



# GUÍA PARA EL MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES A ESCALA DE SITIO

Documento de WWF Chile. Esta publicación debe ser citado de la siguiente manera:

WWF Chile (2021). Guía de Monitoreo de la Restauración a Escala de Sitio.

**Autores Técnicos:** Riguey Valladares (Biocys), Carlos Vergara (WWF Chile), Mauricio Lemus (Biocys) y Wilmer Lozada (Universidad de Los Andes, Venezuela).

**Edición:** Carlos Vergara (WWF Chile), Daniel Carrillo (WWF Chile), Trevor Walter (WWF Chile) y Javier Carrasco (Practicante de U. de Concepción en WWF Chile).

Todos los derechos reservados. Cualquier reproducción total o parcial de la presente publicación deberá mencionar los nombres de los autores y del propietario de los derechos de autor.

Copyright Publicado en Agosto de 2021 por WWF Chile.  
© 2021 WWF Chile

El Gobierno Regional del Biobío, la Asociación de Municipalidades de la Región del Biobío, la Fundación Nahuelbuta, WWF Chile y la Unión Europea desean agradecer los conocimientos y lecciones aprendidas aportadas por las comunidades para la construcción de esta guía mediante las entrevistas realizadas a: Estefany Vergara (Comuna de Los Álamos); Demetrio Ananías (Comuna de Curanilahue); Claudia Cisterna (Comuna de Curanilahue); Francisco Ojeda (Comuna de Los Álamos); Luis Humberto Mendoza (Comuna de Los Álamos); Pablo Pincheira (Comuna de Cañete); Mariela Medrano (Comuna de Curanilahue); Manuel Maribur (Comuna de Contulmo); Juan Hernández (Comuna de Curanilahue); Nelson Cuevas (Comuna de Curanilahue); Camila Rocío Molina (Comuna de Angol) y Pedro Peña (Comuna de Contulmo).

Así mismo, reconoce la contribución teórica, técnica y metodológica realizada por los participantes del Taller y Consulta a los Actores para la Elaboración de la Guía de Monitoreo de Restauración de Bosques, realizado en abril 2021, conformado por: Patricio Kuhn, Claudio Novoa, Pablo Cruz, Loreto Chávez, Bernardo Reyes, Javiera Vargas, Fabiola González, Carlos Vergara, Roberto Montecinos, Pedro Peña, Daniela Concha, Javier Carrasco, Diego Vega, Hernán Verscheure, Loredana Díaz, Christian Romero, Olga Verdugo, Vanesa González, Riguey Valladares, Jorge Urrea, Ariel Herrera, Natividad Olmos de Aguilera, Patricio Salinas, Constanza Becerra, Trevor Walter, Mauricio Lemus, Angélica Vásquez, Carola Venegas, Alejandra Ibarra. Milton Henríquez, Carlos Jorquera, Claudia Vasquez, Denisse Mardones, Fernando Valenzuela, Guillermo Reyes, Jan Bannister, Juan Ovalle, Juan Gallardo, Leonardo Möder, Mario Martínez, Marta González, Nicole Mellado, Nicole Galindo, Pablo Azúa, Rodolfo Mardones, Solange Lobos, Vivianne Claramunt

**Diseño y diagramación**  
Joaquín Sobell

Para obtener detalles de contacto y más información, visite el sitio web en [www.wwf.cl](http://www.wwf.cl)

Ilustraciones de portada e interior: Joaquín Sobell.



© WWF Chile



# ÍNDICE

<b>1. PRESENTACIÓN DE LA GUÍA</b>	<b>4</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>3. MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES</b>	<b>8</b>
3.1 Definición.	8
3.2. Alcance: Fortalezas, debilidades y desafíos.	8
3.3 Monitoreo y gestión adaptativa.	10
<b>4. ESTRATEGIAS PARA MONITOREAR PROYECTOS DE RESTAURACIÓN</b>	<b>11</b>
4.1 Plan de monitoreo.	11
4.2 Paso a paso del monitoreo de la restauración de bosques.	14
Paso 1: Definición de los objetivos de la restauración y el monitoreo.	14
Paso 2: Definición de la escala espacial y zonificación del área de restauración.	16
Paso 3: Diagnóstico del estado actual del ecosistema a restaurar.	18
Paso 4: Definición del ecosistema de referencia.	18
Paso 5: Selección de metas, criterios, indicadores y cuantificadores.	20
Paso 6: Diseño y/o ajustes de instrumentos para la captura de la información en terreno.	21
Paso 7: Selección de lugares de muestreo por unidad de actuación y costos asociados.	23
Paso 8: Establecimiento de las plataformas para la toma de datos de acuerdo a la periodicidad establecida.	27
Paso 9: Toma de datos, procesamiento y análisis de la información.	29
Paso 10: Diagnóstico del estado del ecosistema posterior a la implementación de acciones de restauración.	29
Paso 11: Ajuste de manejo adaptativo de acuerdo a los resultados del monitoreo.	31
Paso 12: Repetición de la toma de datos, análisis de resultados y comparaciones con los monitoreos previos.	32
Paso 13: Documentación y socialización de las experiencias y las lecciones aprendidas.	32
<b>5. INDICADORES PARA EL MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES</b>	<b>36</b>
<b>6. COSTOS ASOCIADOS AL MONITOREO DE LOS PROYECTOS DE RESTAURACIÓN</b>	<b>44</b>
<b>7. ANEXOS</b>	<b>51</b>
<b>8. GLOSARIO</b>	<b>63</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>65</b>

# 1. PRESENTACIÓN DE LA GUÍA

La Guía para el Monitoreo de la Restauración de Bosques a Escala de Sitio es una iniciativa realizada en el marco del proyecto “Desarrollo de alianzas para la gestión de la restauración de bosques en Nahuelbuta”, ejecutado por el Gobierno Regional del Biobío, la Fundación Nahuelbuta, la Asociación de Municipalidades de la Región del Biobío y WWF. Esto ha sido posible gracias al financiamiento de la Unión Europea.

Aun cuando existen distintos proyectos orientados a la restauración en el país, el monitoreo no constituye una práctica común y menos un esfuerzo sistemático. Tampoco se encuentra considerado en los presupuestos de restauración de algunos organismos que auspician el desarrollo de estas actividades: es por ello que existen pocas experiencias documentadas y no se cuenta con instrumentos metodológicos que orienten estas actividades a nivel local.

El propósito de esta guía es contribuir a unificar criterios técnicos y metodológicos para la implementación del monitoreo a largo plazo y brindar orientaciones generales en el diseño y ejecución de un plan de monitoreo de la restauración de bosques, dirigida a comunidades, profesionales,

empresarios, propietarios y funcionarios de la administración pública.

Para lograr consolidar esta publicación, en primer lugar, se inició una amplia revisión bibliográfica del estado del arte a nivel nacional e internacional referida al monitoreo de iniciativas de restauración. Paralelamente, se identificaron distintos actores vinculados a la investigación, gestión pública y ejecutores directos de acciones dirigidas a la restauración y el monitoreo de los bosques, representados por universidades, empresas e instituciones públicas nacionales, quienes en el contexto del I Taller de Consulta a Actores para la Elaboración de la Guía de Monitoreo de Bosques, celebrado en abril de 2021, brindaron aportes significativos para el contenido del documento, y además validaron los alcances y las orientaciones claves que proporcionará la guía al público objetivo. En segundo lugar, se realizaron entrevistas personalizadas durante el mes de junio de 2021, a representantes y líderes de las comunidades de Nahuelbuta, quienes conversaron sobre su experiencia, la participación actual y futura en los procesos de monitoreo, así como las expectativas de este instrumento para guiar estas labores en el seno de las comunidades.

Los temas claves que se destacan a lo largo de la guía involucran conocer la conceptualización, el alcance y la planificación del monitoreo de proyectos de restauración de bosques a escala de sitio, la definición de objetivos y metas, los criterios, indicadores y cuantificadores que lo sustentan y dan cuenta de la efectividad de estos procesos, la frecuencia de la actividad y los costos asociados.

La guía no pretende ser exhaustiva, sino orientadora de los principales aspectos que deben ser abordados en un proceso de monitoreo. Especialmente, persigue destacar y promover la participación activa de las comunidades en el seguimiento de los proyectos mediante la captura de información y su articulación con un equipo de profesionales capacitado en el procesamiento y análisis de la información oportuna para la toma de decisiones que permita alcanzar los objetivos y metas propuestas. Por otra parte, una mirada sistemática e integral ayudará a definir planes de monitoreo que sean financiables, practicables y eviten situaciones que puedan significar el fracaso de los proyectos.







## 2. INTRODUCCIÓN

Los bosques son ecosistemas de gran importancia para la humanidad, pues proporcionan servicios ambientales que favorecen la regulación hídrica, contribuyen con la estabilización del clima (secuestro de carbono), protegen las cuencas hidrográficas y son hábitat de seres vivos; además su belleza escénica favorece actividades económicas como el turismo (FAO, 2018). Estos ecosistemas se han venido degradando por múltiples causas, tales como la expansión de la frontera agrícola, los incendios forestales, los cambios de uso de la tierra, entre otros factores; siendo cada vez más necesaria la inversión en su restauración para revertir la degradación hídrica, edáfica y botánica. Priorizar las áreas boscosas en el entorno de nacientes de agua y humedales que dan origen a múltiples ríos y esteros es prioritario para apoyar la resiliencia y el potencial adaptativo de los bosques ante el cambio climático y una sequía que se expande.

La restauración ecológica inicia la recuperación de las características del ecosistema perturbado, con respecto a su función (procesos), integridad (composición de especies y estructura comunitaria) y capacidad de resistir a futuras perturbaciones (persistencia y resiliencia) (SER, 2004). La restauración requiere la inserción de un conjunto de acciones que permitan a los ecosistemas recuperarse activa o pasivamente. Para visualizar estos efectos se necesita implementar un plan de monitoreo a largo plazo.

Para WWF, la restauración ecológica es una de las Soluciones Basadas en Naturaleza (SbN) más eficientes y

robustas en términos de impacto y beneficios generados, tanto como la contribución que puede realizar para la mitigación y adaptación frente al cambio climático, como de herramienta para revertir la actual crisis de pérdida de biodiversidad. A nivel global, anualmente seguimos perdiendo 7 millones de hectáreas de bosques, un área aproximadamente del tamaño de Panamá. Dado este contexto, WWF impulsa la restauración de 350 millones de hectáreas de bosques al 2030 para la recuperación de la biodiversidad, beneficios para las personas y a modo de enfrentar las múltiples crisis globales. Es socio global de la Década de las Naciones Unidas sobre la Restauración de Ecosistemas 2021-2030 y promueve acciones de restauración en todo el mundo. Sin un esfuerzo transversal para lograr esta titánica tarea, no hay forma de revertir las pérdidas de los ecosistemas, su biodiversidad y mantener la vida en el planeta. Por lo mismo a nivel nacional, durante la última década esta organización ambiental ha promovido y facilitado el diseño y puesta en marcha de un Plan Nacional de Restauración a Escala de Paisajes con las instituciones del gobierno, así como mecanismos de apoyo e implementación a las diversas iniciativas restaurativas.

En este contexto, la importancia del monitoreo de la restauración de bosques, radica en que permite el seguimiento continuo de las acciones desarrolladas en el proyecto (Bonilla, 2018). Además, genera los datos que sustentan las decisiones oportunas bajo el enfoque de la gestión adaptativa (Reed *et al.*, 2016). El monitoreo también, es considerado

como la mejor herramienta para evitar o minimizar el fracaso e identificar acciones de gestión y alternativas de solución ante la detección de problemas de manera temprana de las situaciones específicas. Inclusive, aporta los insumos necesarios para conocer si los tratamientos de restauración están funcionando o necesitan ser modificados antes de que los problemas se arraiguen (McDonald *et al.*, 2016). Finalmente, permite evaluar si la restauración ha logrado cumplir los objetivos y metas propuestas.

Dadas las pocas experiencias prácticas y metodológicas que existen en Chile que orienten el monitoreo de los procesos de restauración de bosques, este documento inicia planteando la definición de la restauración y el monitoreo, así como el alcance, las debilidades y desafíos expuestos por los representantes de las comunidades y los actores vinculados al tema. Consecutivamente, se desarrolla una estructura de 13 pasos que contienen los criterios claves y guían el abordaje del monitoreo. Posteriormente, se expone el conjunto de indicadores y cuantificadores que pueden utilizarse en estos proyectos, dependiendo del nivel de complejidad para la toma de datos, el equipamiento necesario, procesamiento y análisis de la información (básico, intermedio y avanzado), así como los costos asociados a estas prácticas. Paralelamente, se señala el rol que las comunidades pueden desempeñar en cada uno de estos pasos con el propósito de generar sostenibilidad social, ambiental y económica de estas iniciativas en el tiempo.

# 3. MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES



## 3.1 DEFINICIÓN

Dentro de los proyectos de restauración ecológica, se debe hacer seguimiento de los cambios positivos y negativos del ecosistema asistido en el transcurso del tiempo, a este proceso se le denomina **monitoreo**. El monitoreo es constante, repetido en el tiempo y el espacio para detectar los cambios que ocurren en la sucesión ecológica del ecosistema asistido, a través de la medición de variables específicas con una periodicidad y plazos definidos (Vargas 2011, Brancalion *et al.*, 2012, Ramírez *et al.*, 2015a).

El monitoreo permite, a través de la captura de datos en el corto, mediano y largo plazo, proporcionar una idea de las tendencias de cambios del proceso de restauración (Herrick *et al.*, 2006). Esta herramienta contribuye a verificar si las metas establecidas se están cumpliendo, así como a evaluar si las estrategias adoptadas cumplen su propósito o es necesario realizar ajustes.

En la Figura 1, se plantean las etapas de un proceso de restauración ecológica, en el cual se distinguen cuatro grandes fases (Ramírez *et al.*, 2015b). Dentro de éstas se destaca como Fase 3 el Monitoreo:

## 3.2. ALCANCE: FORTALEZAS, DEBILIDADES Y DESAFÍOS

El monitoreo provee información sobre el costo-beneficio de la implementación de los proyectos y estima la eficiencia de inversión. Esta información es relevante para la toma de decisiones de propietarios, instituciones, empresas y comunidades, que requieren conocer el balance entre las metas propuestas y alcanzadas, así como los beneficios en otros sectores de la sociedad (Holl y Howarth, 2000).

Por el contrario, la ausencia de un proceso de monitoreo claro, y por ende la falta de un manejo oportuno puede acarrear altos costos de oportunidad o desperdicio de recursos (Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2013). Dentro de las bondades de esta práctica, se encuentra el hecho de que permite generar nuevos conocimientos y saberes a partir de experiencias piloto y gestar innovaciones adecuadas a los territorios. Los representantes de las comunidades entrevistadas (WWF *et al.*, 2021), señalaron que se evidencia un incremento de la vinculación de comunidades locales en las actividades de monitoreo, especialmente en dar fe de que se están rehabilitando áreas afectadas por empresas para desarrollar proyectos industriales; así mismo, señalaron que existe un mayor interés e integración de entes locales con las instituciones para orientar y facilitar apoyo financiero en la restauración y el monitoreo con participación de las

comunidades. Sin embargo, las prácticas que dan cuenta de esta participación a largo plazo son pocas y no están documentadas para replicar o mejorar estos esfuerzos.

Los entrevistados, además indicaron que se puede ganar la participación de las comunidades mediante la educación y sensibilización acerca de la importancia del bosque y su conexión con la producción de agua y otros servicios que presta este ecosistema a los ciudadanos; inclusive mejorando su percepción y conexión con los saberes ancestrales de la cultura Mapuche. Consideran importante involucrar a los jóvenes y niños junto a sus profesores y padres en esta tarea. Paralelamente, se requiere motivar y remunerar a los miembros de la comunidad que participen en el monitoreo, así como garantizar los recursos logísticos como alimentación, agua y transporte que ameritan estas actividades.

Durante el Taller y Consulta a los Actores para la Elaboración de la Guía de Monitoreo de Restauración de Bosques (WWF *et al.*, 2021), las personas consultadas señalaron que las experiencias de monitoreo existentes en el país son pocas, sin orientaciones ni fines claros, con metodologías y criterios diferentes y difíciles de comparar y determinar su eficacia.

En algunos monitoreos no se establecen propósitos específicos, metas u objetivos medibles desde el principio del proceso de planificación. Aún no se

concibe la restauración de la biota del suelo, sino los elementos observables a simple vista, como la vegetación, porque los costos para obtener los datos y manejar los conocimientos son complejos, pero necesarios. Desde el punto de vista económico y financiero, destacaron que los fondos públicos o privados muchas veces no consideran el monitoreo, por ende, se genera un falta de financiamiento de esta etapa en los proyectos de restauración. Por otro lado, los actores indicaron

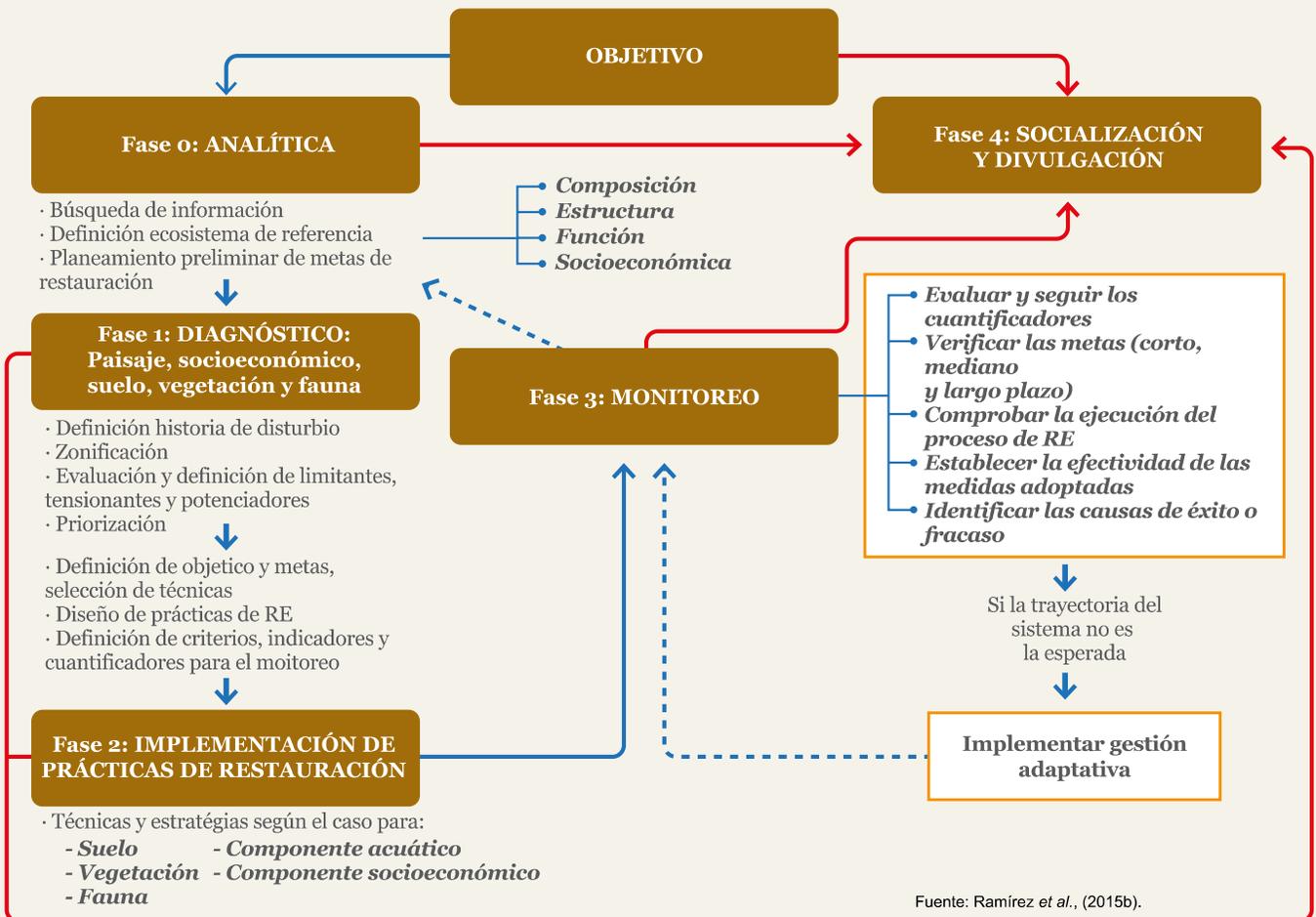
que entre los principales desafíos en la materia se encuentra contar con un monitoreo con datos cualitativos y cuantitativos de la situación y evolución del ecosistema que se está restaurando y que permita ser comparado adecuadamente con un ecosistema de referencia representativo.

