alta importancia en la protección de riberas y cursos de agua, ya que actúa como estabilizador de orillas, filtro de agua y controla el patrón de inundaciones.



Figura 65.



Figura 66.



Figura 67.

Coihue, coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.)

Nativa

Árbol siempreverde, abundante de los bosques del sur de Chile. Posee una distribución desde la región de O'Higgins hasta la región de Aysén. Puede llegar a medir hasta 40 m de altura y 4 m de diámetro. Se caracteriza por su ramificación radiada, pareciendo ramas aplanadas horizontalmente. Presenta un fuste cilíndrico, recto y libre de ramas, con una corteza gris oscura, con hojas de hasta 4 cm de largo. Su madera es utilizada en el área de la construcción, carpintería y de forma ornamental. Prefiere zonas húmedas, creciendo en un amplio rango de elevación, desde el nivel del mar hasta zonas altas de la cordillera.

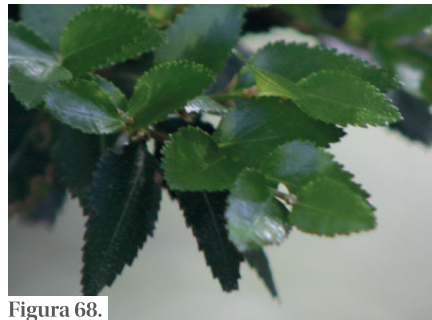


Figura 68.

Hualle, roble, pellín, coyan (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.)

Nativa

Árbol muy abundante, caducifolio y distribuido desde la región de Valparaíso hasta la región de Los Lagos. Puede alcanzar hasta 40 m de altura y 2 m de diámetro. Su tronco es recto y de color café oscuro con grandes grietas. Sus hojas son ovadas a alargadas, con el borde aserrado y miden de 2 a 5 cm de largo. Su madera es muy utilizada, ya que es durable y se usa en grandes construcciones. El hualle se encuentra en suelos buenos, fértiles, profundos y húmedos, en altitudes bajas.



Figura 69.



Figura 70.

Boldo (*Peumus boldus* Molina)

Nativa - Endémico

Árbol de fuerte aroma, distribuido desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos. Se distingue por su follaje perenne y denso. Sus hojas aromáticas características de color verde oscuro y el envés de verde claro, con sus bordes doblados hacia adentro. Sus hojas son pubescentes rígidas y al tocarlas son ásperas. Sus flores son pequeñas en racimo de color blanco. Se preparan diferentes medicamentos, como infusiones, con las hojas. Esta especie se encuentra en hábitats de laderas bajas pero asoleadas y siguiendo los cursos de agua en su distribución sur.



Figura 71.

Pelu, pilo-pilo (*Sophora cassioides* (Phil.) Sparre)

Nativa - Endémico

Árbol pequeño, distribuido desde la región del Maule hasta la región de Aysén. Puede medir hasta 10 m de altura. Se distingue por sus flores amarillas colgantes, dispuestas en racimos densos. Su característico fruto es una legumbre que llega a medir hasta 15 cm de largo. Esta especie se dispersa por el agua, por lo que sus semillas lisas y rojizas soportan largos tiempos flotando, conservando su viabilidad. Se usa como planta ornamental en otros países y su madera es resistente, por lo que es utilizada en construcciones. Crece en lugares sombríos y de humedad abundante, cerca de cursos de agua.



Figura 72.

Arbustos

Quila (*Chusquea quila* Kunth)

Nativa

Arbusto tipo bambú muy frecuente, se distribuye desde la región de Valparaíso hasta la región de Aysén. Se caracteriza por sus tallos que son cañas, que crecen de manera arqueada y con múltiples ramificaciones (diferenciándolo del colihue). Sus hojas son lineares, con nervios paralelos de hasta 12 cm de largo. Su floración se produce solo una vez entre 10 a 30 años, luego de eso la planta se seca. Se utilizan sus tallos para mueblerías, encender fuego y en la construcción de instrumentos. También sirve como alimento para ganado. Habita en áreas húmedas, a orillas de cursos de agua, como ríos, también en zonas ñadis y pantanosas.



Figura 73.

Chilco, chilca (*Fuchsia magellanica* Lam.)

Nativa

Es un arbusto siempreverde de amplia distribución, que se encuentra entre la región de Coquimbo y la región de Magallanes. Puede alcanzar una altura hasta de 4 m. Se caracteriza principalmente por sus hermosas flores en forma de campanitas grandes y de color rojo con pétalos morados, que florecen desde agosto hasta abril. Sus ramas son delgadas y largas, y sus hojas, de unos 5 cm, son verdes y más claras en el envés. Su fruto es una baya alargada de color negro, dulce y comestible. Se utiliza mucho en jardinería y en medicina popular. Esta especie es común en quebradas húmedas, ríos, riberas y cuerpos de agua. Por este motivo, su nombre en mapudungún “*chil-ko*”, quiere decir “*el que nace cerca del agua*”.



Figura 74.

Copihue (*Lapageria rosea* Ruiz et Pav.)

Nativa - Endémico

La flor nacional de Chile es un arbusto trepador, distribuido desde la región de Valparaíso hasta la región de Los Lagos. Posee un tallo leñoso flexible y llega alcanzar una altura de 6 m. Se distingue por su bella flor vistosa en forma de campana de hasta 10 cm, presentando una variedad de colores rojo, rosado y blanco. Sus hojas son de color verde oscuro, con un envés verde claro, características por sus nervaduras paralelas, llegan a medir entre 4 a 12 cm de largo. Su fruto es una baya ovalada verde-amarilla, con una gran cantidad de semillas comestibles. Prefiere hábitats húmedos sobre matorrales y árboles. Es un arbusto que se encuentra protegido por la ley, en estado de conservación casi amenazado.



Figura 75.

Herbáceas

Chupón, quiscal, cai, niyu (*Greigia sphacelata* (Ruiz & Pav.) Regel)

Nativa - Endémico

Herbácea de los bosques templados de Chile, se distribuye desde la región del Maule hasta la región de Los Lagos. Posee un tallo corto que puede alcanzar hasta 2 m de altura. Se destaca por sus hojas estrechas y de más de 1 m de largo, de un verde brillante y bordes espinosos, formando una roseta alrededor del tallo. Sus flores hermafroditas de color rosado. Su característico fruto es una baya alargada aromática y dulce, con muchas semillas, utilizada en diferentes preparaciones comestibles. Esta planta se utiliza comúnmente para realizar artesanías, especialmente canastos. Se encuentra en áreas de sombra o semisombra, con preferencias en quebradas, suelos húmedos y laderas de exposición sur.



Figura 76.

Nalca (*Gunnera tinctoria* (Molina) Mirb.)

Nativa

Es una planta herbácea de las zonas templadas, distribuida entre la región de Coquimbo y la región de Magallanes. Esta planta puede alcanzar más de 2 m de altura y se caracteriza por sus grandes hojas que alcanzan hasta 2 m de ancho. Sus hojas presentan cinco o más lóbulos de tacto áspero y grueso. Sus flores son pequeñas y rojas, dispuestas en una espina gruesa, y su fruto es una drupa de color anaranjado. Su tallo carnoso es comestible y las hojas, peciolos y rizomas se utilizan para preparar bebidas, postres, ensaladas, entre otras recetas. Tiene propiedades curativas, utilizadas en la medicina mapuche. Se encuentra en lugares con mayor humedad y sombra, en ríos, esteros, lagos y lagunas.



Figura 77.

Helechos

Costilla de vaca, palmilla, quiquil (*Blechnum chilense* (Kaulf.) Mett.)

Nativa

Helecho perenne de amplia distribución, desde la región de Coquimbo hasta la región de Magallanes. Su nombre “*Costilla de vaca*” proviene de sus características hojas de largo hasta 1,5 m, de grandes y anchas frondas, con láminas pinnadas. Se caracteriza por su peciolo, un poco leñoso, que presenta escamas anchas de color castaño claro. Generalmente es utilizado como planta ornamental. Prefiere zonas muy húmedas, pantanosas, cercano a los cursos de agua rodeado de sotobosques y bajo la sombra de los árboles. Su estado de conservación es casi amenazado.



Figura 78.

Palmilla, quilquil, arriquilquil (*Blechnum hastatum* Kaulf.)

Nativa

Helecho perenne que se encuentra presente desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos. Su característica principal son sus hojas pinnadas de igual forma y tamaño en toda la planta, son de tamaño que varía entre 10 y 70 cm de largo. Las pinnas poseen bases en forma de oreja con los cenosoros alargados en el margen de la pinna. La especie tiene un rizoma erecto y escamoso. Sus raíces son utilizadas como medicina natural. Habita en variadas condiciones, pudiendo crecer en lugares abiertos, bajo vegetación, en riberas de cursos o cuerpos de agua.



Figura 79.

Funga nativa

Digüeñe (*Cyttaria espinosae* Lloyd)

Nativa

Se encuentra entre los hongos más abundantes en los bosques de la Patagonia Chilena y Argentina. Se caracteriza por su forma globosa de color blanco o amarillo, de 1 a 5 cm. Lo recubre una membrana delgada que, al crecer el hongo, se rompe y deja ver orificios anaranjados. Es un hongo parásito no agresivo, se alimenta de su hospedador, pero no lo mata directamente, solo a sus ramas. Aparece en las estaciones de primavera y es apto para el consumo humano. Se encuentra en bosques del género *Nothofagus*, creciendo sobre sus ramas y troncos, también en praderas y jardines.



Figura 80.

Oreja de palo (*Ganoderma australe* (Fr.) Pat)

Nativa

Este hongo, presente todo el año, se encuentra en la zona sur y austral de Chile. Se distingue por su forma semicircular y textura leñosa, con un tamaño que varía entre 10 a 34 cm de ancho, lo que da la apariencia de una oreja de palo, de ahí su nombre. La parte superior es de color café oscuro con ondas irregulares y lisas, mientras que la parte inferior es blanca. No es comestible. Su hábitat incluye zonas sombreadas y rincones de penumbra, desarrollándose sobre maderas vivas, árboles muertos en pie o troncos en el suelo.



Figura 81.

Gomita de bosque (*Guepiniopsis alpina* (Earle) Brasf.)

Nativa

Este hongo de cuerpo fructífero pequeño se encuentra en Chile y Argentina austral. De consistencia gelatinosa y un tamaño que varía entre 0,3 a 1 cm de ancho, le ha valido el nombre de "Gomita de bosque". Cuando es joven, su color es amarillo o anaranjado, pero al envejecer, se tornan de rojizo. Habita con



Figura 82.

frecuencia en bosques de Nothofagus, creciendo sobre ramas caídas de coigüe, e incluso en palos de construcciones como cercas.

Fauna nativa

Anfibios

Rana de antifaz (*Batrachyla taeniata* (Girard))

Nativa

Este anfibio se distribuye desde la región de Valparaíso hasta la región de Aysén. Es de tamaño pequeño, entre 20 y 40 mm, presenta un cuerpo delgado, alargado y acinturado, con extremidades largas, terminadas en puntas redondas. Su característica más distintiva es una franja oscura al lado del rostro que se asemeja a un antifaz, de donde proviene su nombre. Esta especie habita en bosques húmedos o áreas inundadas, cercanas a cursos de agua con abundante vegetación ribereña. Aunque su estado de conservación es de preocupación menor, en el norte esta especie es cada vez más escasa, con extinciones locales específicas.



Figura 83.

Rana chilena, rana grande chilena (*Calyptocephalella gayi* (Duméril et Bibron))

Nativa - Endémico

El anfibio nativo más grande de Chile se distribuye desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos. Rana robusta, de gran cabeza, mide entre 23 a 32 cm. Se caracteriza por su color verde con pequeñas manchas castañas e iris color amarillo. Los ejemplares adultos superan hasta los 25 años, mientras las larvas pueden permanecer hasta 4 años en estadios pre-metamórficos. Es conocido como fósil viviente por sobrevivir desde el Mioceno (hace al menos 25 millones de años) hasta el presente. Habita en lagunas, pantanos y riachuelos que posean abundante vegetación. Se encuentra catalogada como vulnerable por las presiones directas que enfrentan las poblaciones, como cambio climático, especies invasoras, caza ilegal como alimento y desaparición o contaminación de hábitats acuáticos.



Figura 84.

Sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul* (Lesson))

Nativa

Este anfibio pequeño de Chile se distribuye desde la región de Antofagasta hasta la de Aysén. Posee un tamaño de 50 mm y la hembra presenta un tamaño mayor que el macho. Su coloración de piel puede variar en diferentes patrones como rojas, verde, café y amarillo con una textura lisa con pequeñas rugosidades. Es conocido como “sapito de 4 ojos” por aparentar la presencia de un par de ojos en la espalda baja, correspondiente a glándulas. Generalmente se escuchan sus coros en las noches de verano. Tiene una preferencia de hábitat cercana a cuerpos de agua como riachuelos, lagunas y riberas, pero se encuentra en una gran variedad de lugares, desde bosques hasta en la periferia o acequias de ciudades.



Figura 85.

Rana de hojarasca (*Eupsophus roseus* (Duméril et Bibron))

Nativa - Endémico

Anfibio pequeño de Chile, se encuentra desde la región del Biobío hasta la región de los Ríos. Posee un cuerpo romboide de 40 mm, con brazos cortos, una cabeza ancha y un hocico aguzado. El iris dorado en la parte superior del ojo es una característica distintiva. Su coloración y manchas son de gran variabilidad, entre cafés, grises, amarillos, verdes o rojizos. Es de hábitos nocturnos. Habita en mallines, zonas inundadas, bosques de *Nothofagus*, arrayanes, canelos, esteros con nalcas y áreas de abundante musgo. Su estado de conservación es de preocupación menor, pero se necesita atención a sus amenazas, como el cambio climático, incendios forestales y enfermedades.



Figura 86.



Figura 87.



Figura 88.

Ranita de Darwin (*Rhinoderma darwinii* (Duméril et Bibron))

Nativa

Especie pequeña y emblemática, ícono de Chile, se distribuye desde la Cordillera de Nahuelbuta en la región del Biobío hasta la región de Aysén. Ranita de 30 mm, destacada por su característica nariz puntiaguda, colores que varían del verde al café, y su sorprendente similitud a una hoja. Es de hábito diurno y sus



Figura 89.

primeros cantos resuenan al amanecer. El macho es un cuidador único, ya que protege los huevos en su saco vocal, hasta que, luego de 6 a 8 semanas, emergen como pequeñas ranitas luego desarrolladas, sin necesidad de cuerpos de agua para reproducirse y desarrollarse las larvas. Habita en oscuros y húmedos bosques maduros, donde se refugia entre hojarasca, musgos y en troncos caídos. Su estado de conservación es en peligro de extinción, producto de la pérdida de bosque nativo, el cambio climático, los megaincendios y la amenaza del hongo quítrido, el cual se adhiere a la piel y provoca daños severos en anfibios.

Aves

Churrete, churrete común, remolinera araucana (*Cinclodes patagonicus* (Gmelin))

Nativa

Es un ave terrestre con amplia distribución desde la región de Valparaíso hasta la región de Aysén. Esta especie mide hasta 22 cm de largo con un plumaje oscuro, pico negro y recto, patas negras, y es conocida por su gran línea blanca sobre los ojos y la garganta. Solitario o en parejas, habitualmente con la cola levantada. Durante la época de reproducción, emite un canto largo en la madrugada. Se alimenta de peces y de invertebrados como insectos. Se encuentra en hábitats asociados a cuerpos de agua y en la costa hasta los 2.000 msnm. No se encuentran amenazas para esta ave, pero es importante cuidar los cuerpos de agua, ya que es parte de su hábitat.



Figura 90.

Martín pescador, martín gigante (*Megaceryle torquata* (Linnaeus))

Nativa

Ave emblemática de los ríos del sur de Chile, cuenta con una distribución desde la región del Biobío hasta Tierra del Fuego. Es muy fácil de identificar por su gran tamaño de 44 cm y sus colores característicos, desde su cabeza de gris azulado oscuro con una cresta despeinada, alas azuladas, un pecho rojizo anaranjado y garganta y collar blancos. Los machos tienen el pecho completamente rojo, mientras que las hembras tienen vientre rojo y una franja azul y blanca



Figura 91.

en el pecho. Como su nombre lo indica, es un gran pescador, es posible visualizarlo inmóvil sobre ramas cerca del agua, esperando a que un pez se acerque a la superficie para lanzarse de cabeza y capturarlo con su pico. Se encuentra en ambientes acuáticos como ríos, lagos, lagunas y bahías marinas.

Hued-hued del sur, huet-huet (*Pterotochos tarnii* (King))

Nativa

Es un ave tímida que se encuentra desde la región del Biobío hasta la región de Magallanes. Presenta un cuerpo de 24 cm, la cabeza, garganta y pecho de color gris oscuro, mientras que su frente, corona y abdomen son de color rojizo. Su cola, pico y patas son de color negro. Para verla hay que estar en silencio y sin moverse. Se alimenta de gusanos e invertebrados que escarba en el suelo. Habita en diversos tipos de bosques nativos donde el sotobosque denso mantenga buenas condiciones de humedad y protección, aunque también se encuentra en áreas abiertas de bosque y bordes.



Figura 92.

Chuca, tricao, tapaculo chucao (*Scelorchilus rubecula* Kittlitz)

Nativa

Ave característica de los bosques del sur de Chile, se encuentra desde la región de O'Higgins hasta la región de Aysén. Es colorido, con la garganta y el pecho de color rojizo, la parte superior y alas de color café, y el abdomen gris con un patrón de barras negras. Es conocido por su canto fuerte y ser curioso; es probable que se acerque a las personas si andan por su hábitat. Es una especie terrestre que a



Figura 93.

menudo se observa con la cola erecta. Escarba en el suelo buscando alimento, gusanos e invertebrados que viven en el suelo. Su hábitat incluye bosques templados húmedos, la selva valdiviana y áreas con sotobosque denso, siempre cercano a cuerpos de agua.

Mamíferos

Monito del monte (*Dromiciops gliroides* Thomas)

Nativa

Es uno de los cuatro marsupiales que habitan en Chile. Se encuentra presente desde la región del Maule hasta la región de Los Lagos. Es de un tamaño pequeño de aproximadamente 10 cm (25 g), pelaje denso y oscuro de color castaño y el vientre gris. Se caracteriza por su hocico corto, sus grandes ojos, sus dedos largos en manos y pies y su cola prensil, que mide lo mismo que su cuerpo. Tiene hábitos arborícolas y nocturnos. Algo que lo caracteriza es su hibernación, que realiza generalmente en cavidades de árboles nativos. Tiene una dieta omnívora que va desde pequeños insectos a frutos del bosque. Habita los bosques nativos con abundante presencia de sotobosque y



Figura 94.

quila. Actualmente la especie se encuentra en estado de conservación de casi amenazado, principalmente por la pérdida y degradación del bosque nativo.

Huillín, nutria de río, gato de río (*Lontra provocax* Thomas)

Nativa

La nutria de río se distribuye de manera fragmentada desde la región de O'Higgins hasta la región de Magallanes. Esta especie es de tamaño mediano, de cuerpo alargado y pequeñas orejas y patas. Posee un pelaje aterciopelado de color café oscuro, con el abdomen gris. Sus manos y pies poseen membranas interdigitales, lo que le permite nadar mejor. De hábito crepuscular y nocturno. Su dieta consiste en peces y crustáceos. Habita en hualves, ríos, esteros y cuerpos de agua dulce, con abundante vegetación ribereña asociada a pitra y arrayán. El huillín está en peligro de extinción, debido a la perturbación y destrucción asociada a las riberas, la canalización de los cursos de agua, la caza ilegal, ataques de perros y, últimamente, el desplazamiento del hábitat por competencia con el visón.



Figura 95.

Coipo, coipú, rata nutria (*Myocastor coypus* (Molina))

Nativa

Es el roedor acuático de mayor tamaño que habita en Chile, se distribuye desde la región Coquimbo hasta la región de Aysén. Puede pesar hasta 7 kg, midiendo 52 cm, con una cabeza grande. Es de cuerpo arqueado y patas cortas, cola larga redonda sin piel y patas provistas de garras. Se aparean en primavera y verano, con camadas de 2 a 13 individuos que, en la adultez, se vuelven solitarios. Construye hogares subterráneos para protección y crianza, puede permanecer sumergido más de 10 minutos. Es una especie que pertenece a los ambientes acuáticos como ríos, pantanos, esteros, humedales y lagunas. Si bien es una especie abundante, este roedor es explotado por el valor comercial de su piel y aún se sigue cazando, a pesar de estar dentro de las especies protegidas. Es vulnerable en parte de Chile zona central.



Figura 96.

Pudú (*Pudu puda* (Molina))

Nativa

Es el ciervo más pequeño que habita en Chile en los bosques templados, se distribuye desde la región del Maule hasta la región de Aysén. Se caracteriza por su altura de hasta 40 cm y su peso máximo de 10 a 12 kg y con un pelaje café-rojizo. Posee un cuello y extremidades cortas, lo que facilita su movimiento por el sotobosque. Solo los machos desarrollan una pequeña cornamenta que se va mudando todos los años en la época de invierno. Tiene una dieta herbívora. Habita bosques nativos con abundante vegetación, aunque es común verlo pastando en praderas aledañas a los bosques. Actualmente el Pudú se encuentra en estado vulnerable, debido a las diferentes amenazas que presenta, principalmente el ataque de perros y atropellos.



Figura 97.

Güiña, huiña, kodkod (*Leopardus guigna* (Molina))

Nativa

Este pequeño felino se distribuye en Chile desde la región de Coquimbo hasta la región de Aysén. Uno de los más pequeños del mundo, puede pesar hasta 2,4 kg. Distinguido por su pelaje de color café amarillento moteado o melánico, y su cola corta con bandas negras. De hábito nocturno y solitario, se desplaza comúnmente por los árboles. Su dieta incluye roedores, aves, reptiles, anfibios e insectos. La güiña prefiere bosques templados lluviosos. La especie se encuentra en estado vulnerable, debido a la destrucción y fragmentación de su hábitat, así como la caza por personas y perros asilvestrados.



Figura 98.

Especies exóticas

Flora exótica

Aromo australiano, acacia negra (*Acacia Melanoxylon* R. Br)

Exótica

Árbol siempreverde originario de Australia y Tasmania, se puede encontrar a lo largo de la zona centro-sur de Chile. Presenta un fuste recto, puede llegar a medir 20 m de altura, tiene dos tipos de hojas que son de color verde. Característico por sus flores globosas de color amarillo y su fruto, una legumbre alargada y angosta retorcida, de color café-rojizo con semillas pequeñas y negras. En Chile es utilizado como árbol ornamental y su madera es utilizada en la carpintería. Puede crecer en una gran variedad de condiciones de sitios y puede vivir hasta 100 años. Es una especie con un potencial invasor dentro de las riberas y es difícil de eliminar por su capacidad de rebrote y duración de las semillas.



Figura 99.

Zarzamora, mora, murra (*Rubus ulmifolius* Schott)

Exótica

Arbusto originario de Europa, en Chile se encuentra desde la región de Coquimbo hasta la región de Los Lagos. Puede alcanzar hasta 3 m de altura, con tallos robustos y de color morado, cubiertos de espinas. Sus hojas están compuestas 3 a 5 folíolos con bordes aserrados. Las flores, que son blancas o rosadas, tienen pelos en su superficie. Su fruto característico es una



Figura 100.

drupa negra, comestible tanto al natural y como en diversas preparaciones. La zarzamora es común invadiendo en claros de bosques y a lo largo de riberas y cursos de agua, pero también en caminos, cultivos, bosques intervenidos, entre otras.

Sauce mimbre, mimbrera (*Salix viminalis* L.)

Exótica

Es un árbol o arbusto originario de Europa a China, se encuentra en Chile desde la región Metropolitana hasta la región de Magallanes. Puede llegar a medir hasta 10 m de altura. Se caracteriza por sus ramas largas y flexibles en los individuos jóvenes. Las hojas son largas y lineares o también lanceoladas alargadas, su margen puede ser ondulado o con dientes glandulares, de color verde brillantes y sedosas por el envés. Es comúnmente utilizada para crear artesanía, como cestería.



Figura 101.

La mimbrera habita en zonas húmedas, influenciadas por la actividad humana. Se vuelve invasora con frecuencia gracias a su facilidad de propagación vegetativa en ríos y riberas.

Fauna exótica

Visón, visón americano (*Neovison vison* Schreber)

Exótica

Es un mustélido nativo de Norteamérica y en Chile se distribuye desde la región del Biobío hasta la región de Magallanes. Se identifica por su cuerpo pequeño y alargado, llegando a pesar 1 kg y 70 cm de largo. Su pelaje oscuro, de orejas pequeñas y membranas interdigitales. Gracias a sus características, se adapta a hábitats junto a cuerpos de agua, húmedales y riberas. Es un carnívoro nocturno y



Figura 102.

generalista, representando una amenaza para la fauna nativa al depredar huevos, aves, anfibios, peces, entre otros. Al compartir hábitat con el huillín, se piensa que afecta negativamente las poblaciones de esta escasa especie nativa.

Glosario

Endémico: Propio o exclusivo de una región específica, se encuentra de forma natural únicamente en esa área. En este caso, las especies endémicas se encuentran solo en Chile dentro de los límites que se indican.

Hualves o humedales boscosos: Bosques pantanosos chilenos, son un tipo de vegetación dulceacuícola de formación palustre, es decir, de zonas con alta humedad. Se caracterizan por sus suelos anegados de agua dulce, de manera temporal o ya sea permanente. Los más importantes son los de temo y pitra (*Blepharocalyx cruckshanksii-Myrceugenietum exsuccae*) en la zona centro-sur, los compuestos por pitra y chequén (*Myrceugenietum exsuccae-Luma chequen*) en la zona central, y en Chiloé los hualves de tepuales (*Tepualia stipularis*).

Higrófila: Especies adaptadas y con características especiales para vivir en ambientes con alta humedad o con mucha agua, como las zonas ribereñas.

Referencias

Altamirano, T. A., Ibarra, J. T., Hernández, F., Rojas, I., Laker, J., y Bonacic, C. (2012). **Hábitos de nidificación de las aves del bosque templado andino de Chile**. Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Bollinger, E., y Jünker, G. (2008). **Arbustos**. Blume. Alemania.

Castroviejo, S. (1986-2012). Flora ibérica 3. Castroviejo, S., Aedo, C., Cirujano, S., Laínz, M., Montserrat, P., Morales, R., Muñoz Garmendia, F., Navarro, C., Paiva, J. y Soriano, C. (Ed.), **Flora ibérica** (pp. 507). Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, España.

Celis-Diez, J.L., Ippi, S., Charrier, A., y Garín, C. (2011). **Fauna de los bosques templados de Chile. Guía de campo de los vertebrados terrestres**. Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Concepción, Chile.

Centros de Estudios Agrarios-Valdivia (CEA), 2011.

Charrier, A. (2019). **Guía de Campo Anfibios de los Bosques de la Zona Centro Sur y Patagonia de Chile**. Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Concepción, Chile.

Cordero, S., Abello L. y Galvez F. (2017). **Plantas silvestres comestibles y medicinales de Chile y otras partes del mundo. Guía de Campo.** Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Concepción, Chile.

Couve, E., Vidal, C. y Ruiz, J. (2016). **Aves de Chile, sus Islas Oceanicas y Peninsula Antartica. Una guía de campo ilustrada.** FS Editorial. Santiago, Chile.

Furci, G. (2019). **Guía de campo hongos de Chile Volumen 1.** Fundación Fungi. Santiago, Chile.

Gajardo, R. (1994). **La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica.** Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

Hoffmann, J. A., (1997). **Flora silvestre de Chile: zona araucana.** Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile.

Hoffmann J., A. (1998). **El árbol urbano en Chile.** Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile.

Jaramillo, A., Burke, P. y Beadle, D. (2014). **Aves de Chile.** Lynx ediciones. Barcelona, España.

Luebert, F., y Plissock, P. (2006). **Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile.** Universitaria. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (n.d.). **Catálogo de la Biodiversidad de Chile.** Recuperado de <http://especies.mma.gob.cl>

Ministerio del Medio Ambiente. (n.d.). **SIMBIO: Sistema de Información sobre la Biodiversidad de Chile.** Recuperado de <https://simbio.mma.gob.cl/>

Ramírez, C., San Martín, C., Rubilar, H. (2002). **Una propuesta para la clasificación de humedales chilenos.** Revista Geográfica de Valparaíso, 32-33, 265-273.

Rodríguez, R., Alarcón, D. y Espejo, J. (2009). **Helechos Nativos del Centro y Sur de Chile. Guía de Campo.** Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Concepción, Chile.

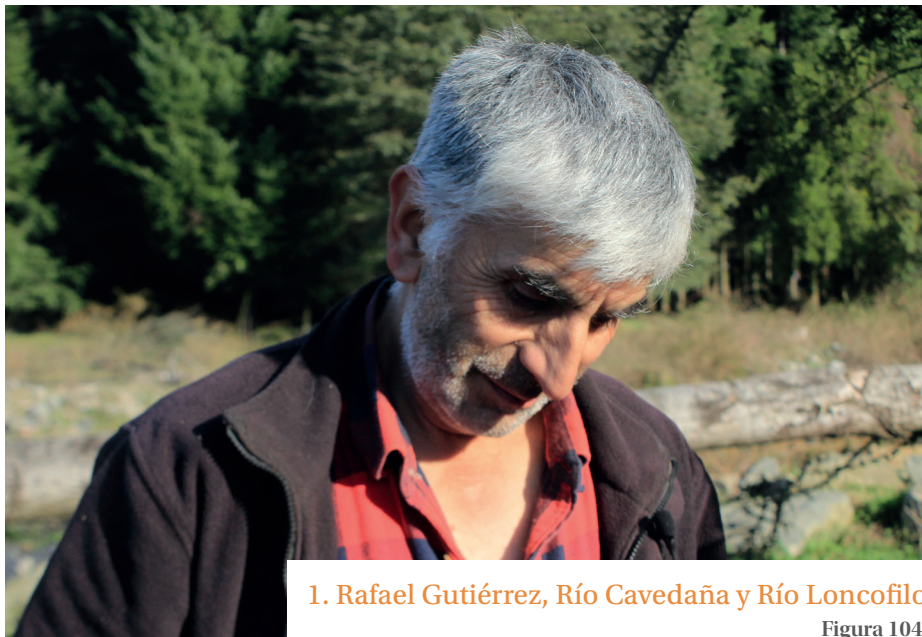
Relatos de Habitantes Ribereños

Natalia González

Dentro de la diversidad de familias que habitan la cuenca del río Toltén se alojan habitantes ribereños, que son quienes han desarrollado sus vidas a orillas de la amplia red hídrica que recorre la cuenca de cordillera a mar. La mayoría ha construido sus casas con sus propias manos, ha criado animales, cultivado huertas, criado hijos y nietos, todo esto conviviendo con la crecida de los ríos y esteros. Los habitantes ribereños poseen una sabiduría que les ha permitido coexistir con el comportamiento de los ríos a lo largo de sus vidas. Han podido obtener recursos de la ribera, y también han aprendido a sobrellevar las dificultades que entregan las crecidas y los meses de caudales bajos. En los siguientes relatos, las voces de los habitantes nos cuentan de sus formas de vida consciente de la naturaleza que los rodea y de su intrínseco vínculo con los ciclos de los ríos.



Figura 103.



1. Rafael Gutiérrez, Río Cavedaña y Río Loncofilo

Figura 104.

Los padres de don Rafael crecieron en Catripulli y se dedicaban a la crianza de animales, la venta de quesos y a trabajar la madera de coihue y raulí. Don Rafael recuerda que cuando era pequeño muchas veces cruzó todo el cerro para ir a Palguín a vender los quesos que elaboraba su madre con la leche de sus animales. Por esta razón, algunos le dicen “*el Baqueano*”, que significa ser un conocedor de las montañas. Actualmente, don Rafael se dedica a la crianza y venta de animales, además de tener un emprendimiento turístico de arriendo de cabañas, camping y cabalgatas.

“Las riberas de las agüitas, me gustan más, las visito más, las frecuento más. Es que como que con el agua uno se siente mejor, te da vida...”

“Yo, cuando era niño. En cualquier parte, la parte menos pensada que íbamos. Usted se metía un poquito entre medio de los árboles y ahí salía un agua. Y pasábamos a tomar agüita con harina. No sé. Nos comíamos el almuerzo y había agüita ahí. Y ahora yo la invito a usted, por ejemplo, y vamos a hacer el mismo recorrido, el mismo circuito. Y hay muchas partes donde no hay agua. Cosa que antes corría un estero, una vertiente, digamos que no era mucha tampoco.”



2. Agenor Castillo e Isbelda Esparza, Río Liucura

Figura 105.

Don Agenor Castillo y doña Isbelda Esparza son nietos de quienes colonizaron las tierras que hoy habitan. El abuelo de don Agenor sería el primer carnicero de la zona que abastecía a Pucón alrededor del año 1900. Agenor e Isbelda se conocieron recorriendo los campos donde crecieron y, desde que viven juntos, se dedican a la crianza de animales para venta y autoconsumo. Antiguamente, doña Isbelda solía movilizarse en caballo hacia Caburga para vender pan amasado, kuchen, leche y queso, que ellos mismos elaboraban. Hoy ambos se encuentran emprendiendo en un proyecto de turismo y camping en su predio a orillas del Río Liucura, mientras continúan con la crianza de animales.

“Ahora, estos días, cuando bajamos a ver la subida del río, hay zapatos, hay botellas. Porque el río, al andar, trajo toda la mugre de otros lados y la va dejando para acá, mal metida. Incluso tenemos que hacer un recorrido, porque tienen que haber nylon de todo por la orilla del río, por ahí, ahora que bajó, se pilló todo eso”.

“Nosotros siempre estamos tratando de proteger la orilla del río, incluso estamos pensando en hacer unas terrazas para que, como les digo, va la gente y pisa y se va desmoronando todo eso, los árboles, los ríos, las orillas, se van pelando a la larga y entonces, para que no perjudique eso”.



3. Vivian González, Río Liucura

Figura 106.

Los abuelos de Vivian llegaron desde Argentina a instalarse con cultivo de frutillas en las tierras donde ella nació y habita hasta el día de hoy. Ellos fueron quienes se dedicaron a limpiar las tierras, construir las primeras viviendas de la zona e ingresar animales en el sector, en una época donde debían caminar varios metros para poder lavar ropa y obtener agua para consumo. Hoy en día, Vivian se dedica a la crianza de animales para el autoconsumo, además de ser madre y profesora en la escuela rural de Paillaco.

“Cuando éramos chicos, nosotros pasábamos mucho tiempo acá en el río. Nosotros los veranos nos juntábamos con mis primos que venían de Santiago, los de Pucón y habíamos, no sé, diez... nosotros tomábamos desayuno, yo creo, y nos veníamos, o sea, era todo el día en el río... Íbamos a donde don Guillermo arriba a pescar y salíamos no sé a las seis de la mañana y subíamos a los nevados y nos íbamos hasta la casa de don Guillermo y nos convidaba pancito, leche y nos veníamos para acá de vuelta desayunados y pescando.”

“A ellos (sus hijos) les encanta venir a jugar, para ellos tirarse por la correntada, con salvavidas... para ellos es lo máximo que pueden hacer”



4. Sabina Bustos, Río Liucura

Figura 107.

Doña Sabina nació en el sector de los altos cerros de Renahue, donde creció junto a 13 hermanos. Ahí aprendió desde pequeña a pescar, andar a caballo y cuidar la huerta. En los años ochenta, pudo comprarse un terreno a orillas del río Liucura, donde vive hasta el día de hoy junto a su hijo y sus animales. A veces le gusta ir al río a caminar por la orilla y pescar como lo hacía cuando pequeña, aunque comenta que los peces que antes abundaban ya no se ven hoy. Actualmente, la señora Sabina se sigue dedicando a la crianza de vacas, ovejas y gallinas. Además, vende pan hecho por ella misma y recibe, en los veranos, a campamentos scouts.

“Yo siempre me crié en la cordillera, allá se le llama Renahue a mi sector... porque a mí me gusta la soledad. La cordillera... Mis vacas, mi huerto.”

“Nosotros, con mi vecina que también es pescadora, si Dios los cría y los junta... nos vamos por aquí, por la orilla del río y llegamos al Camping y nos sentamos arriba de la piedra... Es que es bonito. Tú te vas por la orilla del río, es bonito, con muchos arbolitos. Pero ahora hay muchos cercos. Y el lugar para pescar era muy bonito.”



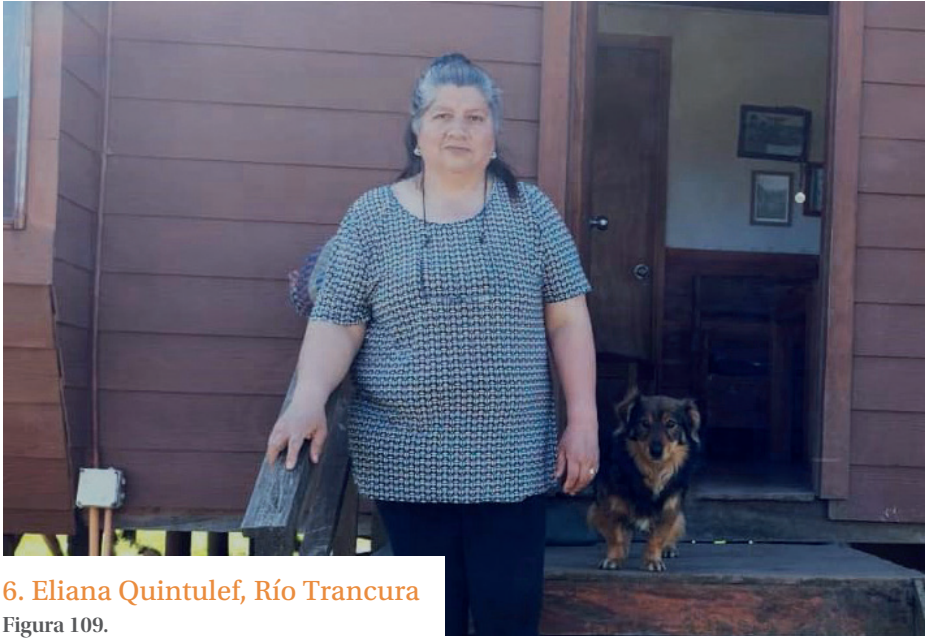
5. Silvia Sandoval, Río Liucura

Figura 108.

Los padres de la señora Silvia Sandoval llegaron desde Lota a vivir en Pucón, donde su padre se dedicó al oficio de pedrero, aportando en la construcción de las calles. Silvia vivió con su madre, padre y sus cuatro hijos a los pies del volcán Villarrica cuando este erupcionó en 1971. Esta catástrofe les hizo perder todo y como familia tuvieron que partir desde cero. Desde entonces, la señora Silvia se desempeñó como asesora del hogar en Pucón, hasta que finalmente, a sus 50 años de edad, recibió un predio en el que vive actualmente como herencia de su esposo. Hoy en día se dedica a la crianza de animales, el cuidado de la huerta y la elaboración de mermeladas y licores caseros con ingredientes recolectados de su huerta y árboles frutales.

“Es una preciosura ahí. Mire, cae una vertiente... esa llega al río, donde está la playita y más encima viene el río de arriba y se emboca y se hace una tremenda laguna... Entonces, pueden andar en bote ahí... está la playita y de ahí sale un bracito hacia Pucón y se mezcla ya con el Lago Pucón... A veces van a comer, se bañan... Entonces yo después tengo que ir y limpiar porque dejan botellas, dejan huesos, suciedades.”

“El río no es de nadie, yo le doy permiso, porque todos tenemos que disfrutar la naturaleza que Dios nos da.”



6. Eliana Quintulef, Río Trancura

Figura 109.

La señora Eliana creció en el sector de Catripulli, donde vivió hasta los 16 años antes de mudarse al predio en el que vive actualmente. Su padre era quien se dedicaba a la crianza de animales y fue quien le enseñó el valor por la tierra y el respeto por la naturaleza. Junto a su familia, forma parte de la comunidad indígena Camilo Catriñir, que está conformada por varias familias del sector. La señora Eliana recuerda que “los viejos” con una pala hicieron los canales para distribuir agua potable desde la vertiente hasta un estanque, que distribuye a todas las casas que forman parte de la comunidad. Hoy en día, la señora Eliana se dedica principalmente a la crianza y venta de animales y huevos de gallina, además de trabajar de forma independiente como asesora del hogar.

“Cuando yo tendría unos nueve, diez años por ahí, usted miraba al río, era la agüita cristalina, pero después ya con los años ella fue cambiando”.

“Cuando el río ya se empieza a subir, nosotros no dormimos a la noche, por lo menos yo no dormí nada, porque hay que cuidar la oveja, cuidar los animales, porque el agua sube de repente... Por eso le digo yo que la naturaleza, uno no debe jugarse con la naturaleza. Se llenó de repente y hay que estar viendo cuánto va subiendo para ir a sacar los animales. Y el vecino, él los autoriza para allá, para echar los animales mientras esté inundado para acá. Y ya cuando baja el agua, yo retiro los animales”.



7. Luis Curilaf, Río Toltén.

Figura 110.

Luis nació en la ciudad de Santiago y, a temprana edad, retornó a las tierras de donde provenían sus padres, en Teodoro Schmidt. Actualmente, forma parte de la comunidad indígena Lorenzo Lefian, en Teodoro Schmidt. Es campesino y gestor del proyecto turístico Leufu Travel, el cual tiene una propuesta de turismo consciente con la naturaleza, incluyendo arriendo de cabañas, camping y salidas de avistamientos de aves en la zona.

“Acá es prácticamente río lo que vamos pisando... durante el invierno esto es río... Se desborda hacia otros lugares y deja inundadas las personas, como albergadas. Y son lugares donde hay que ir a sacar los animales, las ovejas, los chanchos, los vecinos... Pero encuentro genial este desborde, porque imagínate que cuando empieza a bajar el río, el desborde del invierno, empiezan a llegar las aves. Llegan una cantidad de gaviotas, gaviotines y cisnes ahí adentro.”

“El río nos abastece de harta leña. Por ejemplo, en el fogón donde estuvimos. Ahí usamos harta leña del río. Así las raíces. Durante el invierno sacaba harta leña de Pellín... Tendría unos 12 años con una caudal tremenda dentro del río y era una entretención.”



8. Franklin Glaussen, Quebrada

Figura 111.

Productor lechero de la comuna de Pitrufuén. Desde que era joven se ha dedicado a trabajar en el campo sembrando, haciendo fardos, trillando y lo que fuese necesario. El oficio de lechero lo aprendió mirando a sus pares que se dedicaban al rubro, y hoy en día, es un productor lechero consolidado de la zona, que hasta hace algunos años se dedicaba a la venta quesos, pero ahora parte de su producción la vende a la marca local Surlat.

“Sí, íbamos nosotros los fines de semana, antes, a comer allá en el río... Nos íbamos a pescar el domingo. Y sacábamos harto pescado. Y yo era bueno para pescar en ese tiempo.”

“Ahora dura menos el agua, antes permanecía más. Como le digo, yo me acuerdo, había años aquí que casi todo diciembre teníamos agua... Sí, años antes, ya a fines de mayo, primeros días de junio ya había agua aquí... Como que las aguas se han ido bajando, a excepción que este año fue lluvioso este invierno, pero los anteriores no... Hay años como le digo que no se ha hecho la laguna”



9. Miriam Luz Crisosto Villarroel, Estero Lliu Iliu

Figura 112.

La señora Miriam se crío en el sector de Huaipil, donde vivían sus padres. Por muchos años se dedicó a vender pan en Villarrica para poder sobrevivir y pagar los estudios de sus hijos. Desde siempre tuvo amor por toda clase de animales y plantas. Hoy se dedica a la mantención de su huerta, la crianza de vacunos, aves de traspatio, cerdos y ovinos, así como a la producción y venta de miel que cosecha en su propio predio. Además, posee una cabaña para recibir a turistas.

“Aquí en el invierno se hace una laguna. Ahí, ve que está más verde esa parte. Todo esto aquí son junquillos... Sube en montones, sube harto, parece un río. Sí, se juntan todas las aguas. Si lloviera, toda la semana de corrido, estaría lleno de agua para allá, porque aquí es como vega, es húmedo. Entonces, cuando llueve mucho, se llena de agua para allá. Ya cuando empieza la lluvia, por marzo, empieza a subir el agua.”

“Antes nosotros llegamos acá, este estero se salía para acá, llegaba hasta arriba... Lo inundaba antes para arriba. Los chicos del colegio no llegaban a pasar, había que poner puente. Ahora no pasa eso 15 años más o menos que empezó ya a hacer menos agua. Este año llovió, pero no pasó eso. El agua se consumió, no sé, quedó arriba.”

Autores

Abraham Bustos Palominos (abraham.bustos@uc.cl)

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Alfredo Ulloa Yáñez (alfredo.ulloadel95@gmail.com)

Instituto de investigaciones en biodiversidad y medio ambiente (INIBIOMA-CONICET), Universidad Nacional de Comahue sede Bariloche, Argentina.

Andrea Redel Saavedra (aredel@uc.cl)

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Catalina Bello Palominos (catalina.bello@uc.cl)

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Catalina Suau Salas (catalina.suau@uc.cl)

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Cristián Escauriaza Mesa (cescauri@uc.cl)

Departamento de Ing. Hidráulica y Ambiental. Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile.

Francisco Correa Araneda (francisco.correa@uautonoma.cl)

Unidad de Cambio Climático y Medio Ambiente, Instituto Iberoamericano de Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma de Chile, Chile.

Instituto de investigaciones en biodiversidad y medio ambiente (INIBIOMA-CONICET),
Universidad Nacional de Comahue sede Bariloche, Argentina.

Isabel M. Rojas Viada (imrojas@uc.cl)

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas
Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago,
Chile.

Centro de Ecología Aplicada (CAPES) y Centro UC de Desarrollo Local (CEDEL)

Josefina Ovando León (jovando@uc.cl)

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas
Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago,
Chile.

Natalia González Contreras (nagonzalez8@uc.cl)

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas
Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago,
Chile.

Pablo Becerra (pablobecerra@uc.cl)

Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas
Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackenna 4860, Santiago,
Chile.

Centro de Ecología Aplicada (CAPES)

Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD)

Tania Lucero Salazar (tania.lucero.s@gmail.com)

The Nature Conservancy, Santiago, Chile

Créditos Fotográficos

Los créditos fotográficos están organizados por orden alfabético (nombre del autor) y número de figura:

Catalina Bello - Estación Patagonia UC: 91.

Catalina López Cáceres: 78, 90.

Catalina Suau Salas: 59, 101. Fotos sección II.

Consuelo Gálvez: 60, 64.

Diego Pérez: 13.

Isabel M. Rojas Viada: 3, 5, 7, 10, 14, 15, 16, 17, 51, 56, 63. 103. Fotos sección I, III, IV.

Juan Martin V.: 8.

Luis Gatica: 1, 83, 84, 95.

Magdalena Spoerer: 93.

María Paz Acuña: 97.

Natalia González: 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112.

Nicolás Gálvez: 98.

Nicolás Villaseca: 65, 66, 67, 92.

Pablo Becerra: 62, 68, 69, 70, 73, 74, 76, 77, 79, 80, 81.

Paula Castañeda: 71, 85.

Pablo Silva Reyes: 61, 72, 75, 86, 87, 88, 89, 94, 96, 99, 100, 102.



*Agradecemos a los y las participantes de
diversas instancias de investigación, quienes nos
abrieron sus casas, compartiendo sus vidas y recuerdos.*

*Agradecemos a Tomás Ibarra, Claudia Ríos y Nicolás Gálvez
por su colaboración y compañía durante el trabajo de campo
y las visitas a la cuenca del Toltén. Agradecimiento especiales a
Rosanna Ginocchio por apoyar la edición e impresión del libro.*



ISBN: 978-956-09038-7-7



9 789560 903877



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Y SISTEMAS NATURALES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



Centro UC
CAPES - Center of Applied
Ecology & Sustainability



Centro UC
Desarrollo Local



Agencia
Nacional de
Investigación
y Desarrollo
Ministerio de Educación
Superior
Gobierno de Chile