Ministerio del Medio Ambiente

Gobierno de Chile

DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMATICO

Marco Conceptual, Indicadores, Protocolo de Datos, Estándares de Calidad y Requerimientos de Software y Hardware

CTCN
CLIMATE TECHNOLOGY CENTRE & NETWORK

World Agroforestry Centre

CATIE
Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO DE BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMATICO

Marco Conceptual, Indicadores, Protocolo de Datos, Estándares de Calidad y Requerimientos de Software y Hardware

Los puntos de vista que se expresan en este reporte no reflejan necesariamente la posición del Ministerio de Ambiente de Chile, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Centro de Agroforestería Mundial (ICRAF) o el Climate Technology Centre and Network (CTCN) de la UNFCC, ni cualquier otra organización participante en el proceso.

El proceso de elaboración de los resultados mostrados en el presente reporte, ha sido posible gracias al aporte financiero del Climate Technology Centre and Network (CTCN).

Citación:

MMA, CTCN, CATIE, ICRAF.2016. *Diseño de una Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático.* Ministerio de Ambiente de Chile, Climate Technology Centre and Network, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, World Agroforestry Centre. Santiago-Chile.

Dirección del Proyecto:

Alejandra Figueroa Fernández. Jefa División de Recursos Naturales y Biodiversidad. Ministerio de Ambiente de Chile

Fernando Farías Ellies. Jefe Departamento de Cambio Climático. División de Calidad del Aire y Cambio Climático. Ministerio de Ambiente de Chile

Equipo Coordinador del Proceso

Daniel Alvarez Latorre. División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio de Ambiente de Chile

Peter Muck. División Calidad del Aire y Cambio Climático, Ministerio de Ambiente de Chile

Entidad Nacional Designada CTCN

James Robinson. Enlace Nacional CTCN

Equipo Asistencia Técnica CTCN-CATIE

Lenin Corrales

Emily Fung

Programa de Cambio Climático y Cuencas, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Paulo van Breugel. World Agroforestry Centre

Climate Technology Centre and Network (CTCN)

Jason Spensley. CTCN Technology Manager

Fotografías: Jorge Herreros de Lartundo

Presentación

La singularidad de los ecosistemas y paisajes de Chile permiten situarlo como un territorio de alto endemismo, con ecosistemas andinos, bosques, glaciares, fiordos y canales australes, turberas patagónicas, marinas y costeras. Estos se constituyen en el hábitat de especies migratorias, terrestres y marinas, cuyas rutas-en muchos casos-, recorren desde el hemisferio norte al sur, en busca de alimento y refugio. Se trata de ecosistemas tan relevantes como los bosques, océanos, humedales y turberas, reservorios de agua y sumideros de carbono, los cuales son objeto de nuestra preocupación.

La economía chilena, como muchas otras de la región, aún depende intrínsecamente de los recursos naturales y de la biodiversidad, generando una presión directa o indirectamente sobre los ecosistemas, causando deterioro y en el largo plazo pérdidas irreparables.

El deterioro en la calidad del aire, de ecosistemas acuáticos, los cambios en los patrones de precipitaciones y temperaturas condicionan a la biodiversidad a un mayor estrés. Recordemos que Chile es un país particularmente sensible a este fenómeno, al contar con siete de los nueve criterios de vulnerabilidad. Lo anterior, impone una respuesta oportuna por parte del Estado, esto exige contar con información adecuada, y sistemática sobre la biodiversidad y sus factores forzantes, sin ésto la gestión ambiental es difusa y la probabilidad de éxito, incierta. Por su parte, las áreas protegidas en Chile cubren aproximadamente 30 millones de hectáreas: el 80% corresponde a territorio terrestre, el 14% a ecosistemas marinos y sólo el 5% a humedales, pero no sabemos lo suficiente, en términos de monitoreo y fiscalización, en especial de las áreas marinas protegidas.

Por lo tanto, el monitoreo sistemático y estandarizado sobre el estado y tendencias de la biodiversidad, que considere los escenarios climáticos y de cambio global, sólo puede desplegarse en el contexto de una institucionalidad robusta. Un esfuerzo de esta naturaleza, amerita un trabajo permanente con científicos, actores privados, y las instituciones del Estado. La membresía de Chile ante la OCDE supone evaluaciones ambientales rigurosas y periódicas. Algo similar ocurre con las directrices del Plan Estratégico 2011-2020 de las metas Aichi del Convenio de Diversidad Biológica.

Por todo lo anterior, el Ministerio de Medio Ambiente impulsa la creación del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), proyecto de Ley que se tramita en el Congreso. Al amparo de este Servicio se desarrollará un Sistema de monitoreo y seguimiento ambiental, la implementación de redes de monitoreo para conocer el estado de conservación de la biodiversidad del país y sus componentes, de manera gradual, pero sistemática.

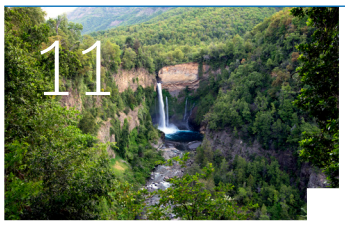
Para impulsar este escenario, el Ministerio contó con la asistencia de Climate Technology Centre and Network (CTCN), mecanismo tecnológico del Convenio Marco de Cambio Climático y la asistencia técnica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), para elaborar la propuesta de diseño de una Red de Monitoreo de la Biodiversidad en el contexto del Cambio Climático, así como con la participación de un grupo de investigadores chilenos especialistas en ambientes terrestres, marinos y de aguas continentales.

Estamos seguros el presente trabajo será fundamental para consolidar el diseño de la red de monitoreo, su implementación y consolidación en el mediano plazo, labor en la cual este Ministerio está comprometido.

Monitorear la biodiversidad es un desafío global y un imperativo creciente para los países de la Región Latinoamericana, probablemente la Región del planeta, con mayor diversidad biológica.

Santiago de Chile, mayo de 2016
Pablo Badenier Martínez
Ministro del Medio Ambiente de Chile

Índice



Introducción

Marco conceptual y metodológico

Objetivos & principios de la conservación de la biodiversidad 14
Sistema de monoteo de biodiversidad 16
Enfoque sobre el cambio climático 17
Resultados nacionales y específicos 17
Indicadores y medidas 18
Manejo y distribución de datos 20

Protocolos de monitoreo

Contexto 23
Resultados / objetivos 23
Preguntas / hipótesis 24
Biodiversidad/componente de los servicios ecosistémicos 24
Conformidad nacional y compatibilidad internacional 25
Colección, análisis y curación de los datos 26
Colecta de datos 26
Análisis de datos 27
Almacenamiento de los datos 28

Componentes para el diseño de la red de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático

Factibilidad temporal en la implementación de los indicadores 29
Protocolos de Indicadores con factibilidad de implementación en una primera fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático 30
Protocolo de Indicadores con factibilidad de implementación en una segunda fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático 62
Protocolo de Indicadores con factibilidad de implementación en una tercera fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático 77

Requisitos de hardware y software para la implementación de la red de monitoreo de la biodiversidad: Opciones y recomendaciones

Indicadores y software 108
Consideraciones para la selección del software y harware en las distintas etapas del ciclo de datos 112
Datos de línea de base 114
Recolección de datos 115
- Recolección de datos de campo 115
- Manejo y manipulación de datos 118

Análisis de los datos 119
- SIG / Sensores Remotos (RS) 119
- Los paquetes estadísticos 123

Almacenamiento de datos 126
- Criterios para la selección de un DBMS 128
- Requisitos de hardware 128
- Almacén de base de datos 129
- Base de datos orientados en los Metadatos 129

Metadatos 130
- Metadatos geoespaciales 131
- Metadatos ecológicos 131
- Desafíos 134

Intercambio de datos 135
- Intercambio de datos dentro de la red 135
- Intercambio de datos con distintos actores 136

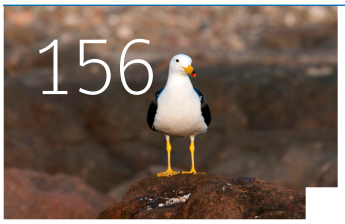
Soluciones en la nube (cloud) 136

Necesidades de software y hardware – pasos para la primera fase

Inventario del software utilizado por las instituciones involucradas 140
Inventario del hardware utilizado y requerido por las instituciones involucradas 140
Requisitos de software y hardware para el equipo técnico de coordinación 141
- Especialistas en el tema 142
- Coordinador nacional de la red 142
- Administradores de las bases de datos 142
- Administrador de SIG / Sensores Remotos (RS) 143
- Administrador técnico de la red 143
- Asesoría legal 143

Elementos finales para el diseño final e implementación de la Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático

La necesidad de una red de monitoreo de la biodiversidad 145
Marco normativo relacionado a la Red de Monitoreo 147
Dimensiones de la Red de Monitoreo 148
Objetivos de la Red 148
Principios marco de la Red 149
Tareas de la Red 149
Socios potenciales 151
Socios públicos 151
Relación de la red de monitoreo con otras inciativas dentro del Ministerio de Ambiente 155



Conclusiones y Recomendaciones

Gobernanza de la Red 156
Intercambio de Información 157
Gestión de datos e Indicadores 158
Pasos a seguir 159

Referencias generales

Anexos

Anexo 1 – Elementos clave para un sistema de monitoreo de biodiversidad 168
Anexo 2 – Elementos clave para un sistema de monitoreo de servicios ecosistémicos en el contexto de cambio climático 169
Anexo 3 – Leyes, políticas y directrices chilenas relacionadas a datos e información 170
Anexo 4 – Aspectos a considerar en los términos de referencia para el desarrollo de la línea base de la primera fase 171

Abreviaturas y acrónimos 172

Figuras

Figura 1. Proceso Diseño de la red (Fase 1. Dimensión Organizacional y Tecnológica) 13
Figura 2. Marco conceptual representando posibles relaciones entre el cambio climático e integridad ecológica, uso humano y vínculos que deben tenerse en cuenta en el diseño de un sistema de monitoreo y selección de indicadores 18
Figura 3. Equipo de Coordinación de la Red 141
Figura 4. Proceso de monitoreo y tareas de la Red Institucional de Monitoreo de la biodiversidad y cambio climático 150
Figura 5. Red Institucional de Monitoreo de la biodiversidad y cambio climático potencial 152
Figura 6. Red de Monitoreo de la biodiversidad y cambio climático dentro del Marco del Sistema Integrado de Información en Biodiversidad 155
Figura 7. Fases propuestas para el establecimiento y operación de la red de monitoreo de biodiversidad en un contexto de cambio climático en Chile 159
Figura 8. Pasos para el inicio de la implementación de la Red de Monitoreo 160

Cuadros

Cuadro 1. Marco para el desarrollo de un inventario de biodiversidad y programa de monitoreo (Lee et al. 2005) 17
Cuadro 2. Tipos de indicadores 19
Cuadro 3. Indicadores con factibilidad de implementación en una primera fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático 30
Cuadro 4. Indicadores que requieren un mayor esfuerzo debido a la homologación de metodologías a nivel interinstitucional y que se implementarían en una segunda fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático 62
Cuadro 5. Indicadores que requieren desarrollo e investigación y que se implementarían en una tercera fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático 77
Cuadro 6. Principales requisitos de datos y de software para los indicadores del grupo 1 - los indicadores con viabilidad de implementación en la primera fase de la red de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático 109
Cuadro 7. Tipo de análisis y requisitos de software para los indicadores del grupo 2 - aquellos indicadores que requieren un mayor esfuerzo debido a la aprobación de las metodologías a nivel interinstitucional y eventualmente podrán desarrollarse en una segunda fase de la red de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático 110
Cuadro 8. Tipo de análisis y requisitos de software para los indicadores del grupo 3 - aquellos indicadores que requieren investigación y desarrollo y que puedan desarrollarse en una tercera fase de la red de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático 111

Cuadro 9. Softwares de procesamiento de imágenes y sistemas de información geográfica, comerciales (C) y de libre acceso (LA). Los precios son aproximaciones 120
Cuadro 10. Paquetes de estadísticos de uso general, incluyendo softwares comerciales (C) y de libre acceso (LA) 123
Cuadro 11. Disponibilidad de análisis de series temporales en algunos de los principales paquetes estadísticos de uso general 124
Cuadro 12. Ejemplos de sistemas de manejo de bases de datos generales. El uso se refiere a softwares comerciales (C) y de libre acceso (LA). El límite de tamaño indicado puede ser determinado por los requisitos del sistema operativo (OS) y del hardware 127
Cuadro 13. Ejemplos de metadatos estandarizados, desarrollados para distintas disciplinas 132
Cuadro 14. Ejemplos de editores de metadatos desarrollados para distintas disciplinas 133
Cuadro 15. Categorias del cloud computing 137
Cuadro 16. Requisitos de hardware para ArcGIS 144
Cuadro 17. Criterios considerar a nivel de cada indicador en la fase de datos de referencia 161
Cuadro 18. Fases propuestas para el establecimiento y operación de la red de monitoreo de biodiversidad en un contexto de cambio climático en Chile con sus mecanismos esenciales y financiamiento 162

Introducción

La 1a Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) fue presentada en 1999 por la entonces Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). A partir de esto dieron inicio una serie de esfuerzos Institucionales que provocaron la publicación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático en 2006 y que dos años después se implementó a través del "Plan de Acción Nacional de Cambio Climático: 2008-2012" (PANCC) de la CONAMA. Este Plan de Acción se construyó en base a tres ejes de acción: (i) adaptación a los impactos del cambio climático, (ii) mitigación de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) y (iii) creación y fomento de capacidades en cambio climático, estableciendo a la vez las bases para la realización de los estudios de vulnerabilidad y la elaboración de Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático y de un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático como una tarea interinstitucional, coordinada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA.2014).

A partir de la aprobación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en 2014 surge el mandato de desarrollar nueve Planes de adaptación sectoriales (Silvoagropecuario, Biodiversidad, Pesca y Acuicultura, Salud, infraestructura, Recursos Hídricos, Ciudades, Energía y Turismo) (MMA.2014). Es así como en el mismo año se aprueba el Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad, cuyo objetivo es *"Fortalecer las capacidades del país para proteger la diversidad biológica, implementando medidas sinérgicas entre conservación de la biodiversidad y su adaptación al cambio climático, a fin de aminorar las consecuencias negativas del impacto climático y asegurar la provisión continua de bienes y servicios ecosistémicos"* y que como una de las líneas estratégicas propone el *"Diseño y desarrollo de una red de monitoreo de la biodiversidad terrestre y acuática tanto continental (incluyendo humedales alto andinos y costeros) como marina, dotada de un sistema de alerta temprana" con el objetivo de "Desarrollar una red nacional de monitoreo de biodiversidad y un sistema de alerta temprana sobre las condiciones de los ecosistemas y especies incluyendo los posibles cambios climáticos futuros. Esta red debe incluir las áreas protegidas y otras áreas de gestión de la biodiversidad"* (MMA.2014[a]).