El monitoreo debe hacer el seguimiento durante todo el proceso de restauración con acompañamiento de un equipo técnico-científico que

planifique, controle, sistematice y evalúe los procesos y, finalmente, difunda los resultados alcanzados junto a comunidades organizadas con capacidades para poder desarrollar el monitoreo.

El monitoreo es fundamental y debe integrarse desde la fase de inicio del proyecto, y deben asegurarse los medios financieros y técnicos necesarios para garantizar que pueda continuar a largo plazo (WWF, 2018).

**Figura 1. Fases para la formulación e implementación de un proceso de restauración ecológica.**



### 3.3 MONITOREO Y GESTIÓN ADAPTATIVA

El monitoreo es una herramienta que genera los datos necesarios para el aprendizaje y la gestión adaptativa (Reed *et al.*, 2016). Este proceso permite el análisis oportuno de la trayectoria de la restauración, así como una evaluación reflexiva y colaborativa de los resultados obtenidos (Evans *et al.*, 2014). La gestión adaptativa es un proceso continuo y dinámico basado en la captura de información para facilitar la toma de decisiones oportunas, con el fin de reorientar objetivos y actividades de manejo hacia el logro exitoso de una meta en la restauración de los ecosistemas.

De acuerdo al Taller y Consulta a los Actores para la Elaboración de la Guía de Monitoreo de Restauración de Bosques (WWF *et al.*, 2021), entre los cambios más frecuentes que pueden observarse durante un monitoreo se encuentran la detección del estrés hídrico, propagación de especies exóticas en las forestaciones, ataque de plagas, presencia de agentes perturbadores como el ganado o la extracción ilegal de especies, la sobrevivencia de los ejemplares y la falta de participación de las comunidades, entre otros aspectos.

Ante estos escenarios, se debe involucrar a las comunidades y al personal a cargo del sitio para la detección oportuna del ataque de plagas y las medidas a tomar para su control, como mantención de

exclusiones en zonas vulnerables, y las acciones para compensar la pérdida de vitalidad de una forestación y los mecanismos para fomentar las alianzas estratégicas entre comunidades, el sector privado y el sector público para atender las distintas situaciones.

El monitoreo se realiza mejor no como una actividad separada al final de un proyecto, sino como parte integral de un ciclo de manejo adaptativo (Mansourian *et al.*, 2005).

Un plan de seguimiento completo describe las necesidades de información, especifica el menor número de indicadores para satisfacer estas necesidades, los métodos para recopilar los datos de los indicadores y quién es el responsable, y cuándo se recopilan los datos (Mansourian *et al.*, 2005).



© Evelyn Pfeiffer/ WWF Chile

# 4. ESTRATEGIAS PARA MONITOREAR PROYECTOS DE RESTAURACIÓN



## 4.1 PLAN DE MONITOREO

El monitoreo debe concebirse desde la planeación de un proyecto y refinarse en su curso (Holl y Cairns, 2002), cumpliendo etapas entre el corto y largo plazo (Herrick *et al.*, 2006), enfocadas en la evaluación de las etapas de implementación, la efectividad ecológica y la validación del proceso de la restauración ecológica (Block *et al.*, 2001). Entre los tipos de monitoreo se pueden distinguir: el monitoreo de implementación, el monitoreo de efectividad y el monitoreo de supervisión, dirigidos a demostrar el alcance de metas particulares del proceso de restauración a través de preguntas orientadoras (Hutto y Bellote, 2013).

El monitoreo de implementación evalúa el desarrollo de las acciones de restauración como se prescribieron, el monitoreo de efectividad evalúa

el cumplimiento de los objetivos de restauración, y el monitoreo de validación analiza las relaciones de causa efecto entre las acciones y su impacto.

### *Ejemplos de tipos de monitoreos:*

#### **1. Monitoreo de Supervisión**

- a. Cobertura y especies existentes. Abundancia. Densidad. Diversidad

#### **2. Monitoreo de implementación**

- a. Trabajo de plantación satisfactorio.
- b. Mortalidad cada 6 meses los tres primeros años.

#### **3. Monitoreo de efectividad**

- a. 75% de sobrevivencia de las plantas reforestadas a los 10 años.
- b. 100% de sobrevivencia del enriquecimiento.
- c. Disminución de la frecuencia de riego. A partir del 4° año la plantación no requiere riego.
- d. Incremento de la altura de los ejemplares a los 5, 10 y 20 años.
- e. Incremento de la profundidad de la raíz a los 5, 10 y 20 años.
- f. Incremento de la humedad de los suelos en relación a la situación inicial.
- g. Plantas adaptadas a sobrevivir a condiciones de estrés hídrico sin riego a partir de los 5 años



Un plan de monitoreo deberá incluir al responsable de cada actividad, el cronograma de trabajo con las actividades a desarrollar durante las etapas de planificación, implementación y seguimiento, y la evaluación de los resultados, costos y posible financiamiento (Tabla 1).

**Tabla 1. Pasos generales para la implementación de acciones y monitoreo**

Pasos	Productos
<b>Desarrolle un plan de trabajo detallado a corto plazo y una línea de tiempo</b>	- Plan de trabajo que detalle las tareas y responsabilidades asociadas con el plan de acción, el plan de monitoreo y el plan operativo. - Cronograma o calendario del proyecto.
<b>Desarrolle y refine el presupuesto de su proyecto</b>	- Presupuesto del proyecto. - Fuentes potenciales de financiamiento identificadas. - Propuestas de financiamiento desarrolladas y presentadas. - Recursos financieros obtenidos.
<b>Implemente sus planes</b>	- En general, la implementación del plan estratégico (planes de acción, monitoreo). - En forma más específica, implementación del plan de trabajo, teniendo en mente su presupuesto y programación.

Fuente: Elaboración propia basado en (CMP, 2020)

## ¿Cómo se monitorea un proyecto de restauración de bosques?

Para hacer el seguimiento a los proyectos de restauración, se propone en este documento una metodología de monitoreo basada en 13 pasos (Herrick *et al.*, (2005, 2006; 2015), (CMP, 2020) y Aguilar Garavito M. y W. Ramírez. (2014, 2015, 2016):



PASO  
7

Selección de lugares de muestreo por unidad de actuación y costos asociados

PASO  
8

Establecimiento de las plataformas para la toma de datos de acuerdo a la periodicidad establecida

PASO  
9

Toma de datos, procesamiento y análisis de la información

PASO  
10

Diagnóstico del estado del ecosistema posterior a la implementación de acciones de restauración

PASO  
11

Ajuste de manejo adaptativo de acuerdo a los resultados del monitoreo

PASO  
12

Repetición de la toma de datos, análisis de resultados y comparaciones con los monitoreos previos

PASO  
13

Documentación y socialización de las experiencias y las lecciones aprendidas

## 4.2 PASO A PASO DEL MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES

### Paso 1: Definición de los objetivos de la restauración y el monitoreo.

Los objetivos de restauración expresan el estado y los atributos que el proyecto desea alcanzar en un ecosistema determinado (McDonald *et al.*, 2016). Se enfocan en mejorar las funciones ecosistémicas, tales como: de provisión (alimentos, agua, fibras y energía); de regulación (clima, agua); culturales (educación, recreación, estética, espiritual); de soporte (producción primaria, formación y conservación de suelos) (Tabla 2).

El objetivo del monitoreo será evaluar la trayectoria del proceso de restauración, en relación a los objetivos de la restauración que se definan para alcanzar las características o criterios del ecosistema de referencia y ayudar en la selección de técnicas adaptativas para asegurar el éxito de cada una de las transiciones.

Los objetivos de gestión de la restauración y los objetivos del monitoreo, generalmente están planificados en el corto, mediano y largo plazo. La amplitud de los plazos varía de acuerdo a las características del ecosistema a restaurar, los objetivos y metas. Frecuentemente, la duración del corto plazo comprende de 1 a 3 años, el mediano plazo de 3 a 4 años y el largo plazo entre 5 a 20 años, y pueden tener una marcada estacionalidad para su medición, sobre todo al comienzo del proyecto (Tabla 3 y Tabla 4).

Tabla 2. Ejemplos de planteamiento de objetivos en proyectos de restauración

Enfoque	Proyecto	Objetivo
<b>Regulación-Cultural</b>	Restauración ecológica de bosque esclerófilo en un área ubicada en el fundo Santa Elena, propiedad de Forestal Mininco, en el sector Huertos del Maule a 12 km al oeste de San Javier, Región del Maule.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar el bosque nativo de dos cuencas proveedoras de agua al poblado Huertos del Maule (aprox. 160 familias).</li> <li>- Recuperar los bosques nativos para mantener y mejorar la biodiversidad.</li> <li>- Recuperar los bosques nativos para restablecer la belleza escénica y proveer áreas de recreación, educación e investigación.</li> </ul>
<b>Soporte</b>	Restauración y Estabilización de Ladera en Santuario de la Naturaleza Cascada de las Ánimas.	-Restaurar las laderas del Santuario de la Naturaleza Cascada de las Ánimas a partir de reforestación de árboles nativos y sistema de regadío.

Fuente: Elaboración propia. Basado en el catastro realizado por MMA, 2021

### Objetivos del monitoreo identificados en taller y consulta a los actores para la elaboración de la guía de monitoreo de restauración de bosques

- Evaluar el comportamiento de los individuos y su adaptación.
- Medir supervivencia.
- Medir crecimiento y estado de desarrollo.
- Evaluar la estructura y composición del bosque en el tiempo.
- Registrar el avance real del cumplimiento de los objetivos de la restauración.
- Medir las funciones ecosistémicas y la provisión de servicios ecosistémicos.
- Evaluar diversidad de especies durante el proceso de restauración.
- Involucrar y evaluar la participación de la comunidad y actores locales en el seguimiento de la restauración.
- Potenciar la participación de los actores locales en el seguimiento al proceso de restauración.
- Realizar ajustes tempranos al programa de restauración.
- Evaluar la similitud de los atributos del ecosistema tratado en relación a los ecosistemas de referencia y sus procesos sucesionales.
- Evaluar la dominancia de ciertas especies sobre otras.

**Tabla 3. Ejemplo de los objetivos de restauración y el monitoreo definido en plazos**

Plazo	Objetivo de restauración	Objetivo de monitoreo	Acciones de manejo adaptativo
<b>Corto</b>	Generar cobertura vegetal sobre el suelo (plántulas).	Evaluar el desarrollo de cobertura de plántulas sobre el suelo.	Incorporación de bancos de semillas externos (biomasa).
<b>Mediano</b>	Generar núcleos de vegetación arbustiva.	Evaluar el desarrollo de transiciones de vegetación ensambladas con especies de sucesión temprana.	Reemplazo de especies dominantes. Cambio en las densidades de siembra. Remoción de especies exóticas, si se requiere.
<b>Largo</b>	Enriquecer núcleos de vegetación con especies seleccionadas.	Evaluar el crecimiento y desarrollo de plantas de sucesión tardía.	Trasplante de ensambles diferentes de especies. Entresacas (especies dominantes).

Fuente: González, Avella y Díaz, 2015; adaptada por Bonilla, 2018

**Tabla 4. Ejemplo de objetivos de restauración y objetivos del monitoreo en la recuperación de un bosque ribereño y áreas altamente erosionables.**

Plazo	Objetivo de restauración	Objetivo de monitoreo
<b>Corto</b>	<b>Áreas erosionables</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Controlar el pastoreo para mantener una cobertura suficiente del suelo y minimizar la erosión.</li> <li>. Tiempo de pastoreo para promover la reproducción y el establecimiento de pastos perennes mientras se mantiene suficiente cobertura de arbustos para el hábitat de la vida silvestre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Detectar cambios en la cobertura del suelo durante y al final del período de pastoreo.</li> <li>. Registrar la fecha de inicio y finalización de cada período de pastoreo.</li> </ul>
	<b>Bosque ribereño</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Limitar el uso de árboles durante la temporada de crecimiento hasta que sean más altos que la línea de ramoneo.</li> <li>. Limitar el acceso y el cruce de ganado y recreación a sustratos resistentes a la erosión/compactación, como la grava.</li> <li>. Pastoreo temporal para promover el crecimiento de especies estabilizadoras de bancos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Documentar la fecha de finalización y la eficacia de las nuevas estructuras de control de distribución de animales (Ej., cercas, reforzados, cruces). Cuando sea posible, documentar directamente la distribución del ganado (Ej., conteos de estiércol). Registrar el comienzo y el final de cada período de pastoreo.</li> </ul>
<b>Largo</b>	<b>Áreas erosionables</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Disminuir la erosión del suelo.</li> <li>. Incrementar la diversidad de hábitat para la vida silvestre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Detectar cambios en la cobertura del suelo, especialmente en la cobertura del dosel de arbustos y basal de hierba. Detectar la presencia de especies invasoras.</li> </ul>
	<b>Bosque ribereño</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Incrementar la cobertura arbórea.</li> <li>. Incrementar la estabilidad de los bancos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Detectar cambios de &gt; 10% en la cobertura de árboles a lo largo del arroyo y en toda el área ribereña.</li> <li>. Detectar cambios de &gt; 5% en la cobertura de especies estabilizadoras de bancos a lo largo del arroyo.</li> </ul>	

Fuente: Modificado de Herrick, 2005

## Paso 2: Definición de la escala espacial y zonificación del área de restauración.

El monitoreo de la restauración requiere la preparación de una cartografía que brindará el soporte para referenciar la información observada en el terreno. Para este propósito se debe analizar el nivel de detalle de la información a representar, la superficie del predio o el área de restauración para definir la escala espacial, la superficie mínima cartografiable y su representación en el plano (Hernández, 2000) (Tabla 5).

Por lo general, los monitoreos de la restauración de bosques a escala de sitio se realizan a escalas grandes y muy grandes.

Por otra parte, la zonificación consiste en subdividir el área de restauración en unidades de monitoreo. Cada unidad de monitoreo presenta características similares en relación a las variables seleccionadas para su delimitación. A estas unidades de monitoreo también se les puede denominar unidades homogéneas.

Usualmente, las variables utilizadas para estos fines son las unidades de suelo, unidades geomorfológicas, pendientes, la cobertura vegetal y la exposición de las laderas. Para la delimitación de las unidades de monitoreo en gabinete se requiere la utilización de imágenes satelitales de alta resolución, modelos de elevación digital y software para generar la cartografía digital que brindará la expresión espacial de las variables analizadas.

**Tabla 5. Escala del mapa en relación a la superficie del terreno a representar**

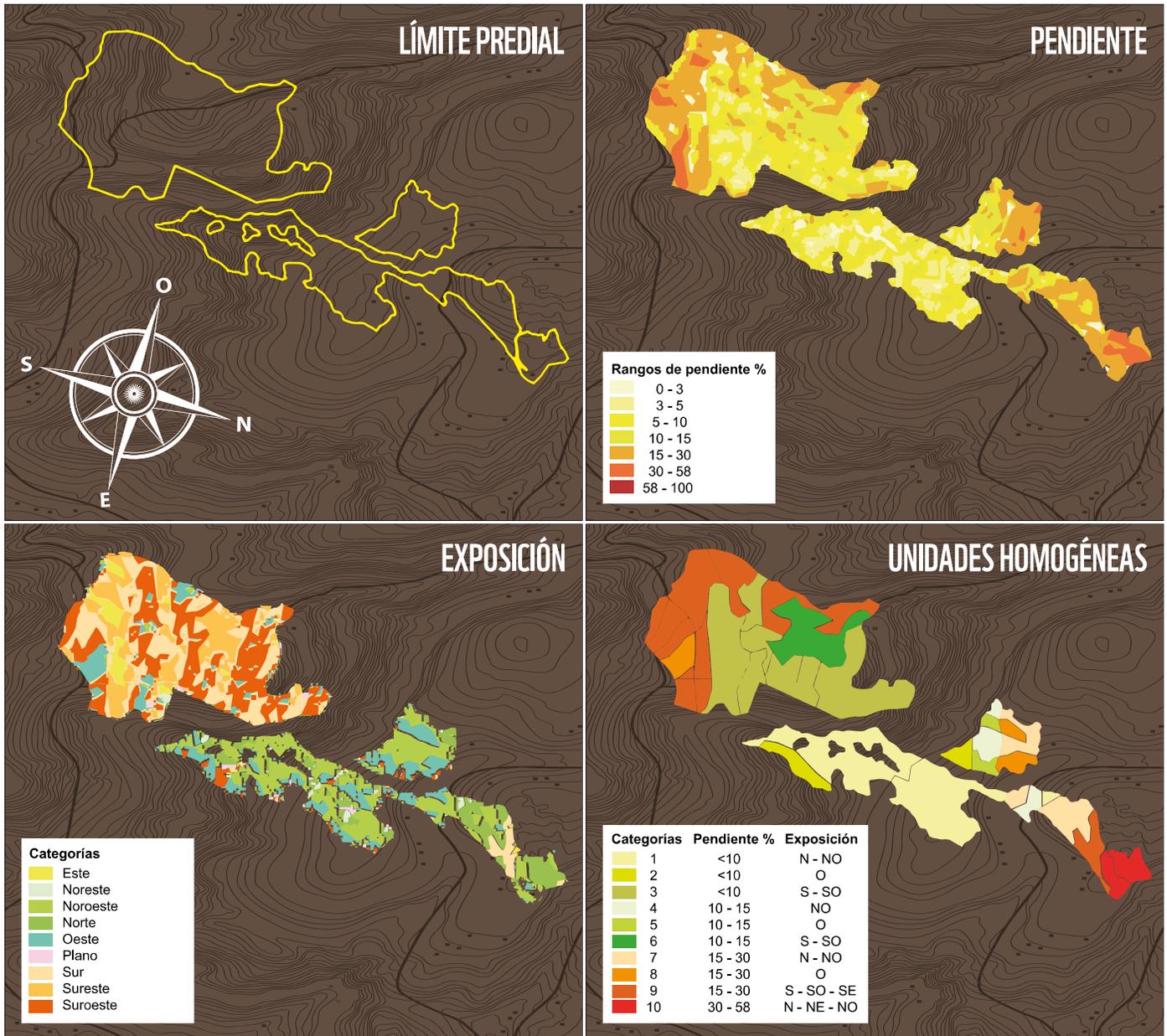
Escala del mapa		Superficie mínima cartografiable	Superficie total abarcada por un mapa de 52x52 cm
<b>Muy grandes</b>	1:100 1:2.000	1 m <sup>2</sup> 400 m <sup>2</sup>	2.780 m <sup>2</sup> 111,2 ha
<b>Grandes</b>	1:5.000 1:25.000	2.500 m <sup>2</sup> 6,25 ha	695 ha 17.375 ha
<b>Medianas</b>	1:50.000 1:250.000	25 ha 625 ha	695 km <sup>2</sup> 17.375 ha
<b>Pequeñas</b>	1:500.000 1:1.000.000	2.500 ha 10.000 ha	69.500 km <sup>2</sup> 278.000 km <sup>2</sup>
<b>Muy pequeñas</b>	1:5.000.000 1:100.000.000	2.500 km <sup>2</sup> 1.000.000 km <sup>2</sup>	6.950.000 km <sup>2</sup> 278.000.000 km <sup>2</sup>

Fuente: Hernández, 2000.

En la Figura 2, se presenta un ejemplo de unidades homogéneas construidas a partir de la superposición de mapas de pendientes y exposición de laderas. La pendiente corresponde al ángulo de inclinación del terreno. Éstas pueden expresarse en porcentaje y distribuirse en 7 rangos de pendiente (0-3), (3-5), (5-10), (10-15), (15-30), (30-58) y (58-100).

La exposición está referida a la orientación de las laderas respecto a los puntos cardinales (Norte, Noreste, Noroeste, Este, Sureste, Suroeste y Oeste). Esta variable es de interés debido a las variaciones microclimáticas que se presentan en cada una de ellas.

**Figura 2. Ejemplo de unidades homogéneas o unidades de monitoreo construidas a partir de la integración de la pendiente y la exposición de las laderas. Monitoreo de la Reforestación del Proyecto Parque Solar Quilapilún**



Fuente: Biocys, 2021a

La ventaja de la zonificación es que permite seleccionar áreas para monitorear y sus características pueden ser atribuidas al resto de unidades homogéneas para optimizar los recursos (Herrick, 2005).

### Paso 3: Diagnóstico del estado actual del ecosistema a restaurar.

El diagnóstico del estado actual del ecosistema a restaurar estará constituido por la línea base o situación inicial de las condiciones del medio físico-natural (clima, suelo, agua, vegetación y fauna) y socioeconómicas del sitio (población involucrada, organizaciones comunitarias, e instituciones, uso de la tierra), así como la identificación de los factores que favorezcan la restauración y los factores perturbadores que generan degradación (incendios, avance de la frontera agrícola, sobrepastoreo, minería), cuya expresión en los bosques se manifiesta por la ausencia o poca

### Paso 4: Definición del ecosistema de referencia.

Los ecosistemas de referencia están considerados como áreas bien conservadas, prístinas o poco perturbadas, cercanas al sitio que se va a restaurar. Estas áreas sirven de patrones o modelos a imitar y proporcionan una idea de la condición original que prevalecía en el sector, antes de ser perturbado (Macdonald *et al.*, 2016); MMA, 2021).

Algunas consideraciones a tomar en cuenta para establecer un sitio de referencia se mencionan en la Tabla 6.

### Estado actual del ecosistema a restaurar

El análisis de los elementos mencionados permitirá responder preguntas tales como: ¿cuáles son las condiciones bióticas y abióticas predominantes? ¿cuál es el área degradada?, ¿cuál es el régimen de tenencia de la tierra?, ¿cuáles son los tipos de disturbios?, ¿qué factores dificultan la restauración natural?, ¿cuáles son las causas de las perturbaciones y su frecuencia? ¿cómo se pueden restaurar? y ¿qué actores sociales pueden intervenir en el proceso?.

presencia de especies nativas, poca biodiversidad, fragmentación e impacto visual (Xiao-Jun *et al.*, 2003; SER, 2004; Duarte *et al.*, 2017; Barrera-Cataño *et al.*, 2010; Aguilar-Garavito y Ramírez, 2014, 2015).

Para elaborar el diagnóstico de la situación actual se pueden utilizar

los indicadores y cuantificadores descritos en el Capítulo 4 de esta guía; éstos deberán ser concordantes con la descripción que se realice del ecosistema de referencia para establecer comparaciones.

Tabla 6. Consideraciones para seleccionar un ecosistema de referencia

Actividad	Descripción
<b>1. Ubicación de remanentes de bosques en el sitio que se va a restaurar, indicando condiciones físicas y biológicas.</b>	1.1 Ubicar relictos o parches de vegetación prístina, que pueden indicar trayectorias sucesionales posibles del ecosistema original, y que tienen una muestra importante de las especies sucesionales.
<b>2. Revisión de descripciones ecológicas y listas de especies antes de la perturbación (antecedentes).</b>	2.1 Se debe hacer una revisión de diferentes fuentes documentales que proporcionen información de las características del sitio antes de la perturbación.
<b>3. Revisión de imágenes satelitales o fotografías y mapas del sitio del proyecto antes del daño.</b>	3.1 El apoyo de imágenes, fotografías, mapas de cobertura vegetal, permiten ubicar sitios de referencia, así como posibilitar análisis multitemporales del uso.
<b>4. Revisión de descripciones ecológicas y listas de especies de ecosistemas similares al sitio a restaurar.</b>	4.1 Esta documentación proporciona información acerca de especies presentes y su distribución.
<b>5. Revisión de versiones históricas documentadas y orales de personas familiarizadas con el sitio del proyecto antes del daño.</b>	5.1 Los cronistas y lugareños, pueden aportar datos sobre distribución de plantas y tipos de vegetación existente. La reconstrucción por tradición oral, es una gran fuente de información sobre especies y su distribución.

Fuente: Modificado de Vargas, 2007; SER, 2004



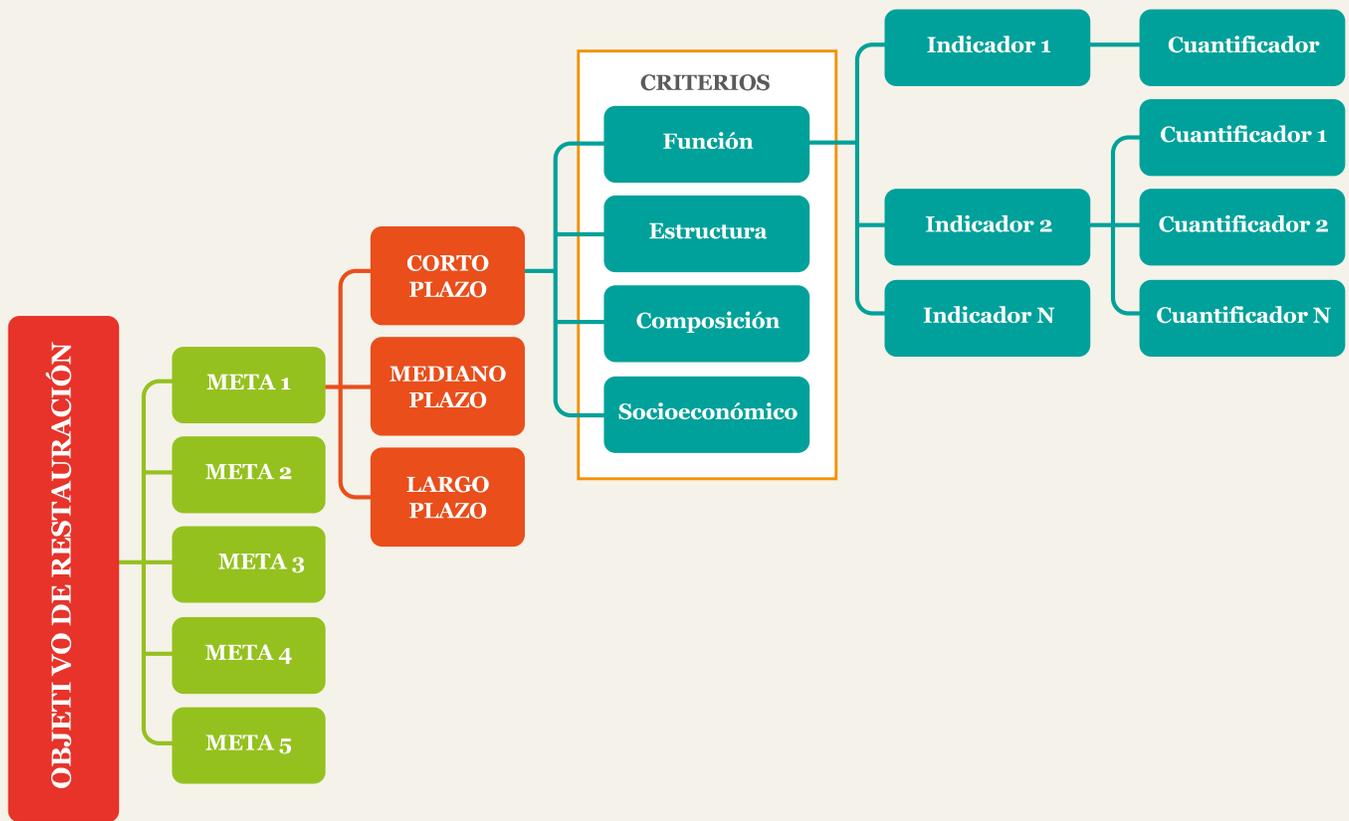
**Paso 5: Selección de metas, criterios, indicadores y cuantificadores.**

El monitoreo involucra la evaluación de metas que comparan a lo largo del tiempo la respuesta de algunos indicadores para ciertos criterios socioecológicos (Barrera-Cataño *et al.*, 2010; Cabrera, 2014, Ramírez, 2014;

Ramírez *et al.*, 2015a, 2015b). Las metas del monitoreo se miden durante un periodo de tiempo y espacio determinado y se definen considerando los atributos del ecosistema de referencia que sean deseables de alcanzar desde el punto de vista ecológico y social. Las metas del proyecto se comprueban con la descripción de las trayectorias y de las condiciones o estados ideales que

se pretenden alcanzar con el proyecto de restauración que se cumplen de manera acumulativa en el corto, mediano o largo plazo (SER, 2004). Cabe destacar, que en un programa de monitoreo debe existir coherencia entre los objetivos, metas, criterios, indicadores, cuantificadores y métodos para la toma y análisis de la información (Figura 3)

**Figura 3** Esquema que muestra la relación y desagregación de los objetivos de restauración, metas, criterios, indicadores y cuantificadores para un proceso de restauración en el corto, mediano y largo plazo



Fuente: Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (eds.), 2016.

Aguilar *et al.*, 2018, señala que las metas deben cumplir algunas características tales como: ser medibles; tener un límite de tiempo, deben ser factibles y deben responder al objetivo específico establecido, éstas pueden tener un sentido ecosistémico y/o socioeconómico.

**4. ESTRATEGIAS PARA MONITOREAR PROYECTOS DE RESTAURACIÓN**

Otros autores señalan que las metas se cumplen de manera acumulativa, en el corto (hasta 1 ó 2 años), mediano (3-5 años) o largo plazo (más de seis años). Para cada meta se deben aportar los criterios de evaluación (Aguilar *et al.*, 2015) (Tabla 7).

La frecuencia de monitoreo dependerá igualmente de los requerimientos de los indicadores seleccionados para esta práctica. En el Capítulo 4, se desarrollan los aspectos conceptuales y recomendaciones con respecto a la selección de los criterios, indicadores y cuantificadores.

### Paso 6: Diseño y/o ajustes de instrumentos para la captura de la información en terreno.

Conocidos los criterios, indicadores y cuantificadores que se utilizarán para el monitoreo, se deberá preparar una planilla o ficha de trabajo para la captura de la información referida a los datos que se recogerán en terreno y se definirá el instrumental básico requerido para el levantamiento de la información (Ver Anexo 1. Ficha técnica general, Anexo 2. Ficha técnica para el monitoreo de la flora y vegetación, Anexo 3. Ficha técnica para el monitoreo de la Fauna, Anexo 4. Ficha técnica para el monitoreo de los Suelos y Anexo 5. Ficha técnica para el monitoreo de aspectos socioeconómicos). Estas planillas pueden ser impresas en papel o pueden estar automatizadas para recoger los datos con el empleo de software o aplicaciones en el celular o tablets.

Previo a la toma de datos, se debe entrenar al personal responsable de la captura de información. En esta etapa, será importante involucrar personas de la comunidad que puedan hacer seguimiento en corto, mediano y largo plazo a estos proyectos.

## Metas: Periodos y duración

El I Taller Consulta a los Actores para la Elaboración de la Guía de Monitoreo de Restauración de Bosques (WWF *et al.*, 2021) señala que las metas se pueden medir en el corto, mediano y largo plazo. En la práctica, las duraciones de estos periodos pueden variar, dependiendo de las características del ecosistema que se esté restaurando, las metas fijadas y los signos de degradación.

Algunos especialistas señalan que el horizonte de tiempo para monitorear podría ser de 10 años; otros indican un plazo de 20 años, mientras que autoridades como CONAF, para el caso de planes de compensación ambiental, indican o exigen que el monitoreo debe realizarse durante la vida útil del proyecto que generó los impactos sobre el ecosistema.

No obstante, la mesa de trabajo presente en el taller, considerando estos dos escenarios, validó que las metas pueden dividirse en:

- a) Corto plazo (1-2 años), mediano plazo (3-4 años) y largo plazo (5-10 años).
- b) Corto plazo (1-5 años), mediano plazo (6-15 años) y largo plazo (16-20 años).

Tabla 7. Ejemplo de metas

Objetivo	Metas	Criterio
<b>Promover un proceso de restauración ecológica en 1 ha de bosque subandino de la cuenca alta del río Otún, afectado por la invasión de <i>Hedychium coronarium</i>.</b>	Corto plazo (0 a 1 año)	Eliminar el 100% de la biomasa epigea e hipogea de <i>H. coronarium</i> , en 31 focos invadidos por esta planta, que en conjunto ocupan 1 ha.
	Mediano plazo (2 a 5 años)	Se debe evidenciar el establecimiento de un estrato arbustivo de plantas nativas pioneras que cubra hasta el 15% del total de cada foco de invasión.
	Largo plazo (6 a 10 años)	Se debe apreciar la aparición de algunos árboles y arbustos (pioneros y pioneros tardíos) que alcanzan una cobertura hasta del 5% del total de cada sitio intervenido. Algunos árboles pueden alcanzar a medir hasta 5 m de altura.

Fuente: Elaboración propia, basado en Aguilar, 2015.

## Mediciones frecuentes con participación de las comunidades en el monitoreo de la restauración

De acuerdo a entrevistas realizadas a representantes de las comunidades de Nahuelbuta, se puede identificar que las prácticas comunes de monitoreo que se han llevado a cabo son chequeo de la sobrevivencia, altura, grosor del tallo y conteo de especies.

Algunos representantes señalaron que han participado en monitoreos de supervisión mediante observación visual, para validar que se estén recuperando áreas donde se han cometido ilícitos ambientales.



### Paso 7: Selección de lugares de muestreo por unidad de actuación y costos asociados.

En los procesos de monitoreo con fines de restauración ecológica es necesario conocer las características de los componentes a evaluar (suelo, vegetación, fauna, agua y socioeconómicos, principalmente), y para ello se requiere la recolección de datos a través de censos y/o muestreos de cada uno de los elementos considerados, según corresponda.

#### Censo

Comprende el conteo y caracterización de todos los elementos que constituyen la variable de interés. Algunas veces es utilizado para cuantificar el número de plantas comprometidas en un proyecto de restauración; también se utiliza para medir con exactitud la sobrevivencia mediante la cuantificación de plantas vivas y muertas. Suele ser un método

costoso y requiere mayor inversión de tiempo.

#### Muestreo

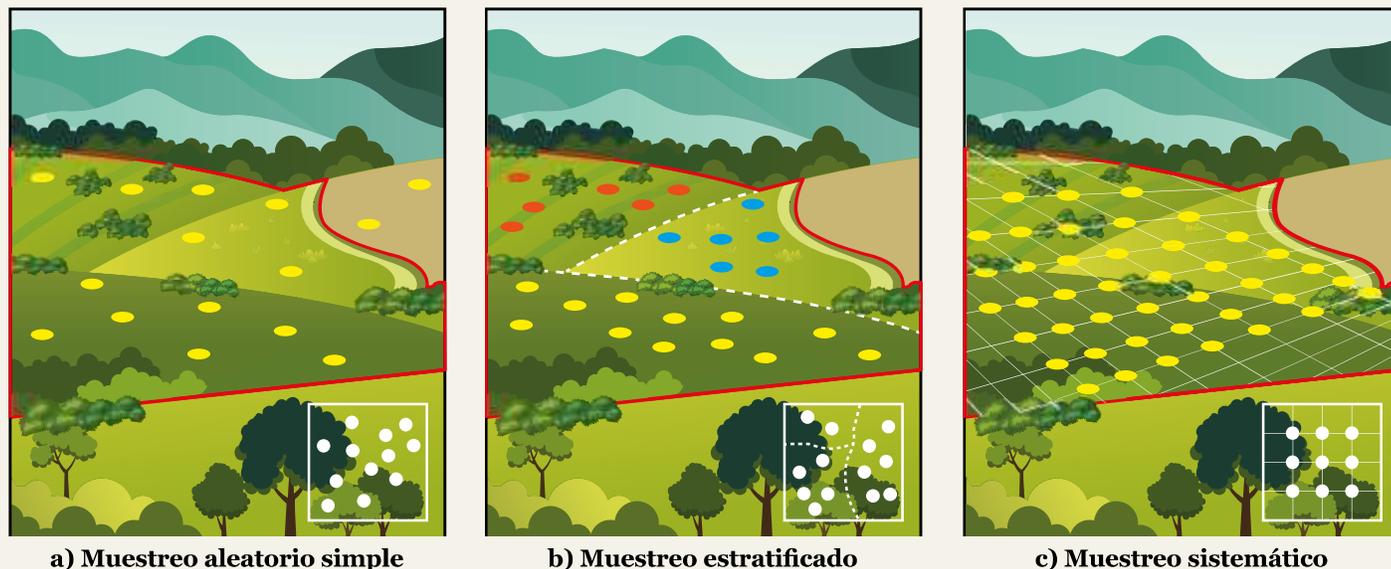
El muestreo se refiere al conjunto de observaciones que se toman de cada componente ambiental, con respecto a su población para estimar y conocer sus características en términos estadísticos a través de una muestra; la muestra es un subconjunto de toda la población. El muestreo permite obtener información sobre el proceso de restauración, sin tener que medir o evaluar la totalidad del área de estudio, de esta forma se minimizan tiempos y costos (Terán-Valdez *et al.*, 2018).

La toma de muestras para el seguimiento amerita de un diseño antes de ir a campo. De manera general, el diseño de muestreo permite establecer cómo se realizará la toma de datos (tipo de unidades de muestreo y ubicación), así como determinar el tamaño de

la muestra (número de muestras a considerar (Terán-Valdez *et al.*, 2018). Los lugares de muestreo deben incluir tanto zonas de disturbio o restauración como zonas de referencia donde está el ecosistema original en el mejor estado posible de conservación, pero dentro de la misma zona ecológica, tipo de suelo o caudal hídrico (Arshad y Martin, 2002). Con respecto al porcentaje de área que se debe emplear para el muestreo, ésta corresponde al menos al 10% de la superficie total, distribuidas en el área, de tal manera que logre cubrir la heterogeneidad de la misma, garantizando así la representatividad de la población a estudiar (Duarte *et al.*, 2017).

Los métodos de muestreos más comunes son el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado y el muestreo sistemático (Figura 4, Ver glosario).

Figura 4 Tipos de muestreo.



Fuente: Modificado de Valencia y Hernández, 2002

La técnica de muestreo se puede realizar haciendo uso de parcelas y transectos. Las parcelas son utilizadas para el monitoreo de la vegetación. Los transectos frecuentemente se utilizan para el monitoreo de la vegetación y la fauna.

Las parcelas son unidades muestrales de forma circular o cuadrada. Se utilizan para caracterizar la vegetación y los suelos. Hernández, 2000; señala que para el caso de inventarios florísticos y vegetacionales, el tamaño de la unidad muestral varía considerando que la composición de las especies de la comunidad esté adecuadamente representada.

Estas parcelas se distribuyen en el área en estudio, bien sea aleatoriamente, sistemáticamente o por estratos, dependiendo del tipo de muestreo seleccionado.

En Chile es frecuente la utilización de parcelas rectangulares de 1000 m<sup>2</sup> (20x50 m) para inventarios forestales de bosque nativo, situadas en sentido de la pendiente y/o orientadas hacia el norte o dirección específica (SEIA, 2015).

La cantidad de parcelas de muestreo se calcula de acuerdo a la variación (coeficiente de variación) del parámetro poblacional a cuantificar utilizando errores máximos del 20 % para el caso del bosque nativo (Prodan *et al.*, 1997 cit por SEIA, 2015).

Los transectos, son líneas largas y estrechas usadas para estudiar la distribución de los organismos ubicados sobre ella. Se dispone espacialmente según la dirección de un factor biótico o abiótico que pueda afectar la distribución de las especies.

**Tabla 9. Superficies recomendadas para las parcelas por formación vegetal.**

Formación vegetal	Superficie (m <sup>2</sup> )
<b>Bosques</b> - Estrato arbóreo - Sotobosque	200 – 500 10 - 25
<b>Matorral bajo</b> <b>Pradera de gramíneas</b> <b>Empastadas (fertilizadas)</b>	10 – 25 10 – 25 5 - 10
<b>Comunidades de musgos</b>	1 – 4
<b>Comunidades de líquenes</b>	0,1 – 1
<b>Pastizales</b>	50 - 100
<b>Malezas agrícolas</b>	25 - 100

Fuente: Hernández, 2000.

El procedimiento para trabajar con transectos, consiste en generar líneas longitudinales con orientaciones establecidas. Los transectos poseen distancias preestablecidas a ambos lados en las que se miden todas las variables de los indicadores ambientales; se recomienda realizar transectos de 50 x 2 m (1 m a cada lado), (Aguilar y Ramírez, 2015; Terán Valdez *et al.*, 2018). Los transectos instalados en la línea base serán los mismos que se midan en los subsecuentes muestreos, hasta finalizar con el monitoreo.

En la Figura 5, se muestra un ejemplo práctico y sencillo de diseño de muestreo mediante transectos. El ejemplo inicia la delimitación del área sobre una imagen satelital o de fotografía aérea. Luego, se traza un mallado con un intervalo de distancia de 50 metros. A cada celda se le asigna un número y se toma al azar el 10 % de las mismas; en este caso, corresponde a

6 unidades. En las celdas seleccionadas se instalarán posteriormente los transectos, cuyos extremos son marcados con estacas en terreno para facilitar mediciones posteriores.

Bracalioni *et al.*, 2015, plantea que las parcelas o transectas deben ser diseñadas e instaladas de forma sistemática y estratificada a fin de lograr alcanzar la representatividad de todas las condiciones ambientales presentes en el área a restaurar, es decir, que abarque la variabilidad de los suelos presentes, tipos de pendiente, cobertura vegetal por especies, cobertura de especies invasivas, historia del uso de la tierra.

Para el caso del monitoreo de la fauna, la selección del método de muestreo depende del grupo de especies objeto de estudio, mientras que su periodicidad y continuidad permiten evaluar los procesos de restauración a corto, mediano y largo plazo, convirtiéndose

así en una herramienta para el monitoreo (Tacón *et al.*, 2004). Algunos métodos generales para todas las especies:

- Registro de restos: Consiste en buscar e identificar huesos, pieles, pelos, fecas y otros restos (Tacón *et al.*, 2004).
- Registro de rastros: Comprende el reconocimiento y descripción de las huellas registradas en nieve y/o barro, tanto en el bosque como en orillas de ríos y esteros, caminos o senderos (Tacón *et al.*, 2004)

El estudio de la fauna por transectos suele ser una técnica común para chequear la presencia de una especie. Las técnicas para el monitoreo de mamíferos se señalan en la Tabla 8. El monitoreo de aves, se puede realizar a través del método de transectos registrando aves detectadas mientras se camina en línea recta o dentro de una franja, sin retroceder, detenerse o mirar hacia atrás (MINAM, 2015).

**Figura 5. Diseño de muestreo por transectas.**



Fuente: Elaboración propia.



© WWF Chile

**Tabla 8. Técnicas para el inventario de mamíferos**

	Mamíferos pequeños terrestres		Murciélagos			Mamíferos medianos y grandes terrestres	
<b>Diseño</b>	Transecto		Transecto	Transecto para búsqueda de refugio	Registro acústico	Transectos de ancho fijo	Cámaras trampa
<b>Metodología</b>	Estaciones de trapeo: trampa de golpe y de caja. Distancia entre estaciones 10-15 m	Trampas piftall	Redes de niebla (separación de 20 m dentro del transecto) Sotobosque: altura >3m	Altura de 0-5 m sobre el nivel del suelo	No existe un patrón definido		
<b>Radio</b>	2 m						
<b>Longitud</b>	300 m	10-50m (50 metros con 8-10 baldes)		2 a 3 km por día		4 y 5 km (llanura) >2 Km (topografía abrupta)	Separación entre trampas 100 m
<b>Ancho</b>						Dependiendo de la visibilidad transversal 100 m	
<b>Distancia entre transectos</b>	100 m	5-10 m	200 m			500 m	500 m
<b>Número</b>	4 transectos, 30 estaciones de trampas	Dependiendo de accesibilidad del terreno	10 redes de niebla (divididas en dos transectos)				Mínimo 10 trampas cámara por unidad de vegetación, distribuidas en dos transectos
<b>Tiempo</b>			30 min para revisión; mínimo de 6 horas de muestreo por noche	Velocidad 1km/h	Recorrido por lo menos 1 h tiempo actividad murciélagos		

Fuente: MINAM, 2015



Para el estudio de los suelos, a partir de las recomendaciones del USDA-NRCS (2002), Rossiter y Vargas (2004) citado por SEIA, 2015, se propone un número de observaciones o muestras para el monitoreo de las características de los suelos, atendiendo al nivel de detalle y la escala cartográfica (Tabla 9).

En síntesis, en cuanto al muestreo de las diferentes variables de vegetación, suelos, fauna, existen diversos métodos para su selección, a partir de parámetros estadísticos o basados en aspectos ecológicos. Antes de iniciar el monitoreo se deben considerar y responder las siguientes incógnitas: ¿cuál es la mejor forma de muestrear?, ¿qué métodos existen?, ¿cuál es el tamaño mínimo de una muestra para el monitoreo permanente de los indicadores seleccionados? (Aguilar y Ramírez, 2015).

Los costos asociados al monitoreo están relacionados al tipo de indicadores que se seleccionen para el monitoreo y la frecuencia de medición; esto requerirá una logística vinculada a gastos de personal, transporte, costos de movilización, alimentación, material de apoyo e instrumentación básica. Para monitoreos avanzados, se requiere utilizar instrumentación avanzada, análisis de laboratorios e interpretación de resultados de profesionales especializados; generalmente son costosos (Ver Capítulo 5).

**Paso 8: Establecimiento de las plataformas para la toma de datos de acuerdo a la periodicidad establecida.**

Tal como se indicó en el Paso 7, diferentes procedimientos de captura de información (censos, muestreos, parcelas de observación, transectas), son empleados para el monitoreo de

**Tabla 9. Escalas y número de observaciones en estudios de suelos**

Nivel de detalle	Número de observaciones	Escala cartográfica
Muy alto (muy intensivo)	4 o más por ha	1:2.500
Alto (intensivo)	1 por cada 0,8 a 4 ha	1:10.000
Moderadamente alto (detallado)	1 cada 5 a 25 ha	1:25.000
Moderado (semi-detallado)	1 cada 20 a 100 ha	1:50.000
Bajo (bajo detalle)	1 cada 100 a 400 ha	1:100.000
Muy bajo (reconocimiento)	Menos de 1 por cada 400 ha	1:250.000

Fuente: Modificado de SEIA, 2015

sitio, en zonas restauradas o en proceso de restauración. También existe la posibilidad de establecer parcelas permanentes como plataformas de monitoreo representativas del área de restauración.

Las parcelas permanentes de monitoreo constituyen un instrumento metodológico que permite registrar el crecimiento y los rendimientos de las zonas boscosas en diferentes estados sucesionales, con el objetivo de obtener la mayor información de forma más práctica y económica (Aguilar y Ramírez, 2015).

En Chile, es frecuente la utilización de parcelas permanentes de monitoreo para caracterizar sus condiciones bióticas y abióticas presentes (línea base), visualizar el ritmo de crecimiento de las plantas, vigilar la sobrevivencia de las especies forestales plantadas, los cambios en el estado de su vitalidad en las primeras etapas de establecimiento (corto y mediano plazo) a través de la observación de las características fisiológicas de la planta, medir los efectos de las obras de conservación de suelos o acciones de restauración implementadas,

entre otros aspectos de interés que permitirán orientar el manejo adaptativo del proyecto.

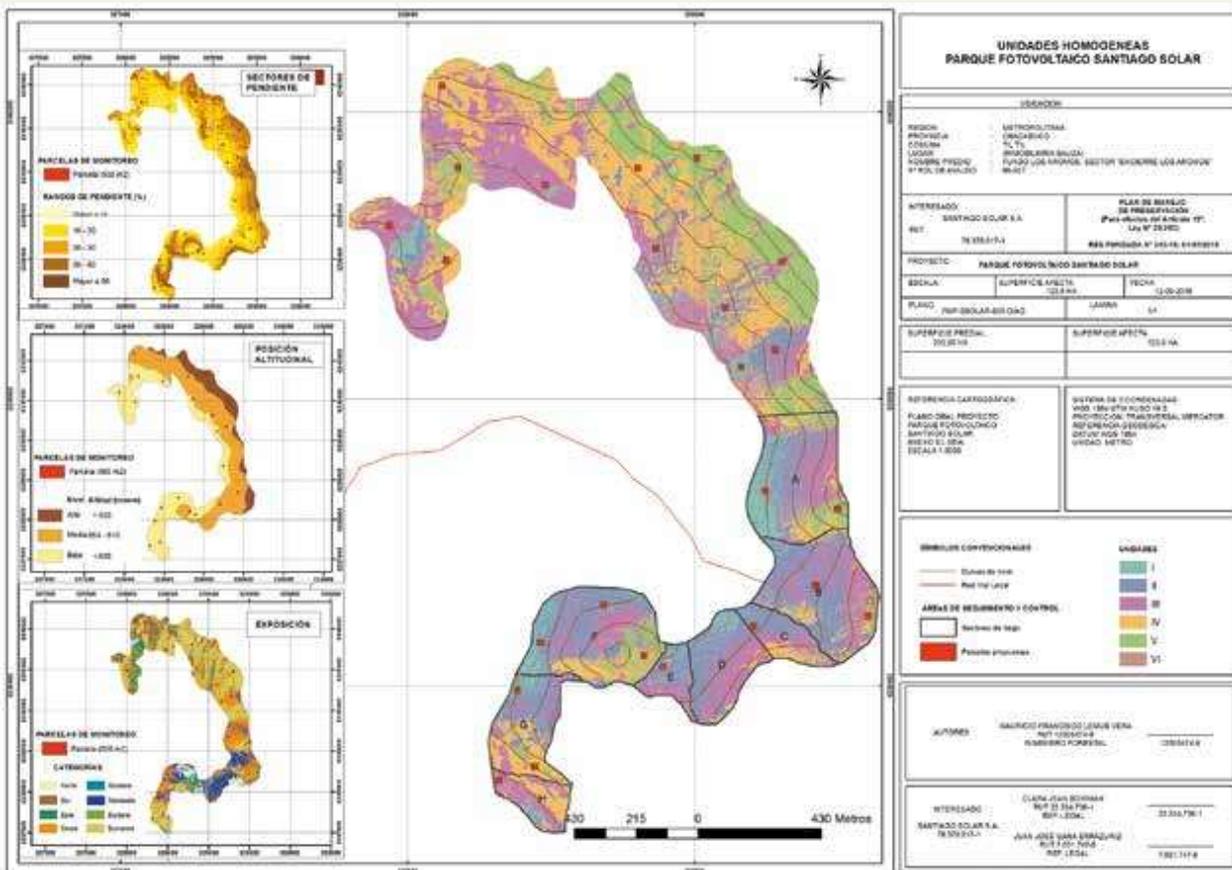
Estas parcelas son áreas identificadas con un código, que facilitan estandarizar las mediciones, así como constituir protocolos preestablecidos para los diferentes periodos de tiempo establecidos (Cuellar y Cano, 2017). Al momento de su instalación se hace la primera medición y las siguientes observaciones pueden variar de acuerdo al objetivo del monitoreo (Vallejo *et al.*, 2005).

La información obtenida y procesada a partir de las parcelas de monitoreo, facilita la comparación con los valores presentes en el ecosistema de referencia, permitiendo de esa forma estimar los avances de la restauración, y determinar hasta qué punto se cumplen las metas trazadas (MINAM, 2015).

## Pasos para el establecimiento de las parcelas de monitoreo permanente:

1. Determinar el sitio específico donde se establecerá la parcela permanente considerando las características de las unidades homogéneas y localizándola sobre un mapa o imagen satelital, de manera de asegurar que su localización sea representativa del área de restauración.
2. Determinar las variables a medir, frecuencia y posibles umbrales críticos para tomar decisiones de manejo adaptativo.
3. Estas parcelas son georreferenciadas, demarcadas en el terreno y codificadas junto a las plantas que se hayan establecido en ellas como parte de la forestación o reforestación (Figura 6).

**Figura 6. Ejemplo de localización de parcelas de monitoreo sobre unidades homogéneas construidas con la integración de la pendiente, la exposición de las laderas y la altitud. Proyecto de restauración Santiago Solar**



Fuente: Biocys, 2018

## 4. ESTRATEGIAS PARA MONITOREAR PROYECTOS DE RESTAURACIÓN

Con respecto a las dimensiones de las parcelas permanentes, éstas pueden variar. La variación de su tamaño depende de los objetivos propuestos, de la accesibilidad, costos y de las características del lugar de monitoreo. Las dimensiones de las parcelas pueden oscilar entre 100 a 500 m<sup>2</sup>.

### **Paso 9: Toma de datos, procesamiento y análisis de la información**

La toma de datos en terreno se realiza mediante la aplicación de las fichas preparadas en el Paso 6, acompañada de registros fotográficos organizados y georreferenciados por parcelas, transectos o estaciones de trabajo y/o en parcelas permanentes de monitoreo, según corresponda.

Los datos deberán ser tabulados y procesados para obtener la información pertinente a los indicadores y cuantificadores que permitirán ser analizados para conocer el estado actual del proyecto de restauración en relación al ecosistema de referencia, y los objetivos y metas establecidas. Los datos obtenidos mediante muestreo deberán ser extrapolados al área total de restauración mediante un proceso denominado atribución y generalización de la información.

La atribución consiste en asignar a cada polígono descrito en terreno el tipo vegetacional o variable ambiental analizada, obtenido para dicho polígono mediante el procesamiento de datos. La generalización consiste en atribuir a cada polígono no descrito en terreno con la descripción del tipo vegetacional correspondiente al patrón de textura, tonalidad y estructura que lo caracteriza, según la interpretación de la imagen satelital, fotografía aérea o la unidad homogénea correspondiente (SEIA, 2015).

**Figura 7. Parcela de monitoreo permanente. Monitoreo de la reforestación Holding Minero CEMIN**



Fuente: Biocys, 2018

Algunos de estos cuantificadores son sencillos, están constituidos por índices expresados en porcentajes; otros resultan de la combinación de varios cuantificadores o tratamientos estadísticos más complejos.

El análisis de los datos permitirá diagnosticar el estado actual del área en restauración, los procesos de degradación y problemas existentes en relación al ecosistema de referencia que se ha propuesto como modelo a alcanzar.

### **Paso 10: Diagnóstico del estado del ecosistema posterior a la implementación de acciones de restauración.**

El proceso de monitoreo requerirá realizar un diagnóstico del estado actual del ecosistema siguiendo la metodología

propuesta en el Paso 3, además de incluir la implementación de acciones de restauración.

El análisis de los datos actualizados permitirá conocer el estado actual del área en restauración, la evolución del sistema, los problemas existentes en relación a las metas planteadas y sus causas; así como las acciones que se deben emprender en el marco de un manejo adaptativo para contrarrestar las situaciones adversas (por ej. sequía, plagas, insolación, sombra, invasión de especies exóticas, entre otras).



### Paso 11: Ajuste de manejo adaptativo de acuerdo a los resultados del monitoreo.

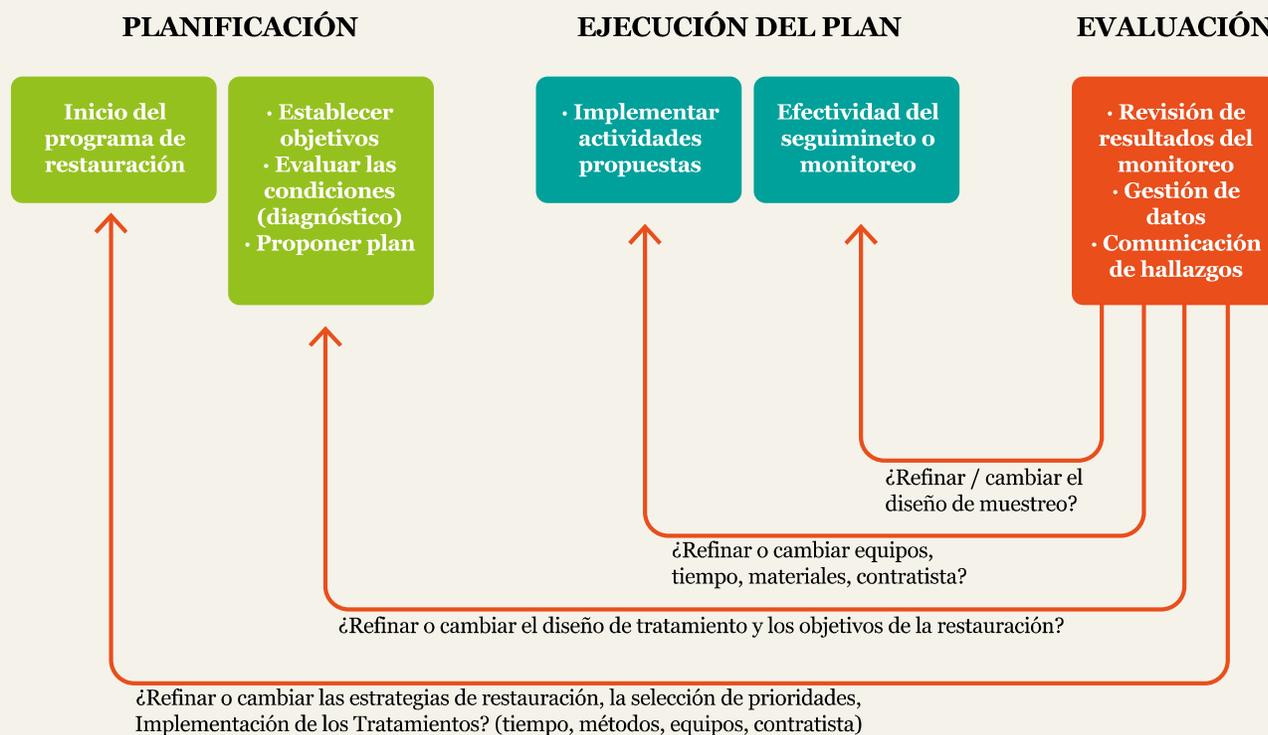
Los ajustes del manejo adaptativo, de acuerdo a los resultados del programa de monitoreo en el corto plazo pueden estar vinculados a decisiones relacionadas con realizar desbroces, limpiezas, aclareos, frecuencia en el control de exóticas e invasoras, ajustes en la frecuencia de riego,

implementación de abonos, entre otros (Herrick *et al.*, 2006).

Este paso consiste en administrar los datos en la medida en que se van obteniendo y analizarlos regularmente para convertirlos en información útil para el manejo del proyecto. El análisis es un proceso de transformación de los datos crudos en información útil, mediante el procesamiento de datos (CMP, 2020).

Las evaluaciones se llevan a cabo para garantizar que los objetivos y metas se estén cumpliendo a cabalidad. Por otra parte, evaluar los datos de monitoreo permitirá determinar cuán efectivas son las estrategias y si cumplen con el proceso de restauración o es necesario ajustarlas. En la Figura 8, se muestran los pasos para el análisis y adaptación del plan.

**Figura 8. Esquema de manejo adaptativo para la restauración ecológica y preguntas clave para el seguimiento continuo del proyecto.**



Fuente: Gaboury & Wong, 1999

### **Paso 12: Repetición de la toma de datos, análisis de resultados y comparaciones con los monitoreos previos.**

Las repeticiones de la toma de datos deberán estar ajustadas a la frecuencia planificada en el corto, mediano y largo plazo. La frecuencia de la toma de datos generalmente es mayor en el corto plazo; a partir del mediano a largo plazo disminuye.

Es necesario que los datos obtenidos durante los distintos monitoreos comparen el estado actual con los años anteriores, buscando identificar los cambios desde los datos de monitoreo de corto y mediano plazo (Herrick et al., 2006).

Estudiando la evolución de la restauración del ecosistema tratado, se podrán utilizar modelos de estado y transiciones para interpretar los datos de evaluación y seguimiento con las metas y objetivos de restauración; a partir de esta información el equipo evaluador podrá realizar el ajuste de

metas de restauración y de las técnicas y estrategias de restauración (Herrick et al., 2006).

### **Paso 13: Documentación y socialización de las experiencias y las lecciones aprendidas**

Los resultados de los análisis deben ser documentados y deben reflejar los conocimientos aprendidos para que pueda ser empleado por otras personas (que recién se integren al equipo) y/o organizaciones en la ejecución de nuevos proyectos.

Para cumplir este propósito se recomienda publicar los resultados obtenidos a través de diversos medios de comunicación, informando acerca de los impactos generados y de la participación de los diferentes actores.

La información a documentar involucra no sólo aspectos referentes a los resultados de la restauración por sí sola, sino que es necesario también dejar constancia del aprendizaje y de

las tareas o actividades que generaron inconvenientes, a fin de que sirvan de experiencia. Las historias de caso son fuente importante para investigadores de la restauración que deseen mejorar sus conocimientos en el área.

Evidentemente, las comunidades juegan un papel importante en el monitoreo de la restauración de bosques. Las comunidades están constituidas por personas que comparten un territorio que les surte de recursos, oportunidades y restricciones. Cada comunidad tiene un conjunto de saberes locales, un sentido de pertenencia, distintas condiciones socioeconómicas, nivel educativo, patrones culturales, intereses, modos de organización y un conjunto de valores particulares, que le permiten abordar de manera diferenciada su rol en el seguimiento de los proyectos de restauración. En la Tabla 10 se presenta una síntesis que ejemplifica el posible rol de la comunidad en el Paso a Paso del Monitoreo de la Restauración de Bosque.



**Tabla 10. Rol de las comunidades en el monitoreo de la restauración de bosques.** (Continúa en página siguiente)

Paso a paso del monitoreo de la restauración de bosques	Descripción
Paso 1: Definición de los objetivos de la restauración y el monitoreo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Intercambio de saberes para definir el objetivo de restauración de un ecosistema y el objetivo del monitoreo, considerando las restricciones territoriales y situaciones complejas detectadas por los habitantes del área; así como el alcance de la participación de la comunidad en el monitoreo.</li> </ul>
Paso 2: Definición de la escala espacial y zonificación del área de restauración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Proporcionan información sobre las características de los predios (dimensiones, límites, propietarios, tradición legal), accesibilidad y contactos claves para acceder a las áreas de restauración.</li> <li>. Las comunidades pueden ser capaces de diferenciar su territorio considerando sus propios criterios socioecológicos desde los saberes que tienen del mismo y su interrelación con este espacio geográfico, cuyos enfoques pueden tomarse como elementos de análisis en la zonificación del área de restauración y ser representada bajo el enfoque de cartografía comunitaria participativa.</li> </ul>
Paso 3: Diagnóstico del estado actual del ecosistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. El conocimiento de su entorno le permite aportar información sobre las condiciones actuales del ecosistema y sitios críticos que deben ser monitoreados, principales áreas degradadas, causas y consecuencias de la perturbación del ecosistema y ser representados espacialmente en cartografía.</li> <li>. Identificación de los diferentes actores involucrados en el monitoreo de la restauración.</li> <li>. Participación en la captura directa de datos para el diagnóstico.</li> <li>. Contribuyen con el análisis de la información en base a su conocimiento empírico y los datos obtenidos en terreno.</li> </ul>
Paso 4: Definición del ecosistema de referencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Proporcionan información de los sitios mejor conservados cercanos al área a restaurar, que pueden servir como ecosistemas de referencia.</li> <li>. Plantean la necesidad y justifican socialmente la elección de un ecosistema de referencia en función de la conexión, sentido de pertenencia o dependencia que tenga la comunidad en relación al bosque.</li> <li>. Aportan registros fotográficos o históricos de ecosistemas de referencia desaparecidos por la acción de los agentes perturbadores.</li> <li>. Por tradición oral pueden aportar información relevante sobre los ecosistemas de referencia.</li> </ul>
Paso 5: Selección de metas, criterios, indicadores y cuantificadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Participan en la definición de las metas y la escogencia de los indicadores y cuantificadores viables a medir durante el desarrollo del monitoreo.</li> <li>. Capacitarse para formar parte del equipo de captura de datos del monitoreo en el corto, mediano y largo plazo.</li> </ul>
Paso 6: Diseño y/o ajustes de instrumentos para la captura de información en terreno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Participar en el ajuste y validación de los instrumentos en un lenguaje sencillo y entendible para la captura de datos del monitoreo.</li> <li>. Capacitarse y capacitar a otros miembros de la comunidad en el manejo de los instrumentos para la captura de información en terreno.</li> </ul>
Paso 7: Selección de lugares de muestreo por unidad de actuación y costos asociados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Conocer los criterios básicos para reconocer un muestreo aleatorio, sistemático y estratificado.</li> <li>. Familiarizarse con el tipo de muestreo seleccionado para capturar los datos de terreno.</li> <li>. Reconocer en terreno las características de una unidad homogénea observando la variación de la pendiente y la exposición de las laderas, entre otros criterios socioecológicos.</li> <li>. Calcular los costos básicos en que puede incurrir el monitoreo de la restauración de un bosque (personal, transporte, costos de movilización, alimentación, material de apoyo e instrumentación básica).</li> </ul>
Paso 8: Establecimiento de las plataformas para la toma de datos de acuerdo a la periodicidad establecida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Participar en la selección, identificación, demarcación y codificación de lugares que serán muestreados.</li> <li>. Mantener en buenas condiciones la demarcación de los sitios de muestreo o parcelas de monitoreo permanente establecidas.</li> </ul>

**Tabla 10. Rol de las comunidades en el monitoreo de la restauración de bosques.** (Viene de la página anterior)

Paso a paso del monitoreo de la restauración de bosques	Descripción
Paso 9: Toma de datos, procesamiento y análisis de la información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Orientar a los equipos de trabajo en las rutas de acceso más idóneas hacia las áreas de restauración.</li> <li>. Participar en la captura de datos de terreno y organización primaria de la información en formularios en papel o base de datos digitalizadas.</li> <li>. Analizar la información primaria para detectar problemas y tomar decisiones.</li> </ul>
Paso 10: Diagnóstico del estado del ecosistema posterior a la implementación de acciones de restauración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Comparar la situación actual del ecosistema en relación a la situación inicial mediante la detección de cambios que se han producido en relación a la implementación de acciones de restauración.</li> </ul>
Paso 11: Ajuste de manejo adaptativo de acuerdo a los resultados del monitoreo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Las comunidades serán capaces de detectar problemas que puedan interrumpir la restauración y tomar las decisiones oportunas y pertinentes al caso. También podrán informar al responsable para la implementación de acciones adecuadas.</li> <li>. En las primeras etapas de la restauración participan en chequear la sobrevivencia de los ejemplares, lo cual favorecerá la planificación de los replantes de especies, así como la vitalidad de la plantación para detectar ataque de plagas o animales herbívoros que pueden ser manejados con capturas controladas o establecimiento o reforzamiento de cercos perimetrales, invasión de plantas exóticas o malezas que compitan con el establecimiento de las especies; vigilar el crecimiento, estado fitosanitario y estrés hídrico de las plantas para tomar decisiones respecto a la aplicación de enmiendas, regular la frecuencia de riego, entre otros aspectos que coadyuven a la prosperidad del proyecto de restauración.</li> <li>. Pueden generar recomendaciones para controlar los agentes perturbadores o amenazas que contrarresten el logro de los objetivos y metas planteadas.</li> </ul>
Paso 12: Repetición de la toma de datos, análisis de resultados y comparaciones con los monitoreos previos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Un equipo entrenado de la comunidad podrá capturar los datos de manera permanente y oportuna con la frecuencia establecida para evaluar la trayectoria de la restauración.</li> <li>. Las comunidades pueden emitir sus argumentos en relación a los logros alcanzados en el proyecto o los problemas identificados en los distintos monitoreos.</li> </ul>
Paso 13: Documentación y socialización de las experiencias y las lecciones aprendidas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Participar en la divulgación de los resultados en reuniones locales o en eventos organizados para difundir las lecciones aprendidas de la restauración; así como publicaciones periódicas propias o en medios de comunicación masiva (prensa, radio y TV).</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia





# 5. INDICADORES PARA EL MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES



Las actividades de monitoreo requieren de un conjunto de indicadores que estén estrechamente alineados con los objetivos de gestión a corto, mediano y largo plazo (Dey y Schweitzer 2014, S53).

Para analizar y evaluar si las estrategias empleadas en la restauración están cumpliendo con los objetivos planteados, es necesario desarrollar un sistema de monitoreo con indicadores y cuantificadores sensibles que sea capaz de identificar oportunamente la necesidad de acciones correctivas a través de un manejo adaptativo (Pacto pela Restauração da Mata Atlântica 2013, Murcia, C., & Guariguata, M. R. (2014), Brancalion *et al.*, 2015, McDonald *et al.*, 2016).

**Los indicadores** son características medibles que se emplean para mostrar

cambios o progresos hacia el logro de metas trazadas en un programa de monitoreo, por ejemplo, la densidad de individuos arbóreos; mientras que **los cuantificadores**, son los valores de cada indicador y permiten traducir en unidades específicas los procesos ecosistémicos (Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2013); por ejemplo, para el indicador densidad de individuos arbóreos, el cuantificador sería el número de individuos por área (número de árboles por hectárea). De acuerdo con Noss 1990, Dale y Bayeler, 2001, los indicadores deben ser concordantes con los objetivos y metas de la restauración; sus registros deberán proveer una alerta temprana sobre cualquier situación inesperada y deberán ser capaces de brindar los datos requeridos para una evaluación continua del proceso de restauración, tanto desde la

perspectiva biofísica como del contexto socioeconómico.

El monitoreo es una actividad compleja que implica costos económicos y tiempo para su ejecución. Estos costos y la complejidad pueden minimizarse con la correcta elección de indicadores.

Existe una variedad de indicadores para monitorear cada componente del ecosistema, de allí que surjan preguntas, tales como: ¿Cuántos indicadores se deben seleccionar?, ¿Cuáles son los más adecuados?, entre otras. La respuesta no es sencilla, pero existen criterios que facilitan su elección. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), plantea unos criterios que se pueden evaluar al momento de seleccionar los indicadores (Tabla 11).



© WWF Chile

**Tabla 11. Criterios para selección de indicadores**

Criterios	Preguntas clave	Restricción clave
<b>Recursos</b>		
<b>Facilidad de recopilación de datos</b>	¿Qué tan fácil es recolectar los datos? ¿Cuánto tiempo, esfuerzo, experiencia y tecnología se necesita?	Las restricciones técnicas y logísticas limitan la capacidad para coleccionar datos. Evaluar los desafíos técnicos del indicador ayudará a que los esfuerzos de restauración sean sostenibles en el tiempo.
<b>Asequibilidad de la recopilación de datos</b>	¿Qué recursos financieros se necesitan para recolectar los datos y analizar tendencias?	Los esfuerzos de monitoreo pueden enfrentarse a restricciones financieras. Considerar el costo de recolectar información para los indicadores es importante.
<b>Disponibilidad de los datos</b>	¿Qué tan consistentemente se puede recolectar la información de este indicador?	Aunque la información de algunos indicadores puede ser costosa y fácil de obtener, se pueden presentar restricciones para recopilar datos regularmente. Evaluar la fiabilidad asegurará que los indicadores puedan ser monitoreados constantemente.
<b>Calidad de los datos</b>	¿La información disponible está basada en métodos transparentes y consistentes de recolección?	Los parámetros que se basan en datos simples, económicos o más fáciles de recolectar, frecuentemente son de baja calidad.
<b>Consideraciones</b>		
<b>Tiempo para evidenciar efectos</b>	¿Cuánto tiempo tomará para que los efectos de la restauración sean medibles?	Los efectos pueden ser aparentes en meses o años, lo que restringe la agregación de diferentes parámetros en un indicador compuesto.
<b>Alcance</b>	¿Qué tan exhaustivos son los parámetros al representar los objetivos de restauración deseados?	Algunos parámetros otorgan una visión más amplia del progreso, mientras que otros se enfocan en características particulares. Los interesados en crear un marco de indicadores simplificado querrán parámetros más exhaustivos que permitan usar menos indicadores. Por otro lado, podría haber algunos indicadores muy específicos para monitorear.
<b>Sensibilidad ante las intervenciones de restauración</b>	¿Qué tan sensibles son los indicadores ante las actividades de restauración? ¿El parámetro refleja de forma precisa el progreso?	Los indicadores deben mostrar una respuesta proporcionada al progreso de la restauración. Esto solo aplica a indicadores que miden los resultados de la restauración, no a los que proveen de información sobre la gestión, o el proceso de la restauración.
<b>Facilidad de desagregación</b>	¿Qué tan fácil es desagregar los datos que informan al indicador a partir de diferentes atributos?	Los indicadores que pueden desagregarse (es decir, basados en parámetros diferentes) pueden permitir monitorear cómo la restauración beneficia a diferentes grupos en una comunidad, asegurando que la restauración sea gestionada de forma inclusiva.
<b>Ética de la recolección de datos</b>	¿Qué tan serias son las dificultades éticas para la recolección de información?	Las consideraciones éticas pueden afectar la recolección de información en ciertos contextos.

Fuente: FAO, 2020

# ¿Cuáles indicadores elijo?

Regeneración

Cobertura  
del suelo

Crecimiento  
Vertical

Tasas de  
mortalidad



**Los asistentes al Taller y Consulta a los Actores para la Elaboración de la Guía de Monitoreo de Restauración de Bosques (WWF et al., 2021), acordaron aprobar y sustentar una clasificación del monitoreo de acuerdo a la complejidad para la captura y procesamiento de información:**

**a) Monitoreo Básico:** Es un tipo de monitoreo cuyos datos pueden ser capturados mediante observación visual y mediciones sencillas. Esta información puede estar referida a supervivencia y rasgos morfológicos que se establezcan, estado sanitario, vitalidad, semillación de las especies, regeneración natural, así como algunos indicadores de los suelos referidos a determinar profundidad de raíces, por ejemplo. Es un tipo de monitoreo que puede ser realizado con participación de la comunidad y un profesional que guíe la capacitación.

**b) Monitoreo Intermedio:** Consiste en un tipo de monitoreo cuya adquisición de datos requiere equipos especializados con personal capacitado para este propósito. Adicionalmente, los datos o muestras colectadas deben ser preparadas para análisis en laboratorios específicos. Generalmente, se necesita la participación de un profesional con menos de 5 años de experiencia para el análisis de la información. Dentro de este tipo de análisis se pueden encontrar la instalación de sensores de humedad en el suelo, la apertura de calicatas y tomas de muestra de suelo para procesarlas en laboratorio, la instalación de cámaras para la observación de la fauna, entre otros.

**c) Monitoreo Avanzado:** Comprende la captura y procesamiento de datos que utilizan equipos especializados de alta tecnología, software específico y profesionales de amplia experiencia y conocimientos calificados para la interpretación de la información. Son análisis considerados de alto costo económico, en algunos casos con fines de investigación científica para mejorar protocolos de actuación replicables como política pública a escala nacional.

Estos expertos señalaron que las comunidades juegan un papel muy importante en la captura de información en los distintos tipos de monitoreo, previa capacitación que puede incidir en una captura de datos sistemática en el tiempo y facilitará el procesamiento y análisis de esta información a cargo de un personal especializado para la toma de decisiones.

La variación de las características de los suelos, la vegetación, la fauna, el agua y los procesos ecológicos en general no obedecen a un tiempo específico, es decir, algunos cambios en la vegetación se pueden reflejar en el corto a mediano plazo, mientras que los cambios en las propiedades físicas o químicas del suelo pueden ocurrir a largo plazo. Existen indicadores que obedecen a dinámicas,

algunos monitoreos se deben realizar de manera continua (mensual o bimensual), otros pueden estar vinculados al cambio de estación. La supervivencia, por ejemplo, se podría evaluar una o dos veces al año, dependiendo del proyecto; mientras que el cambio en la altura de las plantas dependerá del ritmo de crecimiento de las especies. De acuerdo a estas aseveraciones, la frecuencia del

monitoreo estará en función del tipo de indicador que se elija y los objetivos de la restauración.

En las tablas 12 a la 16, se muestran una serie de indicadores que se utilizan para el proceso de monitoreo de restauración de bosques.



**Tabla 12. Indicadores para el monitoreo del suelo en la restauración de bosques**

Componente	Indicadores	Cuantificador	Tipo de Monitoreo		
			B	I	A
<b>Físico-químico</b>	Textura del suelo	% arena, % limo y % arcilla	X		
	Densidad aparente	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )		X	
	Profundidad del suelo	Profundidad del suelo (cm)	X		
	Profundidad de las raíces	Profundidad de las raíces (cm)	X		
	Estabilidad de agregados	Estabilidad de agregados (%)		X	
	Infiltración	Velocidad de infiltración (mm/h)		X	
	Humedad del suelo	% de humedad		X	
	Presencia de grietas	Tamaño de grietas (cm)	X		
	Materia orgánica	% de materia orgánica		X	
	Grosor de la capa de hojarascas, horizonte O	Profundidad	X		
	pH	pH (0-14)		X	
	Conductividad eléctrica	Conductividad eléctrica (CE)		X	
	Capacidad de intercambio catiónico	CIC (Cmolc/kg)		X	
	Fertilidad	pH (0-14), % M.O, concentración de Fósforo, N y K		X	
<b>Biológicos</b>	Biomasa microbiana	Biomasa microbiana de carbono mg C/g)			X
	Biodiversidad y composición de la comunidad microbiana (metagenómica)	Número de especies, índices de diversidad, número de secuencias, biomasa de diferentes tipos de organismos y respiración de suelos			X
	Actividad enzimática	Mmol/kg suelo/h o µg/gh para cada tipo de enzima			X
	N potencial mineralizable	µmol N/g o mg N/kg			X
	Respiración del suelo	µmol/m <sup>2</sup> s de CO <sub>2</sub>			X
	Productividad vegetal	Biomasa vegetal (kg/m <sup>2</sup> año)			X
<b>Calidad</b>	Salud del suelo	Densidad y riqueza de fauna			X
	Erosión	Pérdida de suelos ( t.ha-1.año-1)			X
<b>Estabilidad</b>	Permeabilidad y compactación	Tasa de infiltración y percolación			X

Fuente: Elaboración propia basado en: Aguilar y Ramírez, 2015; FAO, 2016; Arshad y Coen 1992; Doran y Parkin 1994; Gregorich et al., 1994; Larson y Pierce 1994; Carter et al., 1997; Karlen et al., 1997; Martin et al., 1998; Arshad y Martin, 2002; Harris, et al., 2006, McKinley et al., 2005; Gros et al., 2006; García et al., 2012. Douterlungne y Ferguson, 2012; I Taller Consulta a los Actores para la Elaboración de la Guía de Monitoreo de Restauración de Bosques (WWF et al., 2021)  
 Tipo de Monitoreo: Básico (B), Intermedio (I), Avanzado (A).

**Tabla 13. Indicadores para el monitoreo del agua en proyectos de restauración de bosques**

Criterio	Indicadores	Cuantificador	Tipo de Monitoreo		
			B	I	A
<b>Calidad</b>	Coliformes fecales	UFC/ml			X
	Nitratos	(ppm)			X
	Turbidez	NTU			X
	pH	0-14		X	
	Fosfatos	mg/l			X
	Sólidos disueltos totales	(S/cm)			X
	Saturación de oxígeno disuelto	mg/l			X
	Conductividad	uS/cm			X
<b>Cantidad</b>	Balance del agua	Caudal y flujo base (m3/seg)			X
<b>Gestión</b>	Prácticas de conservación del recurso	% de personas empleando prácticas de conservación		X	

Fuente: Elaboración propia basado y adaptado de FAO, 2016; Zamora et al., S/F.; WWF et al., 2021  
 Tipo de Monitoreo: Básico (B), Intermedio (I), Avanzado (A).

**Tabla 14. Indicadores para el monitoreo de la fauna en proyectos de restauración de bosques**

Criterio	Indicadores	Cuantificador	Tipo de Monitoreo		
			B	I	A
<b>Composición</b>	Abundancia relativa	Número de individuos	X		
	Presencia	Presencia de especies para el monitoreo, abundancia de huellas, nidos, excrementos. Abundancia y diversidad de fauna dispersora de semillas como aves o mamíferos.	X		
	Riqueza	Nº de especies		X	
<b>Estructura</b>	Estructura poblacional	Tasa de crecimiento poblacional, Nº de individuos de crías de machos y hembras		X	
	Diversidad	Índice de Shannon-Wiener			X
	Homogeneización biótica	Índice de homogeneización biótica			X

Fuente: Elaboración propia basado y adaptado de Aguilar y Ramírez, 2015



**Tabla 15. Indicadores para el monitoreo de la vegetación y procesos ecológicos en la restauración de bosques**

Criterio	Indicadores	Cuantificador	Tipo de Monitoreo		
			B	I	A
<b>Composición</b>	Grupo sucesional	% de individuos para cada grupo establecido, pioneras, secundarias (iniciales, tardías) y climax		X	
	Número de especies	Taxonomía: Familia, Género, Especie	X		
	Índice de riqueza de especies	Riqueza (R)		X	
	Origen	Nativa, exótica, invasora	X		
<b>Estructura</b>	Densidad de individuos	Nº por unidad de área	X		
	Número de estratos arbóreos	Nº de estratos por vegetación y clases de altura	X		
	Desarrollo del tallo	Incremento diamétrico	X		
	Crecimiento Vertical	Incremento de altura (m)	X		
	Ocupación del espacio	Incremento en cobertura de la copa (m)	X		
<b>Función</b>	Índice de adelanto floral	Maduración fenológica		X	
	Estado fitosanitario	Síntomas sanitarios o afecciones físicas	X		
<b>Composición y estructura</b>	Cobertura del suelo (pastos, hierbas, hojarascas)	% cobertura del suelo por sustratos/m2	X		
	Índice de riqueza específica	Shannon – Wiener (H,) Pielou (J,)		X	
	Índice de diversidad y abundancia proporcional (equidad)	Simpson (D)		X	
	Índice de disimilaridad	Bray Curtis (Djk)		X	
	Índice de Valor de Importancia de las especies	IVI relativo (abundancia, frecuencia y dominancia relativa)		X	
	Índice de Predominio Fisiónómico	IPF (Área basal relativa, cobertura relativa, densidad relativa)		X	
<b>Estructura</b>	Índice de densidad	Individuos por área	X		
	Tasas de mortalidad y reclutamiento	TM , TR	X		
	Relación del desarrollo del tallo	ICA (diámetro)	X		
	Relación de crecimiento vertical	ICA (altura)	X		
	Factor de ocupación del espacio	ICA (cobertura)	X		
<b>Estructura-función</b>	Indicador de adaptación de la vegetación	Grado medio de síntomas sanitarios (GM), Incidencia (INC) Intensidad o severidad (I)		X	
<b>Composición-función</b>	Valor de existencia	Nativa - introducida		X	
<b>Procesos ecológicos</b>	Regeneración	Índice de regeneración (% Reg)	X		
	Dispersión de semillas	Índice de diversidad de semillas ingeridas por especie de Shannon-Weaver, 1949.	X		
	Polinización	Índice de eficiencia reproductiva, potencial de producción de polen por flor, cantidad de polen por flor.		X	
	Reclutamiento	Tasa anual de reclutamiento (%)		X	
	Diversidad funcional	Índice de Media Comunitaria Ponderada (CWN), Índice de Divergencia Funcional (fDvg)			X

Fuente: Elaboración propia basado en: Aguilar y Ramírez, 2015; FAO, 2016; Clifford y Taylor, 2008; Moreno, 2001; Ramírez, 1999; Ochoa, 2005; Rangel y Velásquez, 1997; Swaine y Lieberman, 1987; Phillips et al., 1994; Condit et al., 1995; Contreras, 1998; Parra et al., 1999; Couto y Valverde, 2007; Quirós y Scorza, 2011; Casanoves et al., 2011.  
 Tipo de Monitoreo: Básico (B), Intermedio (I), Avanzado (A).

## 5. INDICADORES PARA EL MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN DE BOSQUES

**Tabla 16. Monitoreo de indicadores socioeconómicos en proyectos de restauración de bosques**

Criterio	Indicadores	Cuantificador	Tipo de Monitoreo		
			B	I	A
<b>Participación colaborativa</b>	Personas involucradas o representadas en los proyectos de restauración	Nº de individuos y grupos de beneficiarios o involucrados en el proyecto. Beneficiarios involucrados en el diseño, implementación y monitoreo del proyecto	X		
<b>Sostenibilidad comunitaria</b>	Generación de oportunidades de negocio	Nº de empresas creadas a través del proyecto	X		
<b>Impactos y resultados económicos</b>	Generación de empleo	Nº de miembros de la comunidad empleados, Nº de jornales o empleos generados en el proyecto	X		
<b>Apoyo a la restauración</b>	Compromiso de la comunidad local con el monitoreo	Nº de personas que participan voluntariamente en el monitoreo	X		
		Nº de mingas comunitarias para la implementación de la restauración	X		
		Número de compromisos socioambientales realizados	X		
<b>Fortalecimiento de capacidades locales</b>	Participación de los jóvenes en el logro de los objetivos del proyecto, oportunidades de entrenamiento	Nº de jóvenes que participan en el proyecto, Nº de trabajadores y miembros de las comunidades entrenados	X		
		Participación comunitaria	Nº de personas por grupo etario que participan.	X	
	Nº de trabajadores y miembros de la comunidad entrenados		X		
	Nº de actores sociales que participan		X		
	Nº de personas que cambian su modo de generación de ingresos gracias a las capacitaciones	X			
Nº de personas o de grupos en capacidad de asesorar a otras comunidades para realizar restauración ecológica	X				
<b>Calidad de vida</b>	Oferta laboral	Nº de personas de la comunidad local contratadas	X		
<b>Servicio de regulación y provisión de agua</b>	Disponibilidad de agua	Nº de beneficiarios que reciben agua potable	X		
		Caudal disponible a lo largo del año	X		
<b>Ingresos económicos</b>	Ingresos percibidos	Rendimientos e ingresos provenientes del pago de servicios ambientales, actividades ecoturísticas o de la venta de productos cultivados en la parcela restaurada (en caso de la reconversión productiva)	X		

Fuente: Elaboración propia basado en: Egan y Estrada, 2013; Aguilar Garavito M. y W. Ramírez, 2015; Douterlungne y Ferguson, 2012; Duarte et al., 2017. Tipo de Monitoreo: Básico (B), Intermedio (I), Avanzado (A).

## 6. COSTOS ASOCIADOS AL MONITOREO DE LOS PROYECTOS DE RESTAURACIÓN



La planificación de la restauración de un bosque deberá tener implícito dentro del presupuesto los costos del monitoreo en el corto, mediano y largo plazo.

Dada la extensión de los plazos, constituye una incertidumbre definir un presupuesto específico para el monitoreo que cubra toda la duración de un proyecto de restauración (Cheng y Sturtevant 2012). “El financiamiento de la restauración debe incluir no solo los costos de la implementación sobre el terreno sino también la transferencia del conocimiento necesario para guiar la acción efectiva y la gestión adaptativa” (Chazdon *et al.*, 2015, 7).

El monitoreo participativo puede ser una manera económica de implementar un sistema de monitoreo en varios sitios y a diferentes escalas espaciales debido a los menores costos de mano de obra y

### Principales costos del monitoreo

Los costos variarán dependiendo de la localización geográfica del proyecto, los indicadores seleccionados, el equipamiento básico y/o especializado, el personal empleado (técnicos, profesionales y no profesionales, jornales o personal de apoyo), la capacitación del personal y el tiempo necesario tanto para la captura como para el procesamiento y análisis de la información. El personal de apoyo y permanente puede estar conformado por miembros de la comunidad previamente capacitados.

transporte, en comparación con el costo de monitores con capacitación profesional (Danielsen *et al.*, 2011; Pratihast *et al.*, 2014).

Generalmente los costos son siempre más altos durante el primer año; y disminuyen a medida que se reduce la necesidad de capacitación y se distancia la frecuencia de seguimiento. El monitoreo puede ahorrar dinero en el largo plazo, si se descubren los problemas desde el principio y se

toman las medidas correctivas. Esto se ha demostrado repetidamente en proyectos de restauración (Holl y Cairns 2002). En varios programas un porcentaje del financiamiento del proyecto está dedicado al monitoreo colaborativo, debido a las ventajas que se pueden obtener del mismo.

Los costos referenciales a tenerse en consideración en un monitoreo de restauración se describen en la Tabla 17.



© Nedo Equilibrio Films/ WWF Chile

**Tabla 17. Costos básicos referenciales en la planificación de un monitoreo de restauración de bosques**

<b>Personal</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Costo (\$)</b>
Profesional con menos y más de 5 años de experiencia	Horas/Hombre	7.000-15.000
Profesional especializado	Horas/Hombre	30.000
Técnico	Horas/Hombre	5.500
Jornal o Apoyo técnico de terreno	Horas/Hombre	3.500
<b>Equipamiento básico</b>		
GPS, distanciómetro, clinómetro		298.000
Brújula, forcípula, huincha, pie de metro		200.000
Herramientas básicas: Picos, palas, carretilla.		
<b>Capacitación</b>		
Talleres teórico-prácticos	Horas/Hombre	7.000
Material de apoyo		-
<b>Transporte</b>		
Arriendo de auto-camioneta	Día	25.000-75.000
<b>Servicio de Laboratorio</b>		
<b>SUELOS</b>		
<b>Análisis de Suelos</b>		
pH, C.Eléctrica, materia orgánica, N-P-K disponibles, micronutrientes disponibles (Fe-Mn-Zn-Cu-B)	Muestra	37.000
<b>Fertilidad</b>		
pH, C.Eléctrica, materia orgánica, N-P-K disponibles, cationes intercambiables (Ca-Mg-K-Na), CIC, micronutrientes disponibles (Fe-Mn-Zn-Cu-B), textura (con separación arena gruesa y fina), retención de humedad a 0,33 y 15 bar (CC y PMP), densidad aparente, densidad real, porosidad total, macroporosidad, microporosidad	Muestra	71.000
<b>Salinidad Completa</b>		
Salinidad: pHe, C.Eléctrica, RAS, PSI (calculada), % Saturación (retención de agua en la pasta), cationes (Ca-Mg-K-Na), aniones (Cl-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> ) solubles	Muestra	29.000
Carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) totales, Caliza (CaCO <sub>3</sub> ) activa	Muestra	15.000
<b>Físicos Agrupados</b>		
Textura (arena, limo, arcilla, clase textural)	Muestra	10.000
Textura, densidad aparente, retención de humedad a 0,33 y 15 bar (CC y PMP)	Muestra	26.000
<b>ANÁLISIS DE AGUA</b>		
<b>Análisis físico-químico</b>		
pH, C. Eléctrica, RAS, Na%, Cationes (Ca-Mg-K-Na), Aniones (Cl-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> )	Muestra	21.000
pH, C. Eléctrica, RAS, Na%, Cationes (Ca-Mg-K-Na), Aniones (Cl-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> ), N-Nítrico (NNO <sub>3</sub> ), N-Amónico (NNH <sub>4</sub> ), Fósforo (P), Micronutrientes (Fe-Mn-Zn-Cu), Boro (B), Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb).	Muestra	70.000

(Continúa en página siguiente)

(Viene de la página siguiente)

**Tabla 17. Costos básicos referenciales en la planificación de un monitoreo de restauración de bosques**

Personal	Unidad de Medida	Costo (\$)
<b>Análisis bacteriológico</b>		
Coliformes totales y fecales, Escherichia coli (UFC)	Muestra	52.000
Coliformes totales y fecales, Escherichia coli, Salmonella	Muestra	64.000
<b>Análisis metales</b>		
Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb)	Muestra	28.000
Aluminio (Al), Arsénico (As), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) - Molibdeno (Mo), Plomo (Pb)	Muestra	55.000
Al – As – Ba – Be – Cd – CN – Co- Cr – F – Li – Hg – Mo – Ni – Ag- Pb – Se – V Totales	Muestra	160.000
Titulación de pH con ácidos	Muestra	10.000
<b>Físicos</b>		
Materia orgánica	Muestra	7.000
Separación de partículas por tamices: 1,0 – 0,50 – 0,25 – 0,10 – 0,05 mm		11.000
Sólidos suspendidos (material retenido por filtro con poro igual o menor a 2 micrones)	Muestra	4.000
Sólidos sedimentables (material suspendido que sedimenta en una hora en un cono imhoff)	Muestra	10.000
<b>ANÁLISIS FITOLÓGICO</b>		
Análisis diagnóstico fitopatológico (hongos y bacterias)	Muestra	55.000
Análisis resistencia	Muestra	500.000
Detección precoz	Muestra	45.000
Análisis de recuento de colonias en suelos	Muestra	50.000
Diagnóstico de virus por ELISA	Muestra	15.000
Diagnóstico de virus por PCR	Muestra	20.000
Diagnóstico de hongos	Muestra	30.000
Diagnóstico de bacterias	Muestra	30.000
Recuento de bacterias en tejido vegetal	Muestra	21.000
Presencia o ausencia de hongos y bacterias en el suelo	Muestra	39.000

Fuente: Elaboración propia. Agrolab, 2021.

En las Tablas 18, 19 y 20, se ejemplifican los costos de proyectos de restauración con los costos de monitoreos que implicó el tipo de proyecto.

**Tabla 18. Costos totales (\$/ha) de las medidas requeridas en un proyecto de restauración de un bosque esclerófilo en sectores cordilleranos de Santiago de Chile.**

Bosque esclerófilo						
<b>Medidas pasivas</b>						
1. Cercos	125.393	100.314	100.314	100.314	100.314	
2.- Seguridad	150.471	150.471	150.471	150.471	150.471	
3. Control de incendios	50.157	50.157	50.157	50.157	50.157	
Medidas activas						
Biológicas						
4. Preparación del sitio	0	31.348	62.696	125.393	150.471	
5. Plantación año 1	0	470.222	940.444	1.880.888	2.257.066	
6. Plantación año 2	0	282.133	564.266	1.128.533	1.354.240	
7. Plantación año 3	0	188.089	376.178	752.355	902.826	
8. Riego	0	752.355	1.504.711	3.009.421	3.009.421	
Físicas						
9. Reperfilamiento	0	0	0	250.785	501.570	
10. Empalizadas	0	0	0	2.507.851	5.015.702	
11. Diques de contención	0	0	0	1.880.888	3.761.776	
<b>Monitoreo y control</b>	<b>376.178</b>	<b>376.178</b>	<b>376.178</b>	<b>376.178</b>	<b>376.178</b>	<b>Típico</b>
<b>Costos (CLP/ha)</b>	<b>701.634</b>	<b>2.407.537</b>	<b>4.137.954</b>	<b>12.213.234</b>	<b>17.630.193</b>	
<b>% de costos en actividades de monitoreo, con respecto al total de restauración</b>	<b>53,5</b>	<b>15,5</b>	<b>9,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,1</b>	
	<b>501.570</b>	<b>1.805.653</b>	<b>3.084.657</b>	<b>9.153.656</b>	<b>13.216.375</b>	<b>Bajo</b>
	<b>852.669</b>	<b>3.009.421</b>	<b>5.166.173</b>	<b>15.272.813</b>	<b>22.044.010</b>	<b>Alto</b>
<b>Nivel bajo: los costos se reducen en zonas ubicadas cerca de caminos (&lt;200 m) y pendientes bajas (&lt; 20%); costos altos en zonas ubicadas a distancias (&gt; 500 m) con pendientes (&gt;40°); costos altos 25 % superior a los típicos y bajos 25% inferior.</b>						

Fuente: Modificado de Quezada y Bown, 2015. Valores actualizados de UF 2015 a pesos chilenos 2021.



**Tabla 19. Costos de materiales a utilizar para llevar a cabo el plan de restauración**

<b>Materiales</b>	<b>Costo Estado 1 (CLP/ha)</b>	<b>Costo Estado 2 (CLP/ha)</b>	<b>Costo Estado 3 (CLP/ha)</b>
<b>Materiales de construcción</b>			
Insumos (herramientas)	135.902	135.902	135.902
Protecciones	78.405	209.079	365.889
Cercado	300.551	300.551	300.551
<b>Plantación inicial</b>	26.135	164.650	4.442.935
<b>Trabajos Plantación segundo año</b>	0	7.840	5.227
<b>Trabajos Plantación tercer año</b>	0	5.227	2.613
<b>Materiales reparación</b>	209.079	209.079	209.079
<b>Mano de obra</b>			
Cercado	120.221	120.221	120.221
Plantaciones	120.221	1.176.071	3.104.827
<b>Monitoreo</b>	<b>1.429.580</b>	<b>1.429.580</b>	<b>1.429.580</b>
<b>% Costos de monitoreo, respecto al total del proyecto</b>	<b>59</b>	<b>38</b>	<b>14</b>
<b>Total</b>	<b>2.420.093</b>	<b>3.758.200</b>	<b>10.116.824</b>
<p><b>Niveles de degradación: Estado 1: bien conservado, sitios en los que se puede apreciar alta diversidad de especies, presencia de especies leñosas y suelo con alto porcentaje de cubierta vegetal. Este estado será la imagen objetivo para la propuesta de restauración; Estado 2: estado moderadamente degradado, sitios en los que se puede apreciar menor diversidad de especies, presencia mayoritaria de especies herbáceas y arbustivas, y superficie con mayor porcentaje de suelo desnudo; Estado 3: estado altamente degradado, baja diversidad de especies y superficie de suelo mayoritariamente desnuda.</b></p>			

Fuente: Modificado de Cornejo, 2016. Valores actualizados de UF 2016 a pesos chilenos 2021.



**Tabla 20 Presupuesto del Plan de Restauración Ecológica del Parque Nacional Torres del Paine**

Objetivo Específico	Actividad	Costo Anual (Miles de \$)					Total Actividad
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
<b>Cartografía</b>	Reconstrucción de ecosistemas originales	7.000	0	0	0	0	7.000
	Levantamiento de información base de flora	4.500	0	0	0	0	4.500
	Procesamiento de información cartográfica (imágenes y fotografías aéreas)	4.000	0	0	0	0	4.000
	Generación de mapas temáticos y cruce de mapas (ecosistemas vs. severidad incendios)	2.000	0	0	0	0	2.000
	Identificación de áreas prioritarias para restauración, reparación y rehabilitación	1.500	1.500	0	0	0	3.000
<b>Producción de plantas</b>	Construcción e implementación de invernaderos (capacidad 200.000 plantas)	126.500	0	0	16.000	0	142.500
	Operación viveros (producción 200.000 plantas/año)	60.690	60.690	60.690	60.690	60.690	303.450
	Plantación (200.000 plantas/año)	213.520	213.520	213.520	213.520	213.520	1.067.600
<b>Estudios de restauración por ecosistemas</b>	Bosques de lenga (1.700 ha quemadas). Estudio abarcaría una superficie de:	139.000	86.500	88.500	88.500	3.500	406.000
	Matorrales de N. antártica (5.000 ha quemadas). Estudio abarcaría una superficie de:	13.000	86.500	88.500	88.500	3.500	397.000
	Estepa (10.000 ha quemadas). Estudio abarcaría una superficie de:	10.000	1.000	1.000	1.000	1.000	14.000
	Estudios de diversidad genética	20.000	20.000	20.000	0	0	60.000
<b>Evaluación de técnicas de restauración</b>	Evaluación de época de plantación, hojarasca y fertilización	27.000	2.000	2.000	2.000	2.000	35.000
	Efecto de la herbivoría en la regeneración	0	1.000	1.000	1.000	1.000	4.000
	Investigación en producción de plantas	0	7.500	7.500	0	0	15.000
<b>Monitoreo</b>	Estudios de degradación de suelos	10.000	0	0	0	0	10.000
	Desarrollo de protocolos de producción de herbáceas	10.000	6.000	2.000	2.000	2.000	22.000
	Monitoreo y evaluación de la dinámica de ecosistemas post-incendio	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	30.000
	Monitoreo y evaluación de fauna post-incendio	16.000	10.000	10.000	10.000	10.000	56.000
	Monitoreo y evaluación de la dinámica de ambientes no afectados por incendio	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	20.000
	Monitoreo y dinámica de servicios ecosistémicos hídricos	30.000	6.000	6.000	6.000	6.000	54.000
<b>Educación</b>	Planificación	35.000	0	0	0	0	35.000
	Implementación	0	19.000	19.000	19.000	19.000	76.000
	Evaluación	0	0	5.000	0	11.000	16.000
<b>Costos en actividades monitoreo</b>		111.000	51.000	52.000	47.000	58.000	319.000

(Continúa en página siguiente)

(Viene de la página anterior)

**Tabla 20 Presupuesto del Plan de Restauración Ecológica del Parque Nacional Torres del Paine**

Objetivo Específico	Actividad	Costo Anual (Miles de \$)					Total Actividad
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
<b>% de costos de monitoreo, respecto al total del proyecto</b>		13	8	8	8	14	10
<b>Gastos de Dirección y Administración</b>	Director Ejecutivo	68.400	68.400	68.400	68.400	68.400	342.000
	Contador						
	Secretaria						
	Técnico Base Datos						
	Relaciones Públicas y Comunicaciones						
<b>Comité Científico</b>	10 Personas x 3 reuniones/año	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	75.000

Fuente: Modificado de MMA, 2012.

# 7. ANEXOS

## Anexo 1. Ficha técnica general

DATOS DEL PREDIO	
Nombre del predio	
Dirección del predio	
Localidad, comuna, región	
N° Rol SII	
Conservador de Bienes Raíces	
Fecha de inscripción	
N° de Fojas	
DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre del propietario	
Rut	
Correo electrónico	
Teléfono	
ENCARGADO O ADMINISTRADOR DEL PREDIO	
Nombre del encargado	
Rut	
Correo electrónico	
Teléfono	

(Continúa en página siguiente)

(Viene de la página anterior)

<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PREDIO (REFERENCIAL)</b>			
<b>N° Punto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Coordenadas geográficas (UTM)</b>	
		<b>Este</b>	<b>Norte</b>
<b>1</b>	Portón de acceso al predio		
<b>2</b>	Vivienda o edificación principal		
<b>3</b>	Punto acceso área restauración		
<b>4</b>	Otros hitos importantes		
<b>ENCARGADO DEL MONITOREO DE RESTAURACIÓN</b>			
<b>Nombre del encargado</b>			
<b>Rut</b>			
<b>Correo electrónico</b>			
<b>Teléfono</b>			
<b>DATOS DEL MONITOREO</b>			
<b>Superficie de restauración (ha)</b>			
<b>Objetivo de la restauración</b>			
<b>Año de inicio restauración</b>			
<b>Línea base</b>	<b>Fecha:</b>		
<b>Monitoreo 1</b>	<b>Fecha:</b>		
<b>Monitoreo 2</b>	<b>Fecha:</b>		
<b>Monitoreo 3</b>	<b>Fecha:</b>		
<b>Monitoreo n</b>	<b>Fecha:</b>		

(Continúa en página siguiente)

(Viene de la página anterior)

<b>CONDICIONES GENERALES DEL ENTORNO</b>	
<b>UBICACIÓN EN LA RED HIDROGRÁFICA NACIONAL</b>	
<b>Cuenca hidrográfica</b>	
<b>Subcuenca</b>	
<b>Subsubcuenca</b>	
<b>Río o quebrada principal</b>	
<b>INFORMACIÓN CLIMÁTICA</b>	
<b>Clasificación climática:</b>	
<b>Estación meteorológica (EM) más cercana</b>	
<b>Coordenadas geográficas de ubicación de la EM.</b>	
<b>Altitud de la EM</b>	
<b>Periodo de registro</b>	
<b>Temperatura media anual</b>	
<b>Precipitación media anual</b>	
<b>Periodo de heladas</b>	
<b>Periodo de sequía</b>	

(Continúa en página siguiente)



(Viene de la página anterior)

<b>INFORMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DE LOS SUELOS (CUS)</b>	
<b>CUS</b>	<b>Superficie (ha)</b>
I	
II	
III	
IV	
V	
VI	
VI	
VIII	
<b>USOS DEL SUELO</b>	
<b>Fecha:</b>	
<b>Tipo de Uso</b>	<b>Superficie (ha)</b>
Áreas urbanas	
Áreas industriales	
Áreas agrícolas	
Praderas	
Plantaciones forestales	
Bosques	
Matorrales	
Áreas desprovistas de vegetación	

Fuente: Elaboración propia. Modificado de Tacón, *et al.*, 2004

**Anexo 2: Ficha técnica para el monitoreo de la flora y vegetación**

DATOS PARCELA FORESTAL	
Coordenadas	
Este	Norte
Altitud	Exposición

ESTADO DESARROLLO	Desde	Hasta
Regeneración		
Brinzal		
Repoblado		
Monte bravo bajo		
Monte bravo alto		
Latizal bajo		
Latizal alto		
Fustal joven		
Fustal		
Sobremaduro		

DAÑOS		ATAQUE	
Tr. con curvaturas		Ganado	
Tr. perforados		Hongos	
Resina en troncos		Barrenadores	
Orejas de palo		Insectos	
Follaje seco		Vegetación	
Fuste amarillento		Animales infer.	
Defoliación		Fact. abióticos	
Muerte apical		Floreo	

PENDIENTE (%)	
<30	
30-45	
45-60	
>60	

<b>PROYECTO:</b>	
<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Parcela</b>

(Continúa en página siguiente)

(Viene de la página anterior)

N° Ejemplar	Especie	CLASE DIAMÉTRICA (NÚMERO DE VÁSTAGOS POR EJEMPLAR)										Altura (cm)	DIÁMETRO DE COPA	
		0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-55	56-60		1	2
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
n														

(Continúa en página siguiente)

(Viene de la página anterior)

HÁBITO DE CRECIMIENTO (EJEMPLAR)								
N° Ejemplar	Vitalidad	Arbóreo	Arbustivo	Plurifustal	Monofustal	Herbáceo	Camefitizado	Otro
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
n								

Vitalidad. (0) Muerto, (1) Vulnerable, (2) Regular, (3) Óptimo.  
Fuente: Biocys, 2020b

**Anexo 3: Ficha técnica para el monitoreo de la fauna  
Monitoreo de la presencia de fauna mediante observación**

Tipo de muestreo:							
Código de parcela o transecto:							
Fecha:							
Hora de inicio:							
Hora de finalización:							
Punto de observación	Coordenadas		Especie				
	Norte	Este	Nombre común	Nombre científico	Distribución	Hábitat característico	Hábitat característico
1							
2							
3							
n							

Fuente: Modificado de Tacón, et al., 2004

**Monitoreo de la presencia de fauna mediante el registro de huellas y excrementos**

Tipo de muestreo:										
Código de parcela o transecto:										
Fecha:										
Hora de inicio:										
Hora de finalización:										
Punto de observación	Coordenadas		Especie		Huellas			Excrementos		
	Norte	Este	Nombre común	Nombre científico	Largo (cm)	Ancho (cm)	Huella Del. o Trasera	Largo (cm)	Ancho (cm)	Diámetro máximo (mm)
1										
2										
3										
n										

Fuente: Elaboración propia en base a Tacón, et al., 2004; MINAM, 2015

**Monitoreo de aves mediante conteo**

Tipo de muestreo:							
Código de parcela o transecto:							
Fecha:							
Hora de inicio:							
Hora de finalización:							
Temporada:							
Punto de observación	Coordenadas		Especie		Tipo de registro		Número de individuos
	Norte	Este	Nombre común	Nombre científico	Visual	Auditivo	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
n							

Fuente: Elaboración propia en base a Tacón, et al., 2004; MINAM, 2015



### Anexo 4: Ficha técnica para el monitoreo de los suelos

<b>Código del perfil de Suelo:</b>		Estado de descripción:		Fecha:	Descrita por:
<b>Coordenadas (UTM):</b>					
<b>Localidad:</b>		Comuna:	Provincia:	Región:	Altitud:
Estado del tiempo:		Condiciones climáticas de los días anteriores:			Precipitación:
Temperatura:		Meses secos:	Régimen de humedad del suelo:		
Geoforma principal:					Posición de la pendiente:
Pendiente (%):		Orientación de la ladera:			
Uso de la tierra:		Tipo de cultivo:			
		Tipo de vegetación:			
Material parental:					
Presencia de afloramientos rocosos:		Distancia de los afloramientos:			
Porcentaje de fragmentos gruesos superficiales:		Clases de tamaño:			
<b>Erosión:</b>		<b>Grado de erosión:</b>			
( )Laminar		( )Sin erosión; ( )Ligera; ( )Moderada; ( )Severa;			
( )Surcos: ( )Ancho; ( )Largo; ( )Profundidad		( )Muy severa; ( )No aparente			
( )Cárcavas: ( )Ancho; ( )Largo;					
( )Profundidad					
Periodo de actividad:		Encostramiento:		Grosor:	Forma de la pendiente:
Consistencia del encostramiento:		Grietas superficiales:		Ancho:	
Distancia:		Profundidad:			
Presencia de sal:		Porcentaje de cobertura:		Espesor (mm):	
Fragmentos rocosos y artefactos:		Porcentaje:			
		Clasificación:		Forma:	
		Clasificación de intemperización:			
		Naturaleza:			
		Drenaje interno:		Drenaje Externo:	
		Clase de drenaje:			
		Agua superficial:		Mesa de agua:	
		Estacional:		Permanente:	
		Inundación:		Encharcamiento:	
<p>Posición en terrenos ondulados a montañosos: CR = Cresta (cumbre); UP = Pendiente alta (hombro); MS = Pendiente media (espalda de ladera); LS = Pendiente baja (pie de pendiente); TS = Punta de pendiente o ladera; BO = Base (plano). Posición en terrenos planos a casi planos: HI = Parte alta (subida); IN = Parte intermedia; LO = Parte baja (y depresión); BO = Base (línea de drenaje).</p>					
<p>Forma de pendiente: S: S plano; C cóncavo; V convexo; T terracedo; X complejo (irregular)</p>					

## Anexo 5: Ficha técnica para el monitoreo de los aspectos socioeconómicos

<b>Nombre del proyecto de restauración de bosques</b>			
<b>Localidad</b>			
<b>Comuna, provincia, región del proyecto</b>			
<b>Comunidades involucradas</b>			
<b>Comunas involucradas en el proyecto</b>			
<b>Fecha del monitoreo</b>			
<b>Número de monitoreos anteriores</b>			
<b>Participación colaborativa</b>			
Número de personas de la comunidad que participan en el diseño o planificación del monitoreo	Número de organizaciones que participan en el monitoreo		Número de beneficiarios involucrados la implementación del monitoreo
Nombre de las organizaciones que participan en el monitoreo			
<b>Sostenibilidad comunitaria</b>			
Número de empresas creadas a través del proyecto de restauración		Número de empresas que prestan servicios al proyecto de restauración	Tipo de servicios: ( ) Alojamiento; ( ) Transporte; ( ) Alimentación; Otro:
<b>Impactos y resultados económicos</b>			
Número de miembros de la comunidad empleados		Número de miembros de la comunidad contratados como jornales	Número de empleos indirectos
<b>Apoyo a la restauración</b>			
Número de personas que participan voluntariamente en el monitoreo		Número de mingas comunitarias para la implementación de la restauración	Número de compromisos socioambientales realizados
<b>Fortalecimiento de las capacidades locales</b>			
Número de personas por grupo etario que participan		Número de trabajadores y miembros de la comunidad capacitados	Número de actores sociales que participan
Número de personas que cambian su modo de generación de ingresos gracias a las capacitaciones		Número de personas o de grupos en capacidad de asesorar a otras comunidades para realizar restauración ecológica	Otro:
<b>Calidad de vida</b>			
Nº de beneficiarios que reciben agua potable		Caudal disponible a lo largo del año	Rendimientos e ingresos provenientes del pago de servicios ambientales, actividades ecoturísticas o de la venta de productos cultivados en la parcela restaurada (en caso de la reconversión productiva).
Fuente: Elaboración propia basado en: Egan y Estrada, 2013; Aguilar Garavito M. y W. Ramírez, 2015; Douterlungne y Ferguson, 2012; Duarte <i>et al.</i> , 2017.			



## 8. GLOSARIO

**Atributo:** Característica o cualidad.

**Biomasa:** Peso total de todos los microorganismos en un medio ambiente particular.

**Capacidad de intercambio catiónico:** suma total de cationes intercambiables que un suelo puede adsorber, se expresa en centimoles de carga positiva por Kg. (cmol/kg).

**Componente biótico:** Organismos vivos de un ecosistema (flora y fauna).

**Componente abiótico:** Componentes físicos o químicos sin vida del medio ambiente.

**Conductividad eléctrica:** Propiedad de un medio de transmitir corriente eléctrica.

**Cuantificador:** elemento que denota cantidad, medida.

**Ecosistema:** Unidad ecológica que comprende el conjunto complejo y dinámico de seres vivos que viven en un área determinada, los factores que lo caracterizan y las relaciones que se establecen entre los seres vivos y entre éstos y su ambiente.

**Escala:** Relación entre la distancia medida sobre una carta y la distancia en terreno.

**Estrato arbustivo:** Porción de masa vegetal de una comunidad contenida dentro de un límite de altura determinado.

**Especies exóticas:** Aquella cuyo lugar de origen no es el lugar o la zona ecológica en la que se encuentra, sino que fue introducida por factores fortuitos o intencionales.

**Factores de disturbio:** Estímulos externos que pueden degradar sistemas naturales.

**Flujos de energía:** Proceso que alimenta el ciclo bioquímico o de los nutrientes, a través de los sistemas vivientes en los ecosistemas.

**Fragmentación del hábitat:** Trastorno de un hábitat extenso al ser segmentado en pequeñas zonas aisladas.

**Geomorfología:** Ciencia que estudia las formas de la tierra y sus procesos.

**Gestión adaptativa:** Forma de manejo que considera el diseño de una estrategia, su implementación, monitoreo de resultados y adaptación de la estrategia para lograr un aprendizaje hacia un mejor resultado.

**Hábitat:** Sitio de condiciones apropiadas para que viva una especie animal o vegetal.

**Indicador:** Parámetro que suministra una medida de la magnitud de un fenómeno.

**Indicador ambiental:** Medida de factores o especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema biofísico o socioeconómico.

**Índice:** Relación numérica entre dos grados o medidas.

**Índices de diversidad numérica de Shannon-Weiner:** Expresión de la medida de la información que aporta un sistema. Se obtiene mediante la fórmula de Shannon-Weiner:  $H' = -\sum p_i \log_2 p_i$ ; donde  $p_i = n_i/N$  (proporción de individuos);  $n_i$  = número de individuos de una especie en una colecta, y  $N$  = total de individuos de todas las especies en la colecta.

**Índice de diversidad y abundancia Simpson:** Medida de la diversidad de una población determinada que está presentes en ambas.

**Índice de disimilaridad de Bray Curtis:** Medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie presente.

**Índice de Valor e Importancia de especies (IVI):** Define cuales especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema, se obtiene mediante la siguiente ecuación:  $IVI = Ai\% + Fi\% + Di\%$  donde  $Ai$  = abundancia relativa;  $Fi$  = frecuencia relativa;  $Di$  = dominancia relativa.

**Índice de Predominio Fisionómico (IPF):** Mide el predominio fisionómico, se expresa a través de la siguiente ecuación:  $IPF = \text{Dominancia relativa (\%)} + \text{Densidad relativa (\%)} + \text{cobertura relativa (\%)} \text{ por estrato.}$

**Índice de riqueza:** Mide la riqueza de especies y estructura de una población.

**Índice CHAO 2:** Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies únicas y el número de especies duplicadas.

**Índice de Jackknife 2:** Considera el número de especies que solamente ocurren en una muestra, además de las que ocurren solamente en dos muestras.

**Infiltración:** Proceso por el cual el agua penetra en el suelo desde la superficie.

**Monitoreo:** Proceso de recolección y análisis de datos para evaluar el progreso de una actividad o proyecto.

**Monitoreo ecológico:** Conjunto de procedimientos tendientes a describir las características de un área silvestre y a evaluar sistemáticamente las condiciones pasadas y actuales de los ecosistemas; en base a esto, se procederá a desarrollar estrategias para el manejo adecuado de dicha área.

**Muestreo:** Procedimiento por el cual se extrae una muestra de una población de individuos para describir al conjunto de la población.

**Muestreo aleatorio simple:** Método que permite seleccionar  $n$  unidades muestrales entre  $N$  posibles unidades, de tal forma que cada una de las posibles combinaciones de selección tenga todas las mismas probabilidades de ser elegida.

**Muestreo estratificado:** En el muestreo estratificado, la población de las unidades muestrales se subdividen en grupos o estratos antes de seleccionar la muestra. Estos estratos pueden contener un número igual o diferente de unidades muestrales.

**Muestreo sistemático:** Tipo de muestreo donde solo es elegido al azar el primer elemento de la muestra. A partir de este primer elemento se escogen los demás componentes de la muestra según un intervalo uniforme definido. Es un método muy utilizado, en el que se elige una muestra a intervalos regulares, dentro de la población.

**Permeabilidad:** Propiedad del suelo que expresa la facilidad con la cual líquidos o gases, u otras sustancias, fluyen a través de él.

**Resiliencia:** Atributo de los ecosistemas, relacionado con la capacidad de amortiguamiento ante presiones del medio ambiente, o sea, su resistencia al cambio.

**Rehabilitación ecológica:** Restitución de la función ecológica original del ecosistema.

**Servicios ambientales:** Beneficios derivados de la diversidad biológica, en especial aquellos que brindan los bosques, los ecosistemas y en menor medida, plantaciones forestales.

**Sucesión:** Proceso por el cual las comunidades de especies de plantas/ animales son reemplazadas por otras comunidades más complejas hasta llegar al clímax.

**Transecta:** Línea larga y estrecha usada para estudiar la distribución de los organismos ubicados sobre ella. Se dispone espacialmente según la dirección de un factor biótico o abiótico que pueda afectar la distribución de las especies.

**Textura del suelo:** Distribución del tamaño de partículas sólidas  $< 2$  mm, del suelo.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrolab.2021. Laboratorio. Listado de servicios. <http://www.agrolabchile.cl/> [Consultado en junio de 2021].

Aguilar-Garavito M, Ramírez W. 2014. Elaboración de un proyecto de restauración ecológica para los páramos. En: Cabrera M, Ramírez W. Eds. Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.

Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez. 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica. Aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 250 pp.

Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez. 2016. Aspectos sociales en el monitoreo de la restauración ecológica: una propuesta integral para la evaluación y seguimiento. En: Ceccon, E. Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe., 384 p.

Aguilar Garavito, M., Estupiñan, L., Rojas, E., Isaacs, P., Jurado, R., Londoño, M y Silva, L. 2018. Guía para la restauración ecológica de la región Subandina. Caso: Distrito de Conservación de Suelos Barbas-Bremen. Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Arshad M. A. y G. M. Coen. 1992. Characterization of soil quality physical and chemical criteria. American Journal of Alternative Agriculture 7: 12-16.

Arshad M. A., y S. Martin. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems y Environment 88:153-160.

Barrera-Cataño JI, Contreras-Rodríguez SM, Garzón-Yepes NV, Moreno-Cárdenas AC, Montoya-Villarreal SP. 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital. SDA, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Biocys, 2018. Proyecto de restauración y compensación de la Planta Fotovoltaica Santiago Solar, comuna Til Til, Región Metropolitana de Santiago. Informe técnico.

Biocys, 2019. Planilla para la descripción de suelos. Informe técnico.

Biocys, 2020. Mantención y monitoreo del proyecto de reforestación en la comuna Catemu, Región de Valparaíso.

Biocys2020b. Planilla de Inventario de Flora y Vegetación. Informe técnico.

Biocys, 2021a. Proyecto de monitoreo del predio Quilapilún, comuna de Colina, Región Metropolitana de Santiago. Informe técnico.

Biocys, 2021b. Planilla de inventario de procesos erosivos. Informe técnico.

Bonilla V. 2018. Estrategias de restauración de ecosistemas en un sitio degradado del bosque húmedo premontano transición seca. Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Maestría en Manejo de Recursos Naturales, Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

Block W. M., A. B. Franklin, J. P. Ward, J. L. Ganey y G. C. White. 2001. Design and Implementation of Monitoring Studies to Evaluate the Success of Ecological Restoration on Wildlife. Restoration Ecology 9 (3), 293-303.

Brancalion PHS, Viani RAG, Strassburg BBN. 2012. Finding the money for tropical forest restoration. Unasylva 239(63): 41-50. [http://esalq.iactrop.com.br/img/aulas/Texto%20%20Cumbuca%204\(2\).pdf](http://esalq.iactrop.com.br/img/aulas/Texto%20%20Cumbuca%204(2).pdf).

Brancalion, P. H., R. A. Viani, R. R. Rodrigues, S. Gandolfi. 2015. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. Documento técnico. Disponible en [http://www.esalq.iactrop.com.br/img/aulas/Cumbuca%206\(2\).pdf](http://www.esalq.iactrop.com.br/img/aulas/Cumbuca%206(2).pdf)

Cabrera M. 2014. Identificación y selección de los indicadores en la restauración. En: Cabrera M, Ramírez W. Eds. Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá.

Casanoves F., L. Pla y J. A. Di Rienzo. 2011. Valoración y análisis de la

diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba.

Chazdon RL, Brancalion PHS, Lamb D, Laestadius L, Calmon M y Kumar C. 2015. A policy-driven knowledge agenda for global forest and landscape restoration. *Conservation Letters*. doi:10.1111/conl.12220.

Cheng AS y Sturtevant V. 2012. A framework for assessing collaborative capacity in community-based public forest management. *Environmental Management* 49(3):675–89. doi:10.1007/s00267-011-9801-6

Clifford B, Taylor R. 2008. *Bioestadística*. Pearson Educación. México D.F.

Conservation Measures partnership CMP. 2020. Open standards for the practice of conservation. Conservation Measures partnership. <https://conservationstandards.org/about/> [Consultado en junio de 2021].

Condit R., S. P. Hubbell y R. B. Foster. 1995. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. *Ecological Monographs*, 65 (4), 419-439.

Couto A. y E. A. Valverde. 2007. *Doenças na cultura do eucalipto*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

Cornejo, J. 2016. Propuesta de restauración ecológica en matorral y bosque esclerófilo degradado en la Reserva Nacional Río Clarillo, Región Metropolitana de Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de pregrado. Memoria de Título.

Contreras, F. 1998. ¿Cómo determinar la tasa de crecimiento de los árboles?

Bolfor - Notas Técnicas, 2, 1-2.

Cuéllar, J., y Cano, L. 2017. Evaluación de los procesos de restauración ecológica en la Reserva Biológica Encenillo. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto curricular de ingeniería forestal. Bogotá, D.C.

Danielsen F, Skutsch M, Burgess ND, Jensen PM, Andrianandrasana H, Karky B, Lewis R, Lovett JC, Massao J y Ngaga Y. 2011. At the heart of REDD+: A role for local people in monitoring forests? *Conservation Letters* 4(2):158–67.

Dey DC y Schweitzer CJ. 2014. Restoration for the future: Endpoints, targets, and indicators of progress and success. *Journal of Sustainable Forestry* 33(sup1):S43–65. doi:10.1080/10549811.2014.883999.

Dale V. H. y S. C. Beyeler, 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.

Doran J. W. y T. B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. Páginas 3-21 en Doran J. W., D. C. Coleman, D.F. Bezdicek, y B.A. Stewart (eds). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America. Wisconsin.

Douterlungne D., Ferguson B. 2012. *Manual de Restauración Ecológica Campesina para la Selva Lacandona*. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. México.

Duarte, N., F. Cuesta, A. Terán, E. Pinto, I. Arcos, A. Solano y O. Torres. 2017. Protocolo para monitoreo de áreas de restauración ecológica en los bosques montanos de la Cordillera Occidental del Ecuador. CONDESAN, Fundación Imaymana. Quito.

Egan A. y V. Estrada. 2013. Socioeconomic indicators for forest restoration projects. *Ecological Restoration*. 31 (3): 302-316.

Evans K, Larson AM, Mwangi E, Cronkleton P, Maravanyika T, Hernandez X, Müller P, Pikitle A, Marchena R, Mukasa C et al. (2014). *Field Guide to Adaptive Collaborative Management and Improving Women's Participation*. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research.

FAO. 2009. *Guía para la descripción de suelos* Cuarta edición. Roma, Italia.

FAO. 2018. *El estado de los bosques del mundo. Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible*.

FAO. 2016. *El camino de la restauración. Guía de identificación de prioridades e indicadores para monitorear la restauración de bosques y paisajes*.

FAO. 2020. *El camino de la restauración. Guía de identificación de prioridades e indicadores para monitorear la restauración de bosques y paisajes*.

García Y., W. Ramírez y S. Sánchez. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes* 35: 125–138.

Gaboury, M., and Wong, R. 1999. A framework for the effectiveness Monitoring of watershed Restoration Projects. Watershed Restoration Program. Ministry of Environment, Lands and Parks and Ministry of Forest.

Gregorich E. G., M. R. Carter, D. A. Anders, C. M. Monreal, y B. H. Ellert. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science* 74: 367-385.

- Gros R., L. Jocteur Monrozier y P. Faivre. 2006. Does disturbance and restoration of alpine grassland soils affect the genetic structure and diversity of bacterial and N<sub>2</sub>-fixing populations? *Environmental Microbiology* 8: 1889–1901.
- Harris J. A., R. J. Hobbs, E. Higgs y J. Aronson. 2006. Ecological Restoration and Global Climate Change. *Restoration Ecology* 14 (2): 170–176.
- Hernández, J. 2000. Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación. 32 p.
- Herrick, J.E.; Van Zee, J.W., Havstad, K.M., Burkett, L., Whitford, W. 2005. Monitorin Manual for Grassland, Shrubland and Savanna Ecosystems. Volume II: Design, supplementary methods and interpretation. Segunda edición. Las Cruces, New México: USDA – ARS Jornada Experimental Range.
- Herrick JE, Schuman GE. y Rango A . 2006. Monitoring ecological processes for restoration projects. *Journal of Nature Conservation* 14: 161-171.
- Herrick J.E., Van Zee J.W., McCord S.E., Courtright E.M.,Karl J.W.;, Burkett L.M. 2015. Monitoring Manual fo Grassland,Shrubland, and Savanna Ecosystems. Volumen I: Core Methods. Segunda edición. Las Cruces, New México: USDA – ARS Jornada Experimental Range.
- Holl, K. D. y R. B. Howarth. 2000. Paying for Restoration. *Restoration Ecology*. 8 (3): 260–267
- Holl K. y J. Cairns. 2002. Monitoring and appraisal. Pp 411- 432 en Perrow M. R y A. J Davy (Eds.). *Handbook Of Ecological Restoration*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Hutto, R.L., y Belote, R., 2013. Distinguishing four types of monitoring based on the questions they address. *Forest Ecology and Management* 289, 83-189.
- Karlen D.L., M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F. Harris y G.E. Schuman. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal* 61:4-10.
- Larson W. E. y F. J. Pierce. 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. En Doran J. W., D. C. Coleman, D. F. Bezdiceck y B. A.
- Mansourian, S.,Vallauri, D., Dudley, N., eds. (in cooperation with WWF International) 2005. *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*, Springer,New York.
- Martin S., Baize, M. Bonneau, R. Chaussod, J. Gaultier, P. Lavelle, J. Legros, A. Leprêtre, y T. Sterckeman. 1998. The French national soil quality observatory. P. 20-26 en *Proceedings of the 16th World Congress on Soil Science, Symposium 25*. Montpellier.
- McDonald, T., Gann, G.D., Jonson, J., Dixon, K.W. 2016. *International Standards for the Practice of Ecological Restoration – Including Principles and Key Concepts*. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C.
- McKinley V. L., A. D. Peacock, y D. C. White. 2005. Microbia community PLFA and PHB responses to ecosystem restoration in tallgrass prairie soils. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1946-1958.
- Ministerio del Medio Ambiente. MMA. 2021. <https://gis.mma.gob.cl/portal/apps/Crowdsourcereporter/index.html?appid=35d329c4eb846> [Consultado en junio de 2021].
- Ministerio del Medio Ambiente. MMA. 2012. Plan de restauración ecológica del Parque Nacional Torres del Paine afectado por incendio 2011-2012
- Ministerio del Ambiente MINAM. 2015. Guía de inventario de la fauna silvestre. Lima, 83 p
- Moreno C.E. 2001. Métodos para Medir la Biodiversidad. M y T-Manuales y Tesis SEA. Vol 1. Zaragoza.
- Murcia C. y J. Aronson. 2014. Intelligent Tinkering in Ecological Restoration. *Restoration Ecology* 22: 279-283
- Noss RF. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology* 4(4): 355-364.
- Ochoa, A. 2005. Efecto de la aplicación de biosólidos, sobre el desarrollo de la vegetación en las primeras etapas sucesionales en la Cantera Soratama, Tesis. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias, departamento de Biología. Bogotá D.C.
- Pacto pela Restauração da Mata Atlântica. 2013. Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauracao florestal. [http://www.pactomataatlantica.org.br/pdf/protocolo\\_projetos\\_restauracao.pdf](http://www.pactomataatlantica.org.br/pdf/protocolo_projetos_restauracao.pdf). – São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica. <http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/prodizados/livros/pacto2009.pdf>.
- Parra P., J. Valencia y M. González. 1999. Manual de detección y evaluación sanitaria del eucalipto (Manual # 24). INFOR. Santiago.

- Phillips O. L., P. Hall, A. H. Gentry, S. A. Sawyer y R. Vásquez. 1994. Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America* 91: 2805- 2809
- Pratihast AK, DeVries B, Avitabile V, de Bruin S, Kooistra L, Tekle M y Herold M. 2014. Combining satellite data and community-based observations for forest monitoring.
- Quezada, J. y Bown, HE (Eds). 2015. Guía para la restauración de los ecosistemas andinos de Santiago. Santiago. Universidad de Chile-CONAF.115p
- Quirós L. y F. Scorza. 2011. Estudio fitosanitario y de seguridad forestal del área de protección del lago del Parque Metropolitano La Sabana. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. San José de Costa Rica.
- Ramírez, A. 1999. Ecología Aplicada, Diseño y Análisis Estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá D.C.
- Ramírez W. 2014. El monitoreo en la restauración ecológica. En: Cabrera M, Ramírez W. Eds. Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C., Colombia, 86-89.
- Ramírez W, Aguilar-Garavito M, Calle Z, Cabrera M. 2015a. Introducción al monitoreo. En: Aguilar-Garavito M, Ramírez W. Eds. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C., Colombia, 27-32.
- Ramírez W, Aguilar-Garavito M, Cabrera M. 2015b. Definición de criterios, indicadores y cuantificadores para el monitoreo en procesos de restauración ecológica. En: Aguilar-Garavito M, Ramírez W. Eds. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C., Colombia, 33-41.
- Rangel-Ch J. O. y A. Velázquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación en Rangel-Ch J. O., P. Lowy-C y M. Aguilar-P. (eds.). Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales, Ministerio del Medio Ambiente, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá D.C.
- Reed J, Van Vianen J, Deakin EL, Barlow J y Sunderland T. 2016. Integrated landscape approaches to managing social and environmental issues in the tropics: Learning from the past to guide the future. *Global Change Biology* 22(7): 2540-54.
- Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). 2015. Guía para la Descripción de los componentes suelo, flora y fauna de ecosistemas terrestres en el SEIA. Santiago. 98 p.
- SER, 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Sociedad internacional para la restauración ecológica, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004).
- Swaine M. D. y D. Lieberman. 1987. Note on the calculation of mortality rates. *Journal of Tropical Ecology* 3 (4), 1-3.
- Tacón, A.; Sepúlveda, C.; Alarcón, L.; Seeberg, C. 2004. Manual de ordenamiento predial para la conservación de la biodiversidad en áreas protegidas privadas. Valdivia, 39 p.
- Terán-Valdez, A., Duarte, N., Cuesta, F., Pinto, E. 2018. Practicando la restauración ecológica: el monitoreo y mantenimiento de áreas. En: Proaño, R.; Duarte, N.; Cuesta, F.; Maldonado, G. (Eds.). 2018. Guía para la restauración de bosques montanos tropicales. CONDESAN. Quito-Ecuador.
- Universidad de Los Andes. 2020. Ficha para el levantamiento de suelos y aguas. Informe técnico.
- Valencia ICE, Hernadez BA., 2002. Muestreo de suelos, preparación de muestras y guía de campo. 1ª. Ed. Universidad Autónoma de México. 111 p.
- Vallejo-Joyas M.I., Londoño-Vega A.C. López-Camacho R., Galeano G., Álvarez-Dávila E. y Devia-Álvarez W. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 310 p. (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No. 1).
- Vargas, O. 2007. Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Departamento de Biología.
- Vargas O. 2011. Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. La restauración ecológica en la práctica. Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. (pp. 19-41). Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Xiao-Jun D.U., G.A.O. Xian-Ming y M.A. Ke-Ping. 2003. Diagnosis of the degree of degradation of an ecosystem: The basis and precondition of ecological restoration. *Acta Phytocologica Sinica*, 27 (5): 700-708.

WWF, Fundación Nahuelbuta, Gobierno Regional del Biobío, Unión Europea, 2021. Taller y Consulta a los Actores para la Elaboración de la Guía de Monitoreo de Restauración de Bosques, Santiago.

WWF. 2018. Lessons Learnt from 13 Years of Restoration in a Moist Tropical Forest: the Fandriana-Marolambo Landscape in Madagascar. 32 pág.

Zamora R., Herrador D., Cuéllar N., Díaz O., Kandel S., Quezada J., De Larios S., Molina G., Rivera M., Morán-Ramírez W., Jiménez A., Flores E., Franco M, Gallardo L., Vergara W. S/F. Índice de sustentabilidad para la restauración del paisaje. World Resources Institute. 68 p.



**La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva WWF Chile y Biocys y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea**



En colaboración con:



**Ejecuta**



**Financia**



Este proyecto está financiado  
por la Unión Europea

**Co-Ejecuta**