Tomando en cuenta la necesidad de desarrollar la Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático el Ministerio de Ambiente solicita el apoyo al Centro de Tecnología del Clima (*Climate Technology Centre and Network*-CTCN)[1], brazo operativo del mecanismo de transferencia de tecnología de la Convención sobre Cambio Climático de Naciones Unidas a través de la colaboración del Programa de Cambio Climático y Cuencas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y el Centro de Agroforestería Mundial (ICRAF) para el diseño de la Red de Monitoreo de la Biodiversidad de Chile en el contexto del cambio climático.

Para el desarrollo e implementación de la Red de Monitoreo fueron propuestas tres fases: la primera referida a la eliminación de las barreras técnicas para la implementación; la segunda el Establecimiento de un Sistema de Monitoreo, el desarrollo de un apolítica nacional y un marco normativo; y la tercer las operación de la Red en el largo plazo.

La asistencia técnica presente busco apoyar la primera fase teniendo como objetivos:

- Diseñar la red de monitoreo de biodiversidad e integridad de ecosistemas en respuesta al cambio climático conceptualmente y su arquitectura a escala multi-nacional y multi-institucional
- Elaborar normas y protocolos para el monitoreo de las variables biológicas, ambientales, escenarios climáticos, y para la gestión de la red en materia de intercambio de datos e información
- Desarrollar propuestas para la formulación de acuerdos formales institucionales y alianzas e identificar las necesidades logísticas y operativas, incluyendo el presupuesto correspondiente para la implementación gradual de la red.

El proceso de diseño de la Red en esta etapa se implementó en cuatro pasos (Figura 1), iniciando con la realización de cuatro diagnósticos que desarrollaron la temática de disponibilidad de información y análisis de vacíos de la biodiversidad de aguas continentales, marina, terrestre y Tomadores de Decisión que aportara al diseño de la red de monitoreo en un contexto de cambio climático (MMA, CATIE, CTCN. 2015[a]: 2015b: 2015c: 2015d).

El diseño parte de los resultados obtenidos producto de dos talleres y varias reuniones técnicas de expertos llevados a cabo en la ciudad de Santiago y convocado por la División de Recursos Naturales y Biodiversidad y la División Calidad del Aire y Cambio Climático, del Ministerio de Ambiente de Chile, con la participación de una amplia gama de actores nacionales, donde en el primer taller se elaboró una lista de indicadores prioritarios para la red. Además, durante este taller se presentaron tres diagnósticos sobre el estado del monitoreo de la biodiversidad en ambientes terrestres,

1 Creado para facilitar la transferencia y el fomento de la colaboración entre partes interesadas en tecnología del clima a través de una red de expertos regionales y sectoriales provenientes de la academia, el sector privado, instituciones públicas y de investigación

Figura 1. Proceso Diseño de la red (Fase 1. Dimensión Organizacional y Tecnológica)

dulceacuícolas y marinos donde se abordó el estado de las iniciativas de monitoreo y evaluación. Así mismo se presentó un cuarto diagnóstico relativo a las necesidades de los tomadores de decisiones. En un segundo taller se discutieron los protocolos de los indicadores, algunos criterios para el intercambio de información entre las Instituciones y los acuerdos que deberían llevarse a cabo para que la Instituciones se incorporen como miembros de la red.

El presente informe tiene como objetivo recopilar y consolidar información pertinente en un marco conceptual para el seguimiento de la biodiversidad y el cambio climático, proporcionando una visión general de los indicadores propuestos (¿Qué pretendemos medir? ¿Qué preguntas de investigación deseamos responder?), ¿Cuáles son los protocolos específicos o metodologías para la recolección de datos (¿Cómo y qué estamos midiendo? ¿Cuáles son los requisitos de la medición?), ¿Cómo se realizará la manipulación de los datos (procesamiento, almacenamiento e intercambio de datos) y las responsabilidades (¿Quién será responsable de la manipulación de los datos? ¿Cuáles son las responsabilidades de los diferentes grupos de interés/socios?). Así el marco metodológico tiene como objetivos proporcionar:

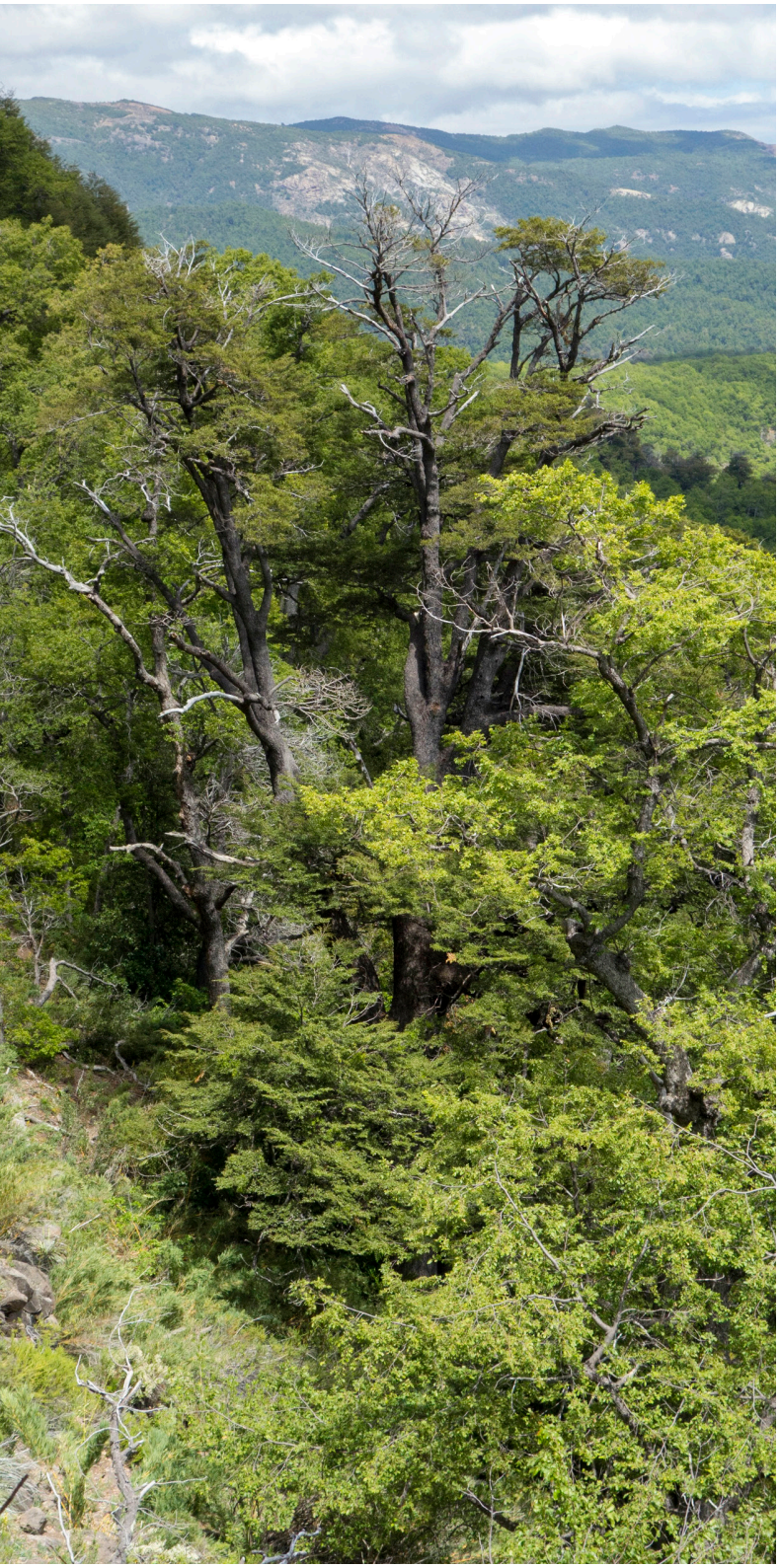
- La justificación del marco metodológico propuesto y sus indicadores individuales.
- Explicar a los tomadores de decisión y otras partes interesadas de la información que se espera presentar en el marco metodológico y cómo puede utilizarse para evaluar actuales y futuras políticas
- Los protocolos y metodologías acordadas para la recopilación, análisis y manipulación de datos
- Los medios para vigilar la relevancia política y el desempeño de las diferentes actividades de monitoreo

En la sección 2 se presenta un breve resumen de los principales elementos de un sistema de monitoreo de biodiversidad. En la sección 3, se propone un modelo general para la descripción y selección de cada indicador, con una descripción detallada de las diferentes secciones de información requerida. Se presentan dos partes principales: 3.1) descripción de cómo estos indicadores encajan en el marco y objetivos de monitoreo global y 3.2) enumera una serie de variables para detallar las metodologías, responsabilidades específicas y otros detalles necesarios para implementar un indicador y garantizar un enfoque uniforme y coherente entre los socios (en caso de ser relevante) y a través del tiempo. La sección 4 proporciona recomendaciones elaboradas en un marco de indicadores para el monitoreo de la biodiversidad en el contexto del cambio climático. La sección 5 describe los requisitos de Hardware y Software necesarios para la implementación de la Red de Monitoreo de la biodiversidad, la sección 6 describe las Necesidades de Software y Hardware para la primera fase, la sección 7 describe consideraciones de Gobernanza y Socios potenciales de la Red de Monitoreo y la Sección 8 describe Conclusiones y Recomendaciones surgidas durante el proceso.

Marco conceptual y metodológico

Objetivos & principios de la conservación de la biodiversidad

El principal objetivo de la conservación de la biodiversidad es la protección de las especies, sus hábitats y ecosistemas a las altas tasas de extinción y erosión de interacciones bióticas con el fin de evitar la degradación o la pérdida total de la integridad del ecosistema. Conceptualmente, la biodiversidad es una jerarquía anidada que comprende genes, especies, poblaciones y ecosistemas, donde es necesario abordar todos los niveles de la biodiversidad para lograr una perspectiva precisa de las especies y el estado del sistema y sus cambios. En su forma más simple, los ecosistemas presentan integridad ecológica cuando la flora y fauna autóctona de la región se encuentra presente, junto con los principales procesos clave de los



ecosistemas que sustentan las relaciones funcionales entre todos los componentes. A mayor escala, la integridad ecológica se logra cuando los ecosistemas logran que su funcionamiento permanente sea saludable, así como la provisión continuada de recursos renovables y servicios ecosistémicos. Para lograr obtener resultados nacionales tangibles, existe la necesidad de desentrañar todos los elementos clave de la biodiversidad.

Resulta efectivamente imposible abordar todas las amenazas actuales y futuras que afectan la biodiversidad. No obstante, tomadores de decisiones y manejadores de recursos naturales, deben definir las prioridades de conservación y acciones para lograr optimizar el mejor resultado con los recursos disponibles. Una premisa esencial de cualquier proceso de priorización es que la biodiversidad está compuesta por diferentes elementos, y no todos pueden considerarse igualmente importantes. Se requieren opciones explícitas en cuanto a qué componentes tienen prioridad sobre la base de: el carácter distintivo, la adaptabilidad, el rol en el ecosistema y el uso potencial. Para implementar lo anterior surgen posibles consideraciones:

- Para evitar la extinción de especies, debe darse especial atención a los ecosistemas y las especies en mayor riesgo.
- La integridad ecológica es esencial para la conservación de la biodiversidad, incluyendo elementos de la biodiversidad que son difíciles de analizar individualmente.
- Algunos componentes de la biodiversidad pueden tener una influencia desproporcionada sobre otros elementos de la diversidad biológica, como las especies clave. Enfocarse en estas especies podría ser más eficaz y eficiente.
- Es importante tomar en cuenta las prioridades e intereses de la sociedad para asegurar el apoyo público a largo plazo.
- Dentro del marco de los limitados recursos disponibles para las acciones de conservación, los esfuerzos deben ser evaluados y comparados con base en su potencial de rendimiento con relación a la inversión y el logro del éxito.

Sistema de monitoreo de biodiversidad

Con el fin de desarrollar y aplicar políticas eficaces para promover la conservación de la biodiversidad y mejorar la integridad ecológica, los tomadores de decisiones y otros actores relevantes requieren información sobre el estado de la biodiversidad, la integridad de los ecosistemas y el impacto que tiene las actividades humanas sobre los sistemas.

El marco del sistema de monitoreo es particularmente importante para tomadores de decisiones, ya que proporciona información útil para evaluar si las políticas y acciones propuestas han logrado (con determinada cantidad de fondos) resultados efectivos sobre la conservación de la biodiversidad. Esto se logra con la rendición de cuentas donde se incluyan el cumplimiento de los requisitos de información a nivel nacional e internacional. Para garantizar la priorización adecuada de las acciones de gestión y aumentar la eficiencia de las actividades de conservación, un sistema de monitoreo también debe proporcionar los medios para evaluar si las acciones y los recursos actuales son suficientes para alcanzar los objetivos de conservación acordados.

Todo lo anterior requiere una buena comprensión de la configuración actual de la biodiversidad en Chile (datos de línea de base) y una comprensión de los vínculos entre las amenazas y las condiciones de la biodiversidad. La clave de un sistema de monitoreo de biodiversidad, es por lo tanto, el proporcionar información sobre los procesos de los diferentes niveles de la biodiversidad, de sus interacciones tróficas, cambio biótico de importantes componentes ambientales desde escala de especie hasta paisajes, de la eficacia y el efecto de los esfuerzos de conservación y las mediciones del impacto y la respuesta por parte de la sociedad.

El número de interacciones entre genes, especies, poblaciones, ecosistemas y el medio ambiente abiótico es enorme, al igual de los procesos que resultan en todas las escalas. Por lo tanto, una red de monitoreo debe centrarse en elementos que puedan ofrecer la mejor garantía para contribuir al objetivo general de la conservación de la biodiversidad y mejorar la integridad del ecosistema. Estos pueden ser definidos en términos de resultados nacionales, específicos y resultados de los objetivos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Marco para el desarrollo de un inventario de biodiversidad y programa de monitoreo (Lee et al. 2005)

Tipo	Nivel	Definición
Objetivo	Resultado Nacional	Objetivo nacional para la conservación de la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas
	Resultados específicos	Componentes críticos para el logro de los resultados nacionales
	Resultados de los objetivos	Factores clave que contribuyen a los resultados específicos
Evaluación del desempeño	Indicadores	Parámetro cuantitativo o cualitativo que puede apreciarse en relación con el resultado de un objetivo
	Medidas	Metodología y fuente de información para medir o evaluar el indicador
	Elementos	Datos necesarios para la medición

Enfoque sobre el cambio climático

El proyecto actual prevé un enfoque importante referente al monitoreo de la biodiversidad (cambios) bajo el contexto del cambio climático. El objetivo principal de la red de monitoreo es medir cambios en la capacidad de mantenimiento y recuperación de los ecosistemas, las especies y los servicios ecosistémicos que brindan a la sociedad para adaptarse al cambio climático. Los esfuerzos deben centrarse hacia la prevención de la extinción de especies o la degradación de los ecosistemas, como resultado directo o indirecto de futuros cambios climáticos. Además, las preguntas podrían centrarse en cómo los cambios de la biodiversidad afectarán la capacidad de la sociedad para hacerle frente a climas cambiantes; por ejemplo, ¿Cuál será el impacto del cambio climático sobre poblaciones de especies de importancia económica y sus servicios ecosistémicos?

El primer paso para monitorear el impacto del cambio climático consiste en definir los principales elementos de la biodiversidad más propensos al clima cambiante. Lo cual requiere una comprensión de; (i) cómo la biodiversidad y la integridad del ecosistema se vinculan al cambio climático y a otros factores de cambio y (ii) cómo acciones específicas de políticas pueden influir en estos cambios (Figura 2). Esta información puede utilizarse para formular preguntas de investigación que puede evaluarse a través de indicadores y de medidas propuestas. Esto determinará cuál información debe ser recolectada para definir la red de monitoreo de biodiversidad. Se proporciona un ejemplo del informe de síntesis (MMA, CATIE, CTCN 2015a) en el anexo 1.

Resultados nacionales y específicos

Los informes diagnóstico realizados inicialmente para el diseño de la red de monitoreo de biodiversidad (MMA et al. 2015A, b, Contreras M., 2015, Armesto et al. 2015) e información disponible, no definen explícitamente cuáles deben ser los objetivos nacionales de la red. Sin embargo, pueden derivarse una serie de temas focales del cuadro 4.3 en el informe de síntesis (MMA, CATIE, CTCN 2015A), los cuales representan los posibles resultados específicos que se espera que contribuyan al objetivo general de la integridad de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad;

- Mantener, fortalecer o recuperar los procesos de los ecosistemas (incluyendo los servicios ecosistémicos)
- Prevenir la extinción y disminución de taxones clave
- Prevenir la reducción de la diversidad genética
- Uso y manejo sostenible de recursos naturales bajo cambio climático (por Ej. turismo)

Estos cuatro resultados se vinculan a dos resultados generales que reflejan el enfoque mencionado anteriormente sobre el cambio climático:

- Evaluar el impacto del cambio climático global sobre la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas, y
- ¿De qué manera los cambios en la biodiversidad y la integridad del ecosistema bajo cambio climático afectan a la sociedad?

Cabe señalar que estos resultados no cubren todos los posibles resultados específicos vinculados a los diferentes indicadores definidos durante los talleres. En la sección de la discusión de los indicadores individuales seleccionados durante los talleres, se discute brevemente como los indicadores pueden vincularse con posibles resultados específicos.

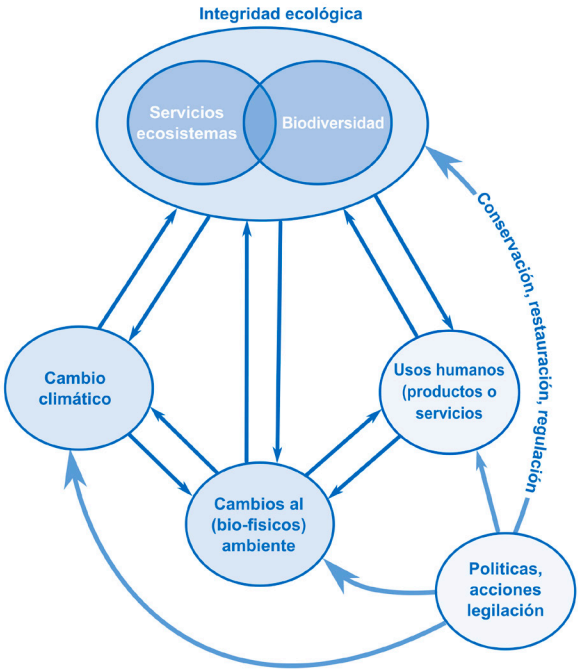


Figura 2. Marco conceptual representando posibles relaciones entre el cambio climático e integridad ecológica, uso humano y vínculos que deben tenerse en cuenta en el diseño de un sistema de monitoreo y selección de indicadores

Indicadores y medidas

Un componente esencial de cualquier sistema de monitoreo de biodiversidad son las medidas cuantitativas y repetibles de los indicadores de biodiversidad. Indicadores adecuados cuantifican la información para que su significado sea más relevante, simplifican la información sobre fenómenos complejos y son costo-eficientes (US-NAS, 2000). Además, pueden ser utilizados para detectar y monitorear los cambios en el estado de la biodiversidad (estado o indicador de tendencia), medir los esfuerzos y procesos establecidos para lograr un objetivo (indicadores de proceso), medir el éxito y la eficacia de los esfuerzos de conservación (indicador de desempeño), o medir el impacto socio-económico (del cambio climático a través de su influencia en la biodiversidad) en la sociedad y su respuesta social (indicador de impacto) (Cuadro 2) (Lee et al 2005).

Los indicadores de biodiversidad pueden ser medidas directas de los atributos de la biodiversidad como la riqueza de especies en sitios específicos. No obstante, si el objetivo es evaluar la riqueza de especies en ese sitio, técnicamente éstos no serían indicadores sino medidas directas. Por otro lado, la riqueza de especies puede considerarse un indicador de la integridad de los ecosistemas. Pueden además utilizarse proxis indirectos que midan procesos o factores que influyen directa o indirectamente sobre la biodiversidad. El uso de este tipo de indicadores se basa en una buena comprensión de cómo estos indicadores responden por un lado a los componentes de la biodiversidad seleccionados y por otro a motores de cambio.

Cuadro 2. Tipos de indicadores

Tipo	Tema	Ejemplo	Consideraciones
De tendencia o de cambio	Evaluar el estado de componentes claves de biodiversidad y de cambios bajo climas futuros	▮ Número de taxones altamente amenazados ▮ Cambios en la estructura de la población (taxones clave) ▮ Cambios en el área de ecosistemas nativos	▮ Importancia relativa del cambio climático en relación con otros factores de cambio ▮ Efectos directos vs. indirectos. (Ejemplo de efecto directo: impacto de la disminución de la precipitación en la distribución de especies clave. Ejemplo de efecto indirecto: impactos del aumento del nivel del mar sobre comunidades costeras y efecto del aumento de la acidez de los océanos, debido al aumento de captación de CO_2, en comunidades de arrecifes de coral).
De entrada, procesos y estructurales	¿Cuánto, qué se realiza, o qué estructuras o procesos existen para lograr el resultado del objetivo?	▮ Número de taxones altamente amenazados bajo acciones de manejo	▮ Estos indicadores generalmente se centran en procesos de gestión o en la calidad y la disponibilidad de, por ejemplo, las instalaciones y programas de apoyo a los resultados de los objetivos específicos. Este tipo de indicadores puede utilizarse cuando existe una relación claramente establecida entre el proceso y el resultado (Mant 2000).
De salida, desempeño y de impacto	¿Qué se ha logrado como resultado de las decisiones de gestión o acción, o cuál ha sido el impacto de políticas específicas?	▮ Cambios demográficos de la población como respuesta a acciones de gestión o medidas de conservación	▮ Muy pocas veces el manejo se realiza de forma aislada. Por lo tanto, la pregunta es cómo contabilizar otros factores de cambio (positivo o negativo). Del mismo modo, si el objetivo es monitorear la eficacia de la gestión para mitigar los efectos del cambio climático, primero debe conocerse el estado bajo un escenario sin cambio climático.

La lista de posibles indicadores es interminable. Dada las limitaciones de financiamiento y de tiempo, la identificación de qué monitorear es fundamental porque reflejan las prioridades de gestión del país. Debería al menos, asegurar la asimilación efectiva de la información generada en las políticas. Además de los costos y la relevancia, la capacidad de los indicadores debe poder responder preguntas clave y el cambio de conclusiones erróneas que pueden desviar los esfuerzos de conservación. En Lee et al. (2005), la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (2000), EASAC (2005) y la Agencia Europea del Medio Ambiente (2002), discutieron una serie de preguntas clave que necesitan ser abordadas a la hora de seleccionar indicadores .

- **Importancia general:** ¿Los indicadores pueden medir procesos claves que afectan la biodiversidad, o pueden responder a cambios importantes de variables ambientales? ¿Pueden interpretarse en cuanto a términos de causa, efecto y de respuesta?
- **Interpretación:** ¿Es sencillo interpretar los resultados, por parte de especialistas, tomadores de decisiones u otros?

- **Relevancia política e idoneidad:** ¿El indicador pueden interpretarse en términos de metas de relevancia política?
- **Compatibilidad internacional:** ¿Es el indicador compatible con otros indicadores de biodiversidad utilizados internacionalmente?
- **Base conceptual y científica:** ¿El indicador se fundamenta en bases conceptuales y teorías científicas aceptadas por la comunidad? ¿Es la base científica suficientemente entendida para asegurar la fiabilidad?
- **Propiedades estadísticas:** ¿El indicador permite hacer mediciones exactas, sensibles, precisas y robustas? ¿Logra identificar variabilidad normal fuera del área de distribución de la especie bajo estudio e identificar el error Tipo I (detecta cambio donde no se ha dado) o Tipo II (no logra detectar los cambios ocurridos)? ¿Pueden ser utilizados a través de múltiples escalas y las mediciones serán consistentes con el tiempo?
- **Requerimientos técnicos:** ¿Disponen de la capacidad y el conocimiento para entender y poner en práctica las normas y técnicas ahora y en el futuro? ¿Y esas técnicas y normas continuarán siendo válidas en el futuro? Es importante tomar en cuenta lo anterior a la hora de seleccionar el software y hardware para almacenar y analizar los datos.
- **Compatibilidad:** ¿Los indicadores y mediciones son compatible con metodologías y protocolos anteriores? Esto es especialmente relevante cuando se determina la línea base de los datos.
- **Flexibilidad:** ¿Las mediciones pueden ser realizadas por diferentes actores, en distintos momentos o lugares sin comprometer la calidad de los datos?

Estas preguntas no sólo son relevantes durante la fase de selección, sino que además proporcionan directrices sobre cómo deben describirse los indicadores. Ayudarán a establecer cómo cada indicador se inscribe dentro del sistema de monitoreo, y asegurar a través de reglamentos establecidos las metodologías que serán implementadas desde la colecta de datos hasta el análisis.

Manejo y distribución de datos

El manejo y manipulación de datos implica tanto capacidad humana como tecnológica. Un sistema robusto del manejo e intercambio de datos, permite definir los objetivos estratégicos a largo plazo para la gestión de datos en todos los aspectos del proyecto (Burley y Peine 2007), y establece un marco de referencia para su manejo. Pueden abordarse una serie de temas alrededor de las políticas de datos: la administración de los datos, los derechos de custodia, acceso a datos y derechos de los usuarios y las normas de almacenamiento de datos. Las políticas enfocadas en la base de datos deben ser flexibles para hacer frente y adaptarse a diferentes tipos de datos, propietarios y estructuras de permisos o de intercambio de datos. Indicando la importancia que cada indicador (o conjunto de indicadores) sea analizado detalladamente por separado. A continuación se enumeran aspectos importantes sobre el manejo y distribución de los datos (Martín y Ballard 2010):

- **Propiedad:** Para una buena gestión de datos es importante establecer claramente desde el inicio a quien pertenecen. La propiedad puede estar relacionada con datos individuales, conjuntos de datos, ya sea con valor agregado o datos resultantes de la fusión de distintas bases de datos pertenecientes a una organización, a pesar de que otras organizaciones poseen los datos originales. La base de datos de La Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF por sus siglas en inglés- http://www.gbif.org) es un ejemplo claro de un mecanismo de datos de libre acceso que combina y hace que los conjuntos de datos estén disponibles al público, manteniendo la autoría de cada propietario de los datos originales. Si desde el inicio la autoría legal de los datos no está clara, existe el riesgo que los datos sean utilizados incorrectamente, descuidados o perdidos.

- **Derechos de usuario:** Debe quedar claro cuáles datos son privados y cuáles de uso público. Esto incluye directrices para la información personal de las bases de datos. Dependiendo del tipo de dato, puede existir la necesidad de tratar de manera explícita la responsabilidad del dato a través de un acuerdo con el usuario final o a través de licencias. Esto con el fin de proteger a los proveedores de datos de la responsabilidad legal de posibles daños causados a una persona u organización como resultado de mal uso o inexactitud en los datos. Puede además, darse la necesidad de identificar datos considerados como sensibles. Los datos sensibles son aquellos que en manos del público, podrían resultar en un efecto adverso (daño, remoción, destrucción) sobre el taxón o atributo en cuestión.
- **Reglamentos y Requisitos políticos:** Deben considerarse los reglamentos y requisitos políticos relacionados con la información y uso de datos que aplican a las agencias o esfuerzos de múltiples agencias. Los requisitos legislativos y las políticas existentes pueden tener un efecto sobre la política de datos de un proyecto.
- **Custodia:** Es necesario definir claramente al inicio del proyecto, cuál será la custodia de los datos para asegurar que se desarrollen conjuntos de datos importantes, los cuáles puedan mantenerse, y que sean accesibles dentro de sus especificaciones definidas. Preferiblemente, los datos deben de estar bajo custodia de la organización que está más familiarizada con el contenido y manejo de los datos. Sin embargo, otras consideraciones pueden jugar un papel importante, como son la viabilidad del sistema, en términos de capacidad y financiamiento a largo plazo. Esto puede requerir diferentes aspectos de custodia para ser manejados por diferentes organizaciones:
  - Adherencia de políticas adecuados y pertinentes y directrices de la propiedad de los datos
  - Garantizar la accesibilidad a los usuarios adecuados
  - Mantenimiento de niveles adecuados de seguridad de los datos
  - Mantenimiento fundamental del conjunto de datos, incluyendo, el almacenamiento y archivo de los datos
  - Documentación del conjunto de datos , incluyendo cambios a la documentación y
  - Aseguramiento de la calidad y la validación de cualquier adición al conjunto de datos, incluyendo auditorías periódicas para
  - Asegurar la integridad de los datos en curso

Protocolos de monitoreo

Dentro de un marco de monitoreo, los indicadores pueden considerarse como los elementos accionables centrales. El informe mencionado anteriormente del "*Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre* (MMA, CATIE, 2015A CRTC, b, d; Contreras Manuel et al 2015; Armesto et al., 2015) aborda una serie de indicadores que fueron discutidos y formulados durante el primer taller nacional en Santiago, Chile (MMA, CATIE, CTCN 2015c) y luego a lo largo del proceso se fueron modificando y afinando hasta culminar con el segundo set de indicadores revisado en el segundo taller nacional llevado a cabo en enero del 2016 en Santiago, Chile. Los indicadores cubren una amplia gama, dirigidos a la integridad ecológica, servicios de los ecosistemas, el cambio climático, la biodiversidad y la presión humana. Los informes proporcionan diferentes niveles de detalle relacionados a los objetivos, la biodiversidad, los servicios ecosistémicos clave, el alcance geográfico, la pregunta de investigación y los requisitos de los datos.

En esta sección se presenta un esquema utilizado para consolidar/cotejar las descripciones de los indicadores con una lista de verificación de preguntas clave/temas que deben ser contestadas en la definición de medidas específicas. Este esquema se utiliza en la sección 4 para desarrollar un marco de indicadores con protocolos específicos para los indicadores seleccionados. El objetivo principal de un marco de indicadores es evitar un enfoque arbitrario y ad hoc para medir y evaluar los aspectos clave de la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas, sino que asegurar un enfoque a corto, mediano y largo plazo.

Contexto

Es imprescindible que cada indicador tenga una justificación clara y razonable de ser seleccionado. Esto debería aclarar la razón de utilizar indicadores específicos y responder ciertas preguntas: ¿a qué objetivo o resultado contribuye? ¿Cómo apoyará las políticas y monitorea sus efectos? ¿Qué pregunta estamos tratando de responder? ¿Cómo ayuda en la construcción del estado de la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas de Chile?

Resultados / objetivos

Es importante que cada indicador proporcione una explicación concisa en cuanto a cómo contribuye a objetivos nacionales. Los indicadores pueden proporcionar información directa, necesaria para evaluar un resultado específico, o puede proporcionar datos de línea base, utilizados para comprender y evaluar otros indicadores o medidas. Si lo último es cierto, la explicación debe incluir una descripción de qué indicadores se requieren para datos de línea base. Ejemplo de un indicador que puede ser usado directamente para evaluar el resultado de los objetivos:

Resultado del objetivo	Indicador	Medición	Descripción
Prevención de disminución poblacional y extinciones	Estatus de taxones altamente amenazados	Número de taxones nativos probablemente extintos	Medida cuantitativa de un objetivo principal de conservación

A continuación se presenta un ejemplo de indicador que proporciona una mejor comprensión de información de línea base. Debe tenerse en cuenta que estos indicadores contribuyen a múltiples otros indicadores, los cuales requieren series de clima base como datos de línea base.

Resultados del objetivo	Indicador	Medición	Descripción
Variabilidad y Cambio Climático	Cambio clima	Climas promedios, índices y eventos extremos, series de tiempo y tendencias estadísticas	Información de línea base para evaluar y analizar cómo ha contribuido el cambio climático con la extinción o disminución de poblaciones de taxones clave

Preguntas / hipótesis

Un indicador generalmente responde una pregunta, representa un estado de espera o deseable o explícitamente representa una hipótesis acerca de los cambios esperados o relaciones causales, por ejemplo, cambios específicos en el clima y en componentes de la biodiversidad. La formulación puede variar, no obstante, cada indicador debe tener claro si va ser utilizado para evaluar cambio, esfuerzos o impactos. Al considerar las tendencias de la biodiversidad en el contexto del cambio climático, la pregunta se puede dividir en tres grandes categorías.

Impactos del cambio climático en la biodiversidad: Para medir el efecto del cambio climático en los componentes seleccionados de la biodiversidad, se debe tomar en cuenta el efecto directo e indirecto del clima sobre la diversidad biológica (ver sección 3.1.1). La formulación de la pregunta debería dejar claro cuáles son los efectos a estudiar y medir.

El cambio climático es sólo uno de los posibles factores de cambio y rara vez actúa de forma aislada. Por lo tanto, una pregunta crucial que debemos hacernos es si ¿el indicador está influenciado por uno o pocos factores bien conocidos, es decir, cómo se puede interpretar el indicador?. En las siguientes secciones sobre colecta (3.2) y análisis de datos (3.3), se profundiza en cómo tratar otros factores que afectan la biodiversidad. Sin embargo, si se dispone de suficiente información, puede ser útil enumerar factores de cambio ya conocidos y cómo podrían interactuar con los efectos del cambio climático.

Impacto de los cambios en la biodiversidad o en la integridad de los ecosistemas y la respuesta de la sociedad a estos cambios: Indicadores socioeconómicos adecuados deben enmarcarse para mostrar el impacto y el apoyo u oposición a las políticas o acciones específicas para promover los objetivos nacionales de biodiversidad. Estos indicadores deben ser específicos en cuanto a lo que miden, por ejemplo, las consecuencias negativas o positivas específicas del cambio climático y las respuestas al cambio o respuestas específicas de políticas o de compromisos en la conservación o acciones de uso sostenible.

Eficacia y eficiencia de los esfuerzos/políticas de conservación: Los indicadores pueden referirse específicamente a medidas que apuntan a: (i) ayudar a la sociedad frente a las consecuencias de los cambios en la biodiversidad y en los servicios ecosistémicos bajo climas futuros (mitigación y adaptación), (ii) evitar la pérdida de la biodiversidad o de servicios ecosistémicos por el cambio climático, o (iii) la influencia de los efectos del cambio climático sobre la eficacia de las políticas de conservación, uso sostenible y/o prácticas de manejo de conservación.

Biodiversidad/componente de los servicios ecosistémicos

Con el objetivo de pasar de la formulación del indicador (sección 3.1.2) a su implementación (sección 3.2 y 3.3), es necesario describir detalladamente el componente de la biodiversidad que está siendo estudiado, medido o monitoreado. Es necesario especificar su:

- **Alcance geográfico:** Una descripción del área de interés y razones de su selección. Puede incluir: (i) área de distribución potencial/real de los ecosistemas o especies seleccionadas, (ii) zonas donde se esperan los mayores cambios (puntos de cambio), o áreas donde se han establecido políticas o prácticas relevantes de gestión y cuáles efectos deben ser monitoreados. Las consideraciones prácticas, tales como la existencia de una red de monitoreo a largo plazo también proporcionan una buena justificación.
- **Aspecto temporal:** las prioridades y acciones de conservación son guiados por la información disponible sobre el estado de los componentes de biodiversidad seleccionados, cómo se desvían de la variabilidad natural o de una norma predefinida. Las desviaciones de una norma establecida, tienen que ser definida en términos de la variabilidad natural/esperada. La descripción también puede proporcionar una línea de tiempo que indica el plazo en el que los cambios suceden o son esperados. Esto puede ser especialmente relevante en el monitoreo de políticas específicas.
- **Representatividad:** Es importante describir explícitamente el componente de la biodiversidad meta y su conservación para saber si el indicador es un resultado del objetivo, o es un indicador de un componente de biodiversidad de un nivel superior (por ejemplo, la disminución de especies clave pueden ser indicadores del estado de salud del ecosistema). Algunos indicadores pueden reportarse de forma directa; mientras que otros no, pero proporcionan información esencial necesaria para entender los cambios o tendencias en otros indicadores.

Bases científicas y conceptuales

Las bases científicas y conceptuales forman la base de los indicadores. Si hay indicadores ya existentes (internacionales), debe darse una referencia de los esquemas internacionales. Como otras fuentes posibles de información, pueden incluirse literatura e informes científicos. La información relacionada con propiedades estadísticas y requisitos técnicos es abordada en las secciones de colecta (3.2) y análisis de datos (3.3).

Conformidad nacional y compatibilidad internacional

Aparte de los objetivos específicos nacionales de conservación de la biodiversidad, se debe mencionar si los indicadores cumplen con leyes y políticas nacionales relevantes. Esto es particularmente importante cuando el sistema de monitoreo se desarrolla con varios objetivos en mente. Un ejemplo de monitoreo es el sistema de aguas continentales del país. Un sistema de monitoreo ya establecido, ofrece oportunidades pero también requiere de un diagnostico cuidadoso de cómo la colecta y análisis actual de datos puede ser utilizada para abordar la pregunta formulada anteriormente. Es importante saber si el indicador es compatible con otros indicadores internacionalmente utilizados. Aquellos indicadores compatibles con los desarrollados en otros lugares permitirán interoperabilidad, reducir costos de desarrollo y disponibilidad de tecnología, y facilitar el reporte estandarizado internacionalmente.

Colección, análisis y curación de los datos

En esta sección se ofrece una lista de variables que describen los protocolos para la colecta, análisis, curación y difusión de los datos. No todas las variables son importantes para todos los indicadores, y el nivel de detalle puede variar dependiendo de la etapa de desarrollo de cada protocolo.

Durante cada fase, desde la colecta hasta la difusión de los datos, se colectan y generan nuevos datos. La pregunta es cómo y dónde debe definirse la propiedad de los datos y los derechos de los usuarios. Es posible abordarlo en la sección de responsabilidades, o añadir una cláusula adicional en cada etapa relativa a los acuerdos de propiedad de los datos y el uso compartido. Alternativamente, puede añadirse una sección separada o documento que proporcione detalles sobre la propiedad, acuerdos de intercambio y las condiciones del usuario final.

Así mismo, en algunos casos puede ser necesario desarrollar distintos protocolos para el almacenamiento y distribución de datos originales (datos de campo o datos de otras fuentes, sección 3.2) y datos finales para los usuarios (de análisis de datos, la sección 3.3). Esto es particularmente relevante cuando diferentes instituciones se involucran en las distintas etapas.

Colecta de datos

La colecta de datos es la base de cualquier sistema de monitoreo y se basa en las preguntas específicas formuladas, el ámbito geográfico y el período de tiempo. Junto con el análisis de datos (sección 3.4), se crean “medidas” descritas en el Cuadro 1 en la sección 2. La descripción debe dar una explicación de la metodología y las fuentes de información utilizadas para responder las preguntas realizadas en la sección 3.1. Pueden utilizarse el siguiente conjunto de datos (la aplicabilidad de las distintas variables dependerá del tipo de datos colectados y las fuentes de datos):

- **Datos de línea base:** Para asegurar compatibilidad debe compararse los datos actuales y futuros. Si las mediciones o las fuentes de datos actuales son diferentes, debe proporcionarse una explicación de cómo abordar las posibles diferencias (sección 3.3). La descripción debe incluir una explicación del tipo de datos de línea base. Por ejemplo, la línea base para la presencia de una especie sería su rango potencial ecológico. Sin embargo, esta información normalmente es desconocida, por lo que se puede utilizar la distribución de la especie.
- **Colecta de datos:** descripción de los detalles técnicos y científicos de la colecta. Debe incluirse información de las siguientes variables:
  - Monitoreo/tipo de dato: por ejemplo, estudios de campo, muestreo en parcelas permanentes, sensores remotos, manejo de ecosistemas
  - Elementos de los datos/variables: ¿que está siendo medido/recolectado?
  - Descripción de las fuentes de datos (origen, custodio)
  - Unidades de medidas en las que se expresan las variables (unidades por km^2, número de personas, porcentaje de cambio) y el tamaño y enfoque de las muestras
  - Escala y cobertura geográfica/resolución de los datos
  - Plazo (duración y frecuencia de los muestreos). Normalmente relacionados a la variabilidad natural patrones temporales de las variables medidas
  - Metodología utilizada para la colecta de los datos, incluyendo una descripción del diseño de muestreo
  - Referencias (literatura, informes, anexos) que explican la metodología en detalle. En el anexo 3, se describe una lista de documentos relevantes para la colecta de datos.

- **Compatibilidad:** ¿Los métodos son similares a sistemas, protocolos o tecnologías nacionales e internacionales ya adoptadas? Proporcionar referencias cuando sea posible. ¿Los datos cumplen con estándares de calidad (exactitud, precisión, resolución, confiabilidad, repetitividad, reproducibilidad, pertinencia, capacidad de auditar, exhaustividad y actualidad)?
- **Responsabilidades:** Descripción de las responsabilidades de la organización encargada de la base de datos. Incluye información sobre los requisitos de intercambio de los datos e informes, formato de entrega de los datos y los responsables de la digitalización y manejo de la base de datos.
- **Requisitos técnicos:** es necesaria una descripción detallada de las habilidades, conocimientos y equipos necesarios para evaluar la viabilidad de un indicador. Al haber disposición en el futuro de nuevas tecnologías y métodos, será imprescindible una descripción detallada de las normas y requisitos actuales para asegurar la consistencia de las metodologías, equipo a largo plazo y la compatibilidad de los resultados en caso que se adopte nuevas tecnologías o métodos. Además, es esencial proporcionar información sobre requisitos técnicos para garantizar la calidad de los datos, en el caso que el muestreo sea realizado por distintas instituciones, sitios y tiempo.
- **Limitaciones e incertidumbres:** Describir las posibles limitaciones de los datos en términos de utilidad y precisión (respuesta lenta a la presión, mala calidad de los datos y actualización limitada). Incluya posibles soluciones para adaptarse.

Análisis de datos

Con el objetivo de poder repetir los muestreos y mantener la consistencia en el tratamiento y análisis, los datos (métodos y herramientas analíticas) deben ser explicados con suficiente detalle, principalmente si los análisis son llevados a cabo por distintas instituciones (distintos momentos y lugares). El formato de los datos puede variar dependiendo del tipo de dato y análisis, pero la descripción del análisis de los datos debe generalmente incluir:

- **Metodología:** descripción de los métodos
  - Tener cuidado para evitar ambigüedad, es decir, la mención de un método puede no ser suficiente si hay múltiples implementaciones o interpretaciones de dicho método.
  - Incluir referencias relevantes que describen en detalle la metodología propuesta y si es necesario proporcionar antecedentes.
  - Incorporar las unidades de las variables muestreadas (km^2, porcentaje de cambio, número de personas)
  - Si fuese necesario, incluir metodologías de reducción/aumento de escala de los resultados.
- **Requisitos técnicos:** es necesaria una descripción detallada de las habilidades, conocimientos y equipos (herramientas, materiales e instalaciones). Incluir además, información de la versión del equipo/programa utilizado, ya que podría cambiar en el futuro.
- **Compatibilidad:** ¿Los métodos son similares a sistemas, protocolos o tecnologías nacionales e internacionales ya adoptadas? Proporcionar referencias cuando sea posible. ¿Los datos cumplen con estándares de calidad (exactitud, precisión, resolución, confiabilidad, repetitividad, reproducibilidad, pertinencia, capacidad de auditar, exhaustividad y actualidad)?
- **Responsabilidades:** Descripción de las responsabilidades de la institución encargada del análisis de los datos. Incluye información sobre los requisitos de intercambio de los datos e informes, formato de entrega de los datos y los responsables del almacenamiento e intercambio de la base de datos (esto puede describirse en la siguiente sección sobre almacenamiento y difusión). Podría además, desarrollarse una nueva sección que incluya la propiedad y acuerdo de intercambio de datos.

- **Limitaciones e incertidumbres:** Describir las posibles limitaciones de los datos en términos de utilidad y precisión (respuesta lenta a la presión, mala calidad de los datos y actualización limitada). Incluya posibles soluciones para adaptarse.

Almacenamiento de los datos

El almacenamiento adecuado y seguro de los datos colectados y analizados es clave para cumplimiento de los objetivos de una red de monitoreo a largo plazo. Es necesario por lo tanto, describir detalladamente los protocolos y estrategias para el almacenamiento de datos para asegurar el cumplimiento de los entes involucrados a través del tiempo. A continuación se describen aspectos importantes para tomar en cuenta dentro de los protocolos de manejo de datos, no obstante, dependiendo del tipo de datos y de la institución encargada del manejos de las bases de datos, estos aspectos pueden describirse por separado ya sea para los datos de la colección de los datos (datos brutos) y salidas del análisis de los datos (datos finales que serán compartidos con los usuarios finales);

- Propiedad y custodia
- Protocolos de almacenamiento
- Plantilla utilizada para la entrada de los datos
- Responsable de la entrada de los datos, control de calidad, auditoría, documentación de los datos (metadato)
- Requisitos técnicos (hardware, software y experiencia técnica)

Una estrategia/protocolo puede ser suficiente si los datos recolectados son de la misma naturaleza y pertenecen a una única institución. En tal caso, la descripción del indicador puede referirse a un documento que describe el protocolo de almacenamiento de datos. Por otro lado, para un sistema nacional de monitoreo de biodiversidad, pueden esperarse distintos tipos de datos, obtenidos de varias fuentes de datos y manejadas por diferentes instituciones, por lo que cada indicador (o grupo de indicadores) requerirá de su propio protocolo de almacenamiento.

Componentes para el diseño de la red de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático

Factibilidad temporal en la implementación de los indicadores

Como resultado de las discusiones en las diferentes mesas de trabajo llevadas a cabo, se establecieron tres grupos de indicadores desde la perspectiva de la posibilidad de implementación basada en los esfuerzos que ya realizan las instituciones en materia de monitoreo de la biodiversidad, el nivel de esfuerzo en ajustar los análisis actuales a un contexto de cambio climático y los requerimientos o facilidades de reanálisis de los datos existentes.

Tiempo Implementación ↓

Grupo	Características
I	▪ Indicadores que están siendo implementados por Instituciones públicas ▪ Algunos indicadores requerirán ajustar el análisis y evaluación a un contexto de cambio climático ▪ Existe la oportunidad de medir los indicadores a partir de series temporales existentes aplicando técnicas de reanálisis de datos históricos
II	▪ Indicadores que están siendo implementados por Instituciones públicas donde toman en cuenta biodiversidad pero de forma parcial ▪ Se requiere complementar metodologías para incorporar toda la biodiversidad ▪ Se requiere homologación de metodologías entre instituciones públicas que realizan el mismo monitoreo ▪ Existe la oportunidad de medir los indicadores a partir de series temporales existentes aplicando técnicas de reanálisis de datos históricos
III	▪ Surgen como nuevos indicadores en un contexto de cambio climático ▪ Se requiere desarrollo de los indicadores probablemente a través de investigación ▪ Se requieren esfuerzos de pruebas piloto de implementación

Protocolos de Indicadores con factibilidad de implementación en una primera fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático

Cuadro 3. Indicadores con factibilidad de implementación en una primera fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático

Resultado específico	Mantenimiento/conservación de la composición del ecosistema nativo y representación de la biodiversidad		
Objetivo 1	**Mantener o mejorar la representación del ecosistema[2]**		
Indicador 1.1	Cambios en superficie (área) de la cobertura vegetal / ecosistema		Ámbito
	1.1.1	Δ Superficie vegetación azonal activa	Acuático continental (Humedales)
	1.1.2	Δ en el estado de conservación de los ecosistemas	Terrestre
Objetivo 2	**Mantener la composición y diversidad de especies (especies, grupos funcionales, etapas de la historia natural, diversidad trófica y complejidad estructural)**		
Indicador 2.1	Estructura poblacional y abundancia de especies		Ámbito
	2.1.1	Δ Abundancia especies arbóreas y arbustivas	Terrestre
	2.1.2	Δ Abundancia especies vegetales	Terrestre

2 Puede presentarse en términos de diversidad ambiental dentro de un ecosistema y descrito por factores como: clima, suelo, topografía, regímenes de disturbio que afectan los patrones y procesos de distribución de los ecosistemas. La conservación de una amplia gama de ecosistemas, asegurará la conservación de una amplia gama de procesos evolutivos. Puede darse prioridad a los sistemas más vulnerables al efecto del cambio climático (o impactos humanos).

Objetivo 3	**Reducir la invasión de especies exóticas/invasivas y su impacto en ecosistemas nativos**		
Indicador 3.1	Impacto especies invasoras o plagas		Ámbito
	3.1.1	Δ Estado de la vegetación por especies invasoras o Plagas forestales	Terrestre
Resultado específico	**Mantener, fortalecer y restaurar funciones y servicios ecosistémicos**		
Objetivo 4	**Mantener o restaurar los procesos clave del ecosistema clave, como la productividad primaria, descomposición, interacciones bióticas, ciclo de nutrientes y producción de agua, fundamentales para el funcionamiento del ecosistema, los cuales son vulnerables a los cambios climáticos futuros**		
Indicador 4.1	Calidad de las condiciones ambientales necesarias para mantener los procesos del ecosistema (indicadores abióticos)		Ámbito
	4.1.1	Temperatura del agua (calidad del agua)	Acuático continental (Lagos)
	4.1.2	Turbidez (calidad del agua)	Acuático continental (Lagos)
	4.1.3	Caudales (calidad del agua)	Acuático continental (Ríos)
	4.1.4	Conductividad (calidad del agua)	Acuático continental (Ríos)
	4.1.5	Superficie cuerpo de agua	Acuático continental (Humedales)
	4.1.6	Retroceso glaciares	Terrestre
Indicador 4.2	Fenología temporal/procesos demográficos		Ámbito
	4.2.1	Índice de vegetación (Fenología de plantas)	Terrestre
Resultados específicos	**Cambio climático y variabilidad climática**		
Objetivo 5	**Series de clima base**		
Indicador 5.1	Estrés hídrico (pp)		Ámbito
	5.1.1	Balance hídrico	Todos los sistemas
	5.1.2	Δ Precipitación	Todos los sistemas
	5.1.3	Índice aridez	Terrestre
	5.1.4	Humedad	Terrestre
	5.1.5	Viento	Terrestre
Indicador 5.2	Estrés Térmico		Ámbito
	5.2.1	Balance Térmico	Acuático continental (Humedales)
	5.2.2	Δ Temperatura	Acuático continental (Humedales/Ríos)
Indicador 5.3	Estrés Bioclimático		Terrestre

Indicador 1.1.1

Nombre del indicador

Superficie de la vegetación azonal activa

Ámbito: Terrestre

Objetivo

El impacto del cambio climático afecta a los ecosistemas en una variedad de maneras. Por ejemplo, el aumento del nivel del mar ocasiona la migración o extinción de especies de agua dulce, afectando la cadena trófica. El cambio climático además, interactúa con presiones humanas, agravando su impacto sobre especies y procesos ecológicos.

Por ejemplo, los humedales son hábitats especialmente sensibles y alteraciones en la temperatura o en la cantidad de suministro de agua, entre otros, podría afectar la sobrevivencia de las especies y la capacidad del humedal para proporcionar beneficios a las comunidades humanas.

El objetivo es facilitar una medida de alerta temprana de cambios en la distribución de las zonas de vegetación azonales como efecto del cambio climático, enfocado a humedales.

Variables

- Cambios en la superficie cubierta de vegetación del humedal, basados en el índice de agua de diferencia normalizada (NDWI).
- Superficie cubierta de vegetación en el humedal, calculada sobre la base de NDVI reflectividad media-infrarroja

Agencia responsable

Ministerio del Medio Ambiente

Resolución espacial: km^2

Unidades en las que se expresa

km^2 o cambio porcentual

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

- Para la Quebrada de Villalobos, en el altiplano de la Región de Atacama, se estudió la línea base para un "análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica", abarcando el período de 1995 al 2014.
- Marquet et al. (2012) proporcionan un análisis de los impactos del cambio climático sobre los humedales andinos, utilizado para identificar áreas prioritarias para el monitoreo.

Datos sensor

Se utiliza la reflectividad espectral de las bandas de las imágenes Landsat localizadas en la región visible (Blue (azul), Green (verde) y Red (rojo)), infrarroja cercana (NIR) y media (SWIR), Tabla 11:

Tabla 11. Rangos y bandas espectrales para cada sensor considerado

Nombre rango espectral	Bandas espectrales Landsat 5 y 7	Bandas espectrales Landsat 8	Bandas espectrales MODIS
Blue	B 1	B 2	B 3
Green	B 2	B 3	B 4
Red	B 3	B 4	B 1
NIR	B 4	B 5	B 2
SWIR 1	B 5	B 6	B 6
SWIR 2	B 7	B 7	B 7

Fuente: Elaboración propia, 2015

Método y esfuerzo

Se utiliza la metodología descrita en el MMA (2015): "La superficie vegetacional de los humedales se determinó usando como referencia los valores mínimos del SAVI. Estos valores dinámicos del índice, correspondientes al umbral mínimo de la vegetación en cada imagen procesada, se determina mediante el muestreo aleatorio de la vegetación al interior de cada humedal del Alto Andino seleccionado.

Para ello se usa la cobertura de humedales como sitios de extracción de muestras puntuales, las que se atributaron con los valores del SAVI iguales o mayores a 0,1. Luego se filtran los registros resultantes mediante la estandarización de los valores del SAVI correspondientes. Esto se logra aplicando el índice z-score centrado en un intervalo de confianza igual a (-2, 2). A la submuestra seleccionada se le aplica un análisis geo estadístico, atributando a los registros con el índice local de agrupamiento, la I de Moran adaptada por Anselin, excluyendo los valores "outiler" o aquellos puntos aislados con valores irregulares. De esta forma, la cobertura puntual entrega un conjunto representativo de los valores que alcanza el índice en la superficie cubierta con vegetación para cada humedal. La expresión utilizada para obtener la superficie cubierta con vegetación en el humedal (SCVH) fue:

SCVH = (SAVI >umbral mínimo SAVI muestreado > 0.1)

La superficie inundada en el humedal: La construcción del indicador considera la unión espacial de las superficies cubiertas con vegetación en obtenidas en todas las imágenes satelitales procesadas. El indicador localiza aquellos pixeles que alguna vez en el año se encuentran cubiertos por vegetación. La unidad física definida para el indicador fueron los metros cuadrados."

Formas de presentaciones más efectivas

- Mapas de cambio / tendencias
- Gráficos de tendencias mostrando el cambio porcentual

Límites de la utilidad y precisión

- Es necesario analizar la combinación de este indicador con otros factores de cambio (naturales o antropogénicos), tales como incendios, deforestación, cambio de manejo del paisaje, nuevas plantaciones, restauración de la vegetación, etc.
- Es requisito una continua validación en campo

Periodicidad

Anual

Indicadores estrechamente vinculados

Información adicional y comentarios

Se priorizan los humedales andinos por encima de 3,000 metros y con más de 270,000 m^2 (300 píxeles LandSat) de superficie (Tabla 10, MMA 2015).

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Ahumada, M., Aguirre, F., Contreras, M., and A. Figueroa. 2011. Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos. División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, la Unidad de Gestión Ambiental del Departamento de Protección de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero y el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas

Castro Ríos, R. and C. Verdugo. 2014. Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada de Villalobos, altiplano Región de Atacama. Ministerio de Agricultura. ID: 612-11-LE14. DPR SC 16

Erwin, K. L. 2008. Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management* 17: 71–84.

Junk, W. J., An, S., Finlayson, C. M., Gopal, B., Květ, J., Mitchell, S. A., Mitsch, W. J., & Robarts, R. D. 2012. Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic Sciences* 75: 151–167.

Marquet, P., Abades, S., Armesto, J., Barria, I., Arroyo, M. T. K., Cavieres, L., Gajardo, R., Garín, C., Labra, F., Meza, F., Prado, C., Ramírez de Arellano, P., & Vicuña, S. 2012. Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático. Licitación 1588-133-LE09. Centre de Cambio Global, UC, Santiago, Chile.

MMA. 2015. Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, chili. 43 p.

Indicador 1.1.2

Nombre del indicador

Cambio en el estado de conservación de los ecosistemas

Ámbito: Terrestre

Objetivo

El objetivo de este indicador es proporcionar una medida de alerta temprana de cambios en la distribución de los ecosistemas chilenos como efecto del cambio climático y otras amenazas antropogénicas.

Variables

Variación porcentual de la superficie

Agencia responsable

Ministerio del Medio Ambiente con la colaboración de otras instituciones para ambientes específicos

Resolución espacial

Hectáreas

Unidades en las que se expresa

"El modelo de la UICN se compone de cuatro grandes criterios de análisis de síntomas de riesgo de que el ecosistema pierda sus rasgos característicos. De estos cuatro criterios, dos se relacionan directamente con la distribución espacial del ecosistema. Estos son "reducción de la distribución" y "distribución restringida". Las otras dos categorías se relacionan con síntomas funcionales: el primero evalúa la degradación del ambiente abiótico y, el segundo, la alteración de procesos e interacciones biológicas. Además, cuenta con un quinto criterio relacionado a un modelo de estimaciones probabilísticas del riesgo de colapso de los ecosistemas (Keith et al, 2013).

Las categorías utilizadas para la clasificación, corresponden básicamente a las mismas categorías de la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN, ello fundamentado en mantener un carácter genérico de evaluación (UICN, 2014). Comprende, por un lado, las siguientes categorías cuantitativas de riesgo (Rodriguez et al,2011): (i) En Peligro Crítico (CR); ii) En Peligro (EN) y iii) Vulnerable (VU) (UICN, 2001)), y, por otro lado, categorías cualitativas personalizadas para los ecosistemas: iv) ecosistemas que apenas no cumplen con los criterios cuantitativos para las tres categorías de amenaza, reciben la categoría de Casi Amenazado (NT); v) ecosistemas que, sin lugar a duda, no cumplen con ninguno de los criterios cuantitativos, los cuales reciben la categoría.

Preocupación Menor (LC); vi) ecosistemas para los cuales no se cuenta con datos suficientes para aplicar cualquier criterio, los que tendrán la categoría Datos Insuficientes (DD); y vii) ecosistemas que no han sido evaluados, por lo que reciben la categoría No Evaluado (NE). Por último, aparece la categoría de ecosistema Colapsado (CO), equivalente a la categoría de especie extinta (EX)."[3]

Descripción de los datos de origen

Método y esfuerzo

Formas de presentaciones más efectivas

Mapas indicando cambios anuales (o cualquier otro período acumulado) por píxel.

3 Tomado de: Pliscoff, P.2015.

Límites de la utilidad y precisión

Periodicidad
Bianual

Indicadores estrechamente vinculados
Indicadores superficie vegetación azonal activa y superficie bosque nativo.

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos
Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

IUCN (2015). *Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria, Version 1.0.* Bland, L.M., Keith, D.A., Murray, N.J., and Rodríguez, J.P. (eds.). Gland, Switzerland: IUCN. ix + 93 pp.

Pliscoff, P. (2015). *Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile.* Informe Técnico elaborado por Patricio Pliscoff para el Ministerio del Medio Ambiente. 63 p. Santiago, Chile.

Rodríguez J. et al. (2011). *Definición de Categorías de UICN para Ecosistemas Amenazados.* Conservation Biology, Volume 25 (2011): 21-29

Indicador 2.1.1

Nombre del indicador

Abundancia de especies arbóreas y arbustivas

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Tendencias de abundancia de especies son importantes predictores del cambio climático. Para que una especie sea capaz de ampliar su rango después de que ocurran cambios en el clima, se requiere una tendencia estable (o positiva) de la abundancia (Mair et al. 2014). Por lo tanto, el monitoreo de la abundancia de las especies puede proporcionar un indicador sensible para el evaluar la influencia del cambio climático.

Identificar los cambios en la abundancia de especies de árboles y arbustos en el mediano y largo plazo y poner a prueba si estos cambios están relacionados con el cambio climático.

Variables

- Número de árboles por estratos de altura para diferentes clases de tamaño (estratos)
- Descripciones del sitio (Bahamondez et al. 2014), página 10-13.

Agencia responsable

Instituto Forestal (INFOR)

Resolución espacial

El inventario continuo de ecosistemas forestales cuenta con aproximadamente 1200 conglomerados de muestras distribuidos en todo el país. Estas muestras se localizan en forma sistemática en una grilla de 5x7 km organizadas de manera triangular. Cada parcela de conglomerado se sitúa dentro de 3 parcelas circulares concéntricas de 500 m^2 cada una (Bahamondez et al. 2014).

Unidades en las que se expresa

Número de individuos por especie por sitio de muestreo o (ha / km^2, etc.), para diferentes clases de edad.

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

"Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales", descrito en detalle por Bahamondez et al. (2014).

Datos de monitoreo

Datos de campo, de las mismas parcelas mencionadas anteriormente.

Método y esfuerzo

El inventario comprende el concepto de inventario continuo bajo un diseño estadístico en dos etapas en conglomerados de tres parcelas circulares concéntricas de 500 m^2 cada una, distribuidos en malla sistemática de 5x7 km.

Dentro de cada parcela, todas las especies (i.e. nombre y DAP) se registran con un diseño de muestreo anidado, lo que permite una medición eficaz de abundancia relativa o área basal por clase de edad por especie. Además, para cada sitio principal (bloques de 5x7 km) las características del sitio se registran; por ejemplo, las actividades de gestión, disturbios, condiciones edáficas, etc.

Formas de presentaciones más efectivas

- Los mapas basados en los datos agregados por bloques de 5x7 km, mostrando, por ejemplo, cambios en la abundancia de especies.
- Los gráficos de tendencias de la abundancia de las especies

Límites de la utilidad y precisión

La abundancia de especies puede no ser un indicador muy sensible a los ciclos de vida de larga duración de la mayoría de especies de árboles (cambio lento en la respuesta a las presiones). El éxito de la regeneración y la tasa de supervivencia de las plántulas pueden ser una medida más sensible. Idealmente, esto se llevaría a cabo en una base anual.

Periodicidad

Revisar la periodicidad del "Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales". Para monitorear el éxito de la regeneración o las tasas de supervivencia de las plántulas, la frecuencia del monitoreo debe ser anual.

Indicadores estrechamente vinculados

- Esto puede ser considerado como un sub-indicador del indicador Abundancia especies vegetales. Además se solapa con el indicador distribución especies seleccionados, ya que la abundancia también pueden utilizarse para estimar el rango de distribución de las especies.
- Es posible que las parcelas de este indicador puedan combinarse con los de la medición de la composición de epífitas (para los que se encuentran en los ecosistemas forestales)
- Este indicador proporciona información de apoyo para el indicador Superficie bosque nativo) entre otros, proporcionando los datos del campo para la identificación de los bosques nativos (en oposición a las plantaciones).

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Información adicional y comentarios

Los temas de discusión son:

- Se debe incluir todas las especies o enfocarse en especies sensibles al cambio climático
- Las parcelas permanentes deben ser lo suficientemente grandes para capturar la regeneración de las especies seleccionadas y las tasas de supervivencia de las plántulas (esto dependerá de la densidad de la ecología y la distribución de la especie).

Bibliografía

Bahamondez, C., Avila, A., Corti, D., Guiñez, R., Muñoz, J. C., Peña, O., Uribe, M., Rojas, C., Martin, M., Sagardia, R., & Rojas, Y. 2014. Los recursos forestales en Chile. Informe Final. Inventario continúo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales. INFOR.

Mair, L., Hill, J. K., Fox, R., Botham, M., Brereton, T., & Thomas, C. D. 2014. Abundance changes and habitat availability drive species/' responses to climate change. *Nature Climate Change* 4: 127–131.

Indicador 2.1.2

Nombre del indicador

Abundancia de especies vegetales

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Conocer los cambios de las abundancias de las especies y sus tendencias puede ser de gran utilidad para comprender el impacto del cambio climático en éstas poblaciones.

Identificar cambios en la abundancia de especies de árboles y arbustos en el mediano y largo plazo y evaluar si los cambios son inducidos por el cambio climático.

Variables

Número de individuos de las especies seleccionadas

Agencia responsable

- Instituto Forestal para las especies forestales
- Para otras especies, por determinar.

Resolución espacial

- Para las especies forestales, ver el indicador Abundancia especies arbóreas y arbustivas.
- Para otras especies la resolución puede ser parecida, pero la cobertura dependerá de los ecosistemas en los que habitan las especies seleccionadas.

Unidades en las que se expresa

- Número de individuos por especie por sitio de muestreo (o ha / km^2, etc.)
- Área de porcentaje (estimado sobre la base de muestras) de disminución de especies y porcentaje de superficie donde aumenta la abundancia de especies

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

Para las especies forestales, ver el indicador Abundancia especies arbóreas y arbustivas.

Para otras especies: por determinar

Datos de monitoreo

Datos de campo

Método y esfuerzo

Para especies forestales, ver la metodología implementada en el 'Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales' (Bahamondez et al. 2014.).

Para otras especies de plantas: contar el número de especies (o medir la cobertura de copa) en transeptos o parcelas (parcelas anidadas si se cuentan los individuos en diferentes clases de edad).

Se recomienda un enfoque estratificado para asegurar que la red de monitoreo sea capaz de detectar el impacto del cambio climático en la comunidad de especies vegetales. Los sitios establecidos de monitoreo deben: (1) cubrir toda la gama de condiciones ambientales en las que se encuentra la especie y (2) sitios donde podría distribuirse la especie en el futuro bajo climas futuros. Además, los sitios seleccionados no deben ser impactados o donde las amenazas antropogénicas están bien documentadas (estratificación de acuerdo a las amenazas antropogénicas). Para una discusión más detallada, ver el indicador 1.1.1.

Formas de presentaciones más efectivas

Gráficos de tendencias de las abundancias de las especies

Límites de la utilidad y precisión

La estructura de la población de especies, más que la simple abundancia, puede ser un índice más sensible para el cambio climático, especialmente para especies perennes.

Periodicidad

Anual

Indicadores estrechamente vinculados

- Indicador Abundancia especies arbóreas y arbustivas es una sub-indicador de este indicador.
- Se superpone con el indicador Distribución especies seleccionadas como datos de abundancia también se pueden utilizar para estimar el rango de distribución de las especies.
- Los datos del indicador Composición epífitas puede servir para responder a este indicador
- Este indicador proporciona información de apoyo para el indicador Superficie bosque nativo, entre otros, proporcionando los datos del campo para la identificación de los bosques nativos (en oposición a las plantaciones)

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Información adicional y comentarios

Los métodos para medir el impacto del cambio climático en las distribuciones de las especies, dependerán de las especies seleccionadas, sus características ecológicas y su distribución actual. Por lo tanto, un requisito previo para el desarrollo de indicadores basados en especies y los métodos para medirlos es la selección de especies indicadoras (qué monitorear) y sitios (donde monitorear).

Para permitir una rápida detección de los efectos del cambio climático, las especies principalmente son seleccionadas con base en su vulnerabilidad ante el cambio climático. Una consideración secundaria podría ser su representatividad para otras especies o el estado de los ecosistemas (una especie bandera o indicadora). Entonces, ¿qué hace que una especie sea vulnerable? Las especies pueden ser consideradas como altamente vulnerables al cambio climático si califican como altamente sensibles, altamente expuestos y de menor capacidad para la adaptación. De Foden et al. (2013):

- Sensibilidad: (a) pequeño nicho ambiental / tolerancia, (b) especialistas y (c) potencialmente sensibles ante detonantes ambientales.
- Adaptabilidad: (a) baja capacidad de dispersión y (b) pobre potencial micro-evolutiva debido a la baja diversidad genética, ciclos de vida largos y/o bajos niveles de reproducción.
- Exposición: (a) cambios en el rango de distribución como efecto del cambio climático.

En la actualidad la forma más viable para determinar la distribución de especies y sus cambios frente al clima futuro es a través del uso de modelos de nicho ecológico (Marquet et al. 2012). En un estudio sobre la vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre al nivel de especies y ecosistemas en Chile, Marquet et al. (2012) identificaron una serie de especies vulnerables a los cambios del clima y en peligro de extinción o amenazadas. Basado en el área de distribución perdida (que combina sensibilidad y exposición) y su estado de conservación, sugirieron enfocarse en ciertas especies para darle seguimiento al impacto del cambio climático, incluyendo a las especies mencionadas a continuación.

Especies de plantas identificadas como especies prioritarias para el monitoreo de cambio climático por Marquet et al. (2012).

Grupo	Especie	Propuesta	Estado
Dispersión ilimitada	Plantas	*Berberidopsis Corallina*	En peligro de extinción
		Orites myrtoidea	En peligro de extinción
		Haplopappus taeda	Vulnerable
Migración limitada	Plantas	*Festuca orthophylla*	Riesgo de extinción
		Nassauvia digitata	Riesgo de extinción
		Orites myrtoidea	En peligro de extinción
		Pitavia punctata	En peligro de extinción
		Ancrumia cuspitata	Vulnerable
		Haplopappus taeda	Vulnerable
		Tillandsia capilaris	Vulnerable
		Tillandsia landbeckii	Vulnerable
		Tillandsia usneoides	Vulnerable

Bibliografía

Bahamondez, C., Avila, A., Corti, D., Guiñez, R., Muñoz, J. C., Peña, O., Uribe, M., Rojas, C., Martin, M., Sagardia, R., & Rojas, Y. 2014. *Los recursos forestales en Chile. Informe Final. Inventario continúo de bosques nativos y actualizacion de plantaciones forestales*. INFOR.

Foden, W. B., Butchart, S. H. M., Stuart, S. N., Vié, J.-C., Akçakaya, H. R., Angulo, A., DeVantier, L. M., Gutsche, A., Turak, E., Cao, L., Donner, S. D., Katariya, V., Bernard, R., Holland, R. A., Hughes, A. F., O'Hanlon, S. E., Garnett, S. T., Şekercioğlu, Ç. H., & Mace, G. M. 2013. *Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. PLoS ONE* 8: e65427.

Marquet, P., Abades, S., Armesto, J., Barria, I., Arroyo, M. T. K., Cavieres, L., Gajardo, R., Garín, C., Labra, F., Meza, F., Prado, C., Ramírez de Arellano, P., & Vicuña, S. 2012. *Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático.* Licitación 1588-133-LE09. Centre de Cambio Global, UC, Santiago, Chile.

Mair, L., Hill, J. K., Fox, R., Botham, M., Brereton, T., & Thomas, C. D. 2014. *Abundance changes and habitat availability drive species/' responses to climate change*. *Nature Climate Change* 4: 127–131.

Indicador 3.1.1

Nombre del indicador

Cambio en la distribución de especies invasoras

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Es difícil predecir los efectos del cambio climático sobre especies exóticas/invasoras y su impacto en los ecosistemas nativos, dada la incertidumbre de los escenarios de cambio climático. Se sabe que el cambio climático afectará las distribuciones de las especies (Paremsan 2006; Hellman et al. 2008) y sus mecanismos de dispersión y colonización (Hellman et al. 2008; Masters & Norgrove 2010; Parmesan 2006).

El objetivo es reducir la invasión de especies exóticas / invasoras y su impacto en los ecosistemas nativos.

Variables

- Mapas de distribución, abundancias y datos registrados de erradicación de plagas de vertebrados que han puesto en peligro la integridad ecológica
- Mapas de distribuciones, abundancias y datos registrados de erradicación malezas exóticas y invertebrados considerados como amenaza

Agencia responsable

Corporación Nacional Forestal-Instituto Forestal en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Resolución espacial

Depende de la fuente de datos

Unidades en las que se expresa

- Mapas de distribución de plagas de vertebrados exóticos, malezas e invertebrados considerados como riesgo
- Mapas de datos de abundancia de malezas y plagas de invertebrados
- Erradicación de plagas específicas y los recursos utilizados

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

Hay que establecer la línea base

Datos de monitoreo

Datos de campo: datos de conteo (estimaciones de abundancia), mediciones de cobertura (cobertura) e información sobre la erradicación de infestaciones específicas y los recursos utilizados

Método y esfuerzo

Los sistemas de monitoreo y de alerta temprana son necesarios para identificar, localizar y poner en práctica una gestión adecuada del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad. Burgiel y Muir (2010) mencionan la importancia de considerar las siguientes prioridades:

- Conocimiento ecológico de: ecosistemas que podrían potencialmente ser afectados por especies invasoras, especies dominantes y tendencias de alteración y degradación de hábitats.
- Información biológica detallada de poblaciones y especies específicas.
- Una constante generación y recolección de datos para desarrollar modelos de predicción de especies invasoras y de cambio climático.
- Lecciones aprendidas sobre restauración de ecosistemas y manejo de servicios ecosistémicos.

Formas de presentaciones más efectivas
Por determinar, depende de la especie

Límites de la utilidad y precisión

Periodicidad
1–10 años (dependiendo de la especie).

Indicadores estrechamente vinculados

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos
Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Hellmann et al. 2008. *Five Potential Consequences of Climate Change for Invasive Species*. Conservation Biology, Volume 22, No. 3, 534–543

Parmesan, C. (2006). *"Ecological and evolutionary responses to recent climate change."* Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 37: 637-669.

Burgiel, S.W. and A.A. Muir. 2010. *Invasive Species, Climate Change and Ecosystem-Based Adaptation: Addressing Multiple Drivers of Global Change.* Global Invasive Species Programme (GISP), Washington, DC, US, and Nairobi, Kenya.

Masters, G.; Norgrove, L. 2010. *Climate change and invasive alien species*. CABI Working Paper 1, 30 pp.

Indicador 4.1.1 e Indicador 4.1.2

Nombre del indicador

Temperatura y turbidez del agua

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo
Detectar cambios de parámetros físico-químicos de los lagos del país a mediano y largo plazo

Variables
Temperatura y turbidez del agua

Agencia responsable
Dirección General de Aguas

Resolución espacial

Unidades en las que se expresa
Porcentaje de cambio de variables físico-químicas

Descripción de los datos de origen
Datos de línea base
Por determinar
Datos de monitoreo
Datos de campo

Método y esfuerzo
La medición de la temperatura del agua y la turbidez se realiza con una sonda multiparamétrica científica a través de distintos tipos de muestreo *In Situ* (metodología propuesta por el Laboratorio ambiental de la Dirección General de Aguas -LADGA-IM-01 v1 y 09 v1: 1) muestro desde carro de aforo, 2) muestreo desde puente, 3) muestreo por vadeo y 4) muestreo desde orilla.

La sonda multiparametro se define como una "combinación de varios sensores, electrodos o unidades principales de sonda que forma una pieza de equipamiento completa e independiente que mide simultáneamente varios parámetros para perfilar, controlar al azar o registrar indicaciones o datos. Una sonda multiparamétrica es un instrumento multiparamétrico" (DGA 214b).

La turbidez se puede también medir a través de sensores (Transmisómetro y Nefelómetro), con disco Secchi o con sensores de la familia Landsat y MODIS.

Formas de presentaciones más efectivas
Gráficos de tendencia, de porcentaje de cambio

Límites de la utilidad y precisión
Las variables físicas deben ser calibradas a la realidad local para que se puedan utilizar los marcos legales vigentes. Se debe contrastar la información con datos levantados en terreno y analizados en un laboratorio certificado.

Periodicidad
Cada año

Indicadores estrechamente vinculados
Temperatura del agua (temperatura del aire (°C), pH, oxígeno disuelto, conductividad, caudal), Turbidez (zooplancton y fitoplancton)

Información adicional y comentarios

Según la DGA (2014b) el uso correcto de las sondas multiparametro: "Es deber del funcionario a cargo de la sonda multiparamétrica tener conocimiento de los contenidos y alcances de los manuales del fabricante de la sonda multiparamétrica disponible en su región. El funcionario deberá conocer el modo de uso recomendado de la sonda, así como los errores más frecuentes y las acciones para solucionarlos".

El manual de Uso de Sondas Multiparametro de la DGA (2014b), describe los pasos a seguir para la mantención adecuada de las sondas.

Durante los muestreos de aguas, es importante colectar información adicional de los sitios de estudio, utilizando el siguiente equipo (DGA 2014a): o Instrumentos de localización del punto de muestreo, tipo GPS u otro similar, en sistema de coordenadas UTM Datum, WGS84 Universal, indicando HUSO; o Cámaras fotográfica y/o de video, para recoger evidencia gráfica del lugar; o Pilas o baterías adecuadas para alimentación de cámaras.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Se aportan referencias de carácter general asociadas a la medición de indicador u otros estudios relacionados

APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for Water and Wastewater Examination* (2005), 21th Edición en Inglés. (Título en Español Manual de Métodos Estándares para Análisis de Aguas y Aguas Residuales).

DGA (Dirección General de Aguas), *Laboratorio Ambiental. 2014a. Muestreo de Aguas Superficiales*. N°1 V°0. 9 pp.

DGA (Dirección General de Aguas), Laboratorio Ambiental. 2014b. *Uso de zonas Sondas Multiparametros*. LADGA-IM-09 V1. 4 pp.

Norma Chilena 411/3 Of.96. *Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.*

CENMA-DGA. 2010. *Estudio: "Diagnóstico y Acompañamiento al Muestreo de las Redes de Calidad de Aguas de la Dirección General de Aguas".*

Instructivo N°1: *Muestre de aguas superficiales,* versión: 00. Fecha 16-06-2008. Laboratorio Ambiental.

Reglamento interno de orden, higiene y seguridad del Ministerio de Obras Públicas

Manual de Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i y según Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2520-B

Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores). (2015). *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación.* Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. 208 pp.

Determinación en laboratorio basado en el Manual de Empleo Turbiquant 1000IR, Merck y según Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005. Método 2130-B.

Centro de Ecología Aplicada. 2014. *Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas.* Dirección General de Aguas, Departamento de conservación y protección de recursos hídricos. 212 pp.

Ministerio de Medio Ambiente. 2015. *"Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales".* Informe N° 2. Santiago, Chile. 43 pp.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Centro de Inteligencia Territorial (CIT). 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales.* Fichas Metodológicas. ID N° 608897-12-LE15. Gobierno de Chile, Santiago. 20 pp.

Indicador 4.1.3 e Indicador 4.1.4

Nombre del indicador

Caudales y conductividad del agua

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo
Detectar cambios de parámetros físico-químicos de los lagos del país a mediano y largo plazo

Variables
Caudal (l/s)
Conductividad (µs/cm)

Agencia responsable
Dirección General de Aguas

Resolución espacial

Unidades en las que se expresa
Litros/segundo (l/s) o m^3/segundo (m^3/s), µSiemens/centímetro (µs/cm)

Descripción de los datos de origen
Datos de línea base
Por determinar
Datos de monitoreo
Datos de campo

Método y esfuerzo
La medición de las variables se realizan *In Situ* con una sonda multiparamétrica científica (DGA 2014a, DGA 2014b) y/o a través de electrodos selectivos de iones (conductividad) (MMA 2015).

La sonda multiparametro se define como una "combinación de varios sensores, electrodos o unidades principales de sonda que forma una pieza de equipamiento completa e independiente que mide simultáneamente varios parámetros para perfilar, controlar al azar o registrar indicaciones o datos. Una sonda multiparamétrica es un instrumento multiparamétrico" (DGA 214b).

Formas de presentaciones más efectivas
Gráficos de tendencia, de porcentaje de cambio

Límites de la utilidad y precisión

Periodicidad
Cada año, estacional

Indicadores estrechamente vinculados
Medida indirecta de la cantidad de iones en solución (principalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio); Temperatura del agua (al aumentar esta aumenta la conductividad)

Información adicional y comentarios
Según la DGA (2014b) el uso correcto de las sondas multiparametro: "Es deber del funcionario a cargo de la sonda multiparamétrica tener conocimiento de los contenidos y alcances de los manuales del fabricante de la sonda multiparamétrica disponible en su región. El funcionario deberá conocer el modo de uso recomendado de la sonda, así como los errores más frecuentes y las acciones para solucionarlos".

El manual de Uso de Sondas Multiparametro de la DGA (2014b), describe los pasos a seguir para la mantención adecuada de las sondas.

Durante los muestreos de aguas, es importante colectar información adicional de los sitios de estudio, utilizando el siguiente equipo (DGA 2014a): o Instrumentos de localización del punto de muestreo,

tipo GPS u otro similar, en sistema de coordenadas UTM Datum, WGS84 Universal, indicando HUSO; o Cámaras fotográfica y/o de video, para recoger evidencia gráfica del lugar; o Pilas o baterías adecuadas para alimentación de cámaras.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores). (2015). La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. 208 pp.

Centro de Ecología Aplicada. 2014. Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas. Dirección General de Aguas, Departamento de conservación y protección de recursos hídricos. 212 pp.

DGA (Dirección General de Aguas), Laboratorio Ambiental. 2014a. Muestreo de Aguas Superficiales. N°1 V°0. 9 pp.

DGA (Dirección General de Aguas), Laboratorio Ambiental. 2014b. Uso de zonas Sondas Multiparametros. LADGA-IM-09 V1. 4 pp.

Ministerio de Medio Ambiente. 2015. “Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales”. Informe N° 2. Santiago, Chile. 43 pp.

Indicador 4.1.5

Nombre del indicador

Superficie del cuerpo de agua

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo

Medir variaciones significativas en la superficie de cuerpos de agua de los humedales del país con el fin de identificar aumentos o disminuciones de la cantidad de agua.

Variables

Superficie inundada en el humedal (SIH)

Agencia responsable

Ministerio del Medio Ambiente

Resolución espacial

Lagos y lagunas de Chile

Unidades en las que se expresa

km^2

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

Por determinar

Método y esfuerzo

(con Landsat y Modis) Se recomienda usar el protocolo establecido por el MMA (2015):

"La superficie cubierta con agua en los cuerpos lacustres estudiados se obtuvo mediante la extracción de los pixeles inundados. Para ello se usó como referencia al índice espectral normalizado para el agua (NDWI), usando como valor mínimo del NDWI igual a 0,2. No obstante, se comprobó este valor para cada imagen satelital, con el fin de omitir errores por cambios asociados a las dinámicas naturales. Se obtuvo la superficie de lámina de agua en los cuerpos lacustres usando la siguiente expresión:

$$SCL=NDWI, \text{ con } NDWI>0{,}2 \ (pixel\ inundado) \quad (24)$$

Considerando que SCL es la cobertura con la superficie del cuerpo lacustre seleccionado. La obtención del índice construido para distintas fechas del año conformó la base de superficies lacustres usadas para la construcción del indicador medio ambiental. De esta forma, la cobertura utilizada como base para la caracterización del grado de eutrofización de cada cuerpo lacustre se obtuvo utilizando la expresión:

$$SACL=\cup SCLii=ni=1 \quad (25)$$

En donde $SACL$ corresponde a la superficie anual cubierta por el cuerpo lacustre. Esta formulación considera que cada pixel del cuerpo lacustre caracterizado se encuentra inundado al menos una vez en el año, incorporando las variabilidades estacionales de las superficies de lagos y lagunas.

Formas de presentaciones más efectivas

Gráficos de tendencia de cambio en la superficie de los cuerpos de agua

Límites de la utilidad y precisión

Periodicidad

Cada año

Indicadores estrechamente vinculados

Temperatura del agua

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:

Contacto:

Mail:

Bibliografía

Ministerio de Medio Ambiente. 2015. "*Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales".* Informe N° 2. Santiago, Chile. 43 pp.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Centro de Inteligencia Territorial (CIT). 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales.* Fichas Metodológicas. ID N° 608897-12-LE15. Gobierno de Chile, Santiago. 20 pp.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Centro de Inteligencia Territorial (CIT). 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales. Informe Final.* Gobierno de Chile, Santiago. 145 pp.Centro de Ecología Aplicada. 2014.

Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas. Dirección General de Aguas, Departamento de conservación y protección de recursos hídricos. 212 pp.

Indicador 4.1.6

Nombre del indicador

Retroceso de glaciares

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo

Evaluar la variación anual de la superficie glaciar (SACCG)

Variables

- Normalized Difference Snow Index (NDSI)

Definición: permite obtener la superficie cubierta por hielo y nieve, extrayendo aquellos pixeles con valores sobre 0,4.

Fórmula:

$$NDSI=(GREEN-SWIR)/(GREEN+SWIR)$$

Dónde:
GREEN: reflectividad en la banda del verde.
SWIR: Infrarrojo de onda corta.

- Normalized Difference Water Index (NDWI)

$$NDWI=(GREEN-NIR)/(GREEN+NIR)$$

Dónde:
GREEN: reflectividad en la banda del verde.
NIR: reflectividad
d en la banda del infrarrojo cercano.

Agencia responsable

A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)

Resolución espacial

Glaciares de Montaña, Glaciaretes y Campos de Hielo. Identificados a lo largo del país. La cobertura dependerá de la disponibilidad de imágenes óptimas para caracterizar los glaciares, principalmente en el sur del país. Polígonos con superficie mayor a 270.000 m^2 (300 pixeles imágenes Landsat).

Unidades en las que se expresa

km^2

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

Inventario Nacional de Glaciares (Fuente: DGA)

Método y esfuerzo

La expresión matemática del indicador superficie anual cubierta por cuerpos glaciares (SACCG):

$$SACCG=\cup SCCGii=ni=1$$

Dónde:
SCCGi: Superficie cubierta por el cuerpo glaciar, observada en los meses de verano y principios de otoño.

Formas de presentaciones más efectivas

Gráficos con tendencias

Límites de la utilidad y precisión

Sin limitaciones

Periodicidad

Cada año

Indicadores estrechamente vinculados

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos:
Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Centro de Inteligencia Territorial (CIT). 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales. Fichas Metodológicas.* ID N° 608897-12-LE15. Gobierno de Chile, Santiago. 20 pp.

Indicador 4.2.1

Nombre del indicador

Índice de vegetación (Fenología de plantas)

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Recientes estudios sobre la fenología de plantas han encontrado que las épocas de floración y de cosechas han iniciado más temprano, como efecto del cambio climático (Root et al. 2003; Zheng et al. 2006; Walther et al. 2002; Parmesano 2006). Los impactos del clima cambiante pueden afectar todos los niveles jerárquicos, desde genes, especies, poblaciones hasta comunidades (Walther et al. 2002), alterando relaciones ecológicas y por lo tanto las funciones de los ecosistemas.

El objetivo es identificar cambios en la fenología de las plantas y comprobar si son atribuibles al cambio climático.

Variables

- Etapas fenológicas clave de las especies de plantas indicadoras
- Cambios en la fenología de especies indicadoras

Agencia responsable

Ministerio del Medio Ambiente

Resolución espacial

Depende de la fuente de datos

Unidades en las que se expresa

Por determinar, depende de especie

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

- Para las especies forestales, ver indicador Abundancia especies arbóreas y arbustivas.
- Para otras especies: por determinar

Datos de monitoreo

- Datos de campo y/o imágenes satélites (Landsat o Modis)

Método y esfuerzo

Existen numerosas técnicas para observar cómo la fenología cambia con en el tiempo, no obstante, el enfoque más confiable puede combinar varias técnicas, usando observaciones directas de concentraciones de dióxido de carbono y sensores remotos (Cleland et al. 2007; Zhang et al. 2003)

Formas de presentaciones más efectivas

- Mapas basados en datos agregados por cada 5x7 km, mostrando cambios en la abundancia de especies
- Gráficos de tendencias de abundancia de especies

Límites de la utilidad y precisión

Verbesselt et al (2010) mencionan el alto grado de variabilidad fenológica entre los años, demostrando la necesidad de distinguir el cambio fenológico a largo plazo de la variabilidad temporal.

Periodicidad

Cada año, coincidiendo con las diferentes fechas de las diferentes etapas fenológicas.

Indicadores estrechamente vinculados

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Walther, G.-R. et al. *Ecological responses to recent climate change*. Nature 416, 389–395 (2002).

Root, T. L. et al. *Fingerprints of global warming on wild animals and plants*. Nature 421, 57–60 (2003).

Aspizua, R. (editores). 2015. *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación.* Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

Cleland, E. E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H. A. & Schwartz, M. D. Shifting plant phenology in response to global change. Trends in Ecology & Evolution 22, 357–365 (2007).

Verbesselt, J., Hyndman, R., Zeileis, A. & Culvenor, D. *Phenological change detection while accounting for abrupt and gradual trends in satellite image time series. Remote Sensing of Environment* 114, 2970–2980 (2010).

Zheng, J., Ge, Q., Hao, Z. & Wang, W.-C. *Spring Phenophases in Recent Decades Over Eastern China and Its Possible Link to Climate Changes.* Climatic Change 77, 449–462 (2006).

Walther, G.-R. *Plants in a warmer world. Perspectives in Plant Ecology*, Evolution and Systematics 6, 169–185 (2003).

Parmesan, C. & Yohe, G. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems.* Nature 421, 37–42 (2003).

Zhang, X. et al. *Monitoring vegetation phenology using MODIS.* Remote Sensing of Environment 84, 471–475 (2003).

Parmesan C. *Ecological and evolutionary responses to recent climate change*. Ann Rev Ecol Syst. 2006;37:637–669.

Adicional

Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores). 2015. *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación.* Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

Pérez-Luque, A.J., C.P. Sánchez-Rojas, C.P., R. Zamora y F.J. Bonet. 2015. *Cambios temporales en la diversidad, abundancia y fenología de las comunidades vegetales: un estudio de 25 años en los borreguiles.* In: Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores). 2015. *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

Bagne, K. E., Friggens, M. M., & Finch, D. M. 2011. *A system for assessing vulnerability of species (SAVS) to climate change.* US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. URL: http://docs.lib.noaa.gov/noaa_documents/NOAA_related_docs/USDA/RMRS-GTR_257.pdf.

Parmesan, C. & Yohe, G. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems.* Nature 421, 37–42 (2003).

Zheng, J., Ge, Q., Hao, Z. & Wang, W.-C. *Spring Phenophases in Recent Decades Over Eastern China and Its Possible Link to Climate Changes.* Climatic Change 77, 449–462 (2006).

Indicador 5.1.1

Nombre del indicador

Balance hídrico

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo

Uno de los principales objetivos de la medición del balance hídrico consiste en contar con una herramienta que ayuda en la toma de decisiones en campo respecto a la disponibilidad y al manejo del recurso hídrico.

El objetivo es detectar cambios significativos en el balance hídrico de los lagos del país a mediano y largo plazo y evaluar si las variaciones son atribuibles al cambio climático.

Variables

- Volumen del lago
- Escurrimiento natural por cuenca propia
- Escurrimiento aguas arriba
- Retornos de agua
- Importaciones desde cuencas vecinas
- Escurrimiento a la salida de la cuenca (aguas abajo)
- Usos del agua
- Evaporación en cuerpos de agua
- Exportaciones hacia cuencas vecinas

Agencia responsable

Dirección General de Aguas

Resolución espacial

Unidades en las que se expresa

Metros cúbicos al año

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base
Datos de monitoreo

Método y esfuerzo

La medición del balance hídrico se basa en la metodología propuesta por la UNESCO (2006).

La ecuación básica para realizar un balance hídrico es:

$$\frac{\mathrm{dV}}{\mathrm{dt}} = E - S$$

La cual expresa que la variación del volumen V es igual a las entradas (E) menos las salidas (S) de agua para un intervalo de tiempo t especifico.

La ecuación de balance, tomando como plano de referencia la superficie, se plantea como:

$$\Delta V = (Cp + Ar + Re + Im) - (Ab + U + Ev + Ex)$$

Dónde:

ΔV	Variación de volumen
Cp	Escurrimiento natural por cuenca propia
Ar	Escurrimiento aguas arriba
Re	Retornos de agua
Im	Importaciones desde cuencas vecinas
Ab	Escurrimiento a la salida de la cuenca (aguas abajo)
U	Usos del agua
Ev	Evaporación en cuerpos de agua
Ex	Exportaciones hacia cuencas vecinas

Todas las variables son volúmenes de agua, expresadas en hectómetros cúbicos (hm^3) y el intervalo de tiempo es de un mes. Para obtener cada una de las variables anteriores se recomienda seleccionar adecuadamente estaciones climatológicas que permitirá obtener una descripción de variables de clima que afectan la producción o consumo de agua en la zona de estudio".

Formas de presentaciones más efectivas

Gráficos de tendencia, de porcentaje de cambio

Límites de la utilidad y precisión

Es importante considerar que las variables que componen la ecuación están sujetas a cierta variabilidad e incertidumbre, con lo cual puede afectar los resultados de medición del indicador.

Periodicidad

Mensual

Indicadores estrechamente vinculados

Temperatura y precipitación

Información adicional y comentarios

Recomendaciones para reducir la incertidumbre de los resultados del balance hídrico:

- Oficializar las proyecciones de las hojas topográficas
- Oficializar los límites de las cuencas hidrográficas
- Establecer nuevas estaciones meteorológicas
- Medir o estimar con estadísticas socioeconómicas, el volumen de consumo y de retorno de agua de los distintos sectores (industrial, urbano, agrícola, etc.)
- Realizar un censo de aprovechamientos superficiales y subterráneos; indicando el volumen que aporta la fuente natural y el volumen utilizado

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Se aportan referencias de carácter general asociadas a la medición de indicador u otros estudios relacionados

UNESCO, 2006. Evaluación de los Recursos Hídricos. Elaboración del balance hídrico integral por cuencas hidrográficas. Documentos Técnicos del PHI-LAC, Nº4.

Lafragua, J. 2008. Elaboración de balances hídrico por cuencas hidrográficas y propuesta de modernización de las redes de medición en Costa Rica. Departamento de Aguas del Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica. 149 pp.

Vargas J, De la Fuente L, Arumí JL. 2012. Balance hídrico mensual de una cuenca Patagónica de Chile: Aplicación de un modelo parsimonioso. Obras y proyectos. 12:32-41.

Indicador 5.1.3

Nombre del indicador:

Índice aridez

Ámbito: Terrestre

Objetivo

La aridez se define como la insuficiencia de agua en el suelo y en la atmósfera e informa sobre la escasez anual y/o estacional del recurso hídrico. El índice de aridez hace mención a la situación hídrica de una región, basado en la oferta y demanda del agua.

El objetivo es detectar cambios significativos en el índice de aridez en regiones específicas del país a mediano y largo plazo y evaluar si las variaciones son atribuibles al cambio climático.

Variables

Precipitación anual y evapotranspiración anual

Agencia responsable

A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y la Corporación Nacional forestal

Resolución espacial

Unidades en las que se expresa

Porcentaje

Descripción de los datos de origen

Método y esfuerzo

La medición del índice de aridez se basa en la metodología propuesta por UNEP (1997) donde "define la aridez mediante la interrelación de la temperatura con las precipitaciones, basándose en el supuesto que con la temperatura aumenta correlativamente la evapotranspiración. Expresa la relación entre la precipitación anual promedio y la evapotranspiración potencial en un área determinada".

$$Ia = \frac{Pa}{ETo}$$

Ia: Índice de aridez
Pa: Precipitación anual (mm)
ETo: Evapotranspiración de referencia anual (mm)

La relación entre precipitación y evapotranspiración define 6 clases:

Definición	Ratio Pa/ETo
Hiperárida	<0.05
Árida	0.05 a 0.20
Semiárida	0.20 a 0.5
Subhúmeda seca	0.5 a 0.65
Subhúmeda húmeda	0.65 a 1.0
Húmeda	>1

Se recomienda usar las siguientes dos fórmulas, ya que la aridez puede tener muchas facetas y la ecuación anterior puede no representar adecuadamente el tipo e intensidad de aridez en lugares específicos. Se incluye la medición de la evaluación del déficit (DH) y el excedente hídrico (EH).

$$DH = \sum 12\,(ET0 - P)$$
$$EH = \sum 12\,(ET0 - P)$$

ETo: Evapotranspiración de referencia mensual (mm)
P: Precipitación mensual (mm)

Formas de presentaciones más efectivas
Gráficos de tendencia, de porcentaje de cambio

Límites de la utilidad y precisión
El índice de aridez compara únicamente el valor anual de la evapotranspiración con la precipitación total, por lo que en algunos sitios específicos puede no mostrar el valor real, mientras que existe otro índice, el Régimen de Aridez que depende de los meses con déficit hídrico y en algunas ocasiones clasifica los sitios bajo otra categoría de aridez comparado con el resultado obtenido por el índice de aridez.

Ambos índices presentan una alta variabilidad cuando miden condiciones intermedias y por lo tanto sus mediciones de categorías no son tan confiables. Se recomienda incluir una mayor cantidad de datos en las zonas de medición: temperatura mínima, altura y estacionalidad a lo largo del año.

Periodicidad
Anual y/o mensual

Indicadores estrechamente vinculados
Temperatura, altura, precipitación, evapotranspiración

Información adicional y comentarios
El índice permite elaborar un mapa actualizado que delimita zonas que se encuentran bajo algún nivel de condición de aridez en Chile.

Propiedad de los datos
Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía
Se aportan referencias de carácter general asociadas a la medición de indicador u otros estudios relacionados.

Lobo, D.; Gabriels, D.; Ovalles, F.; Santibáñez, F.; Moyano, M.; Aguilera, R.; Pizarro, R.; Sanguesa, C. y Urra, N. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. CAZALAC y PHI/UNESCO. 59 pp.

UNESCO, 2010. “Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe”. Dentro del marco del proyecto “Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe”. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°25.

Ruíz-Corral, A.; Medina-García, G.; Ibarra-Castillo, D. 2011. Mapeo Del Índice de Aridez y su Distribución. Rev. Chapingo Ser. Ciencias For. y del Ambient. XVII, 267–275.

Vázquez, R.; Fernández, A.; Solano, O.; Lapinel, B.; Rodríguez, F. 2007. Mapa de Aridez de Cuba. Zonas Áridas 11(1): 101-109.

UNEP. 1997. World Atlas of Desertificatión.- 2nd. ed., Editores Middleton.

Indicador 5.2.1

Nombre del indicador

Balance térmico

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo

Uno de los principales objetivos de la medición del balance térmico consiste en identificar la temperatura del agua, como factor importante en la ecología de ríos o lagos ya que condiciona la vida de las comunidades biológicas.

El objetivo es detectar cambios significativos en el balance térmico de lagos y ríos del país a mediano y largo plazo y evaluar si las variaciones son atribuibles al cambio climático.

Variables

Temperatura, radiación solar

Agencia responsable

Dirección General de Aguas

Resolución espacial

Unidades en las que se expresa

Metros cúbicos al año

Descripción de los datos de origen

Método y esfuerzo

La medición del balance térmico se basa en la metodología propuesta por Edinger y Geyer (1974), donde mencionan la importancia de evaluar la energía emitida y recibida de manera natural en un tramo definido y su correspondiente variación de temperatura.

La ecuación básica para realizar un balance térmico es:

$$A = R + OLi - OLe - He - Hc + S(\mathrm{W/m^2})$$

Dónde:

A: potencia calórica absorbida por el agua por m^2 de superficie libre

R: radiación solar total neta de onda corta, potencia absorbida por el agua por m^2 de superficie libre

OL_i: radiación neta de onda larga, potencia absorbida por el agua por m^2 de superficie libre

OI_e: radiación de onda larga emitida por el agua del río, potencia cedida por m^2 de superficie libre

H_e: calor latente de evaporación, potencia cedida por m^2 de superficie libre

H_c: calor sensible de conducción atmósfera-agua; potencia cedida por m^2 de superficie libre

S: calor intercambiado con el substrato (lecho); potencia absorbida por el agua por m^2 de cauce.

Se supone que dada la poca profundidad y gran anchura del río, el ancho del cauce es sensiblemente igual al ancho de la superficie libre.

Formas de presentaciones más efectivas

Gráficos de tendencia, de porcentaje de cambio

Límites de la utilidad y precisión

Es importante considerar que las variables que componen la ecuación están sujetas a cierta variabilidad e incertidumbre, con lo cual puede afectar los resultados de medición del indicador.

Periodicidad
Mensual

Indicadores estrechamente vinculados
Temperatura y radiación solar

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos
Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía
Se aportan referencias de carácter general asociadas a la medición de indicador u otros estudios relacionados

Edinger J. E.& D. K. Brady & J. C. Geyer. 1974. Heat Exchange and Transport in the Environment, Rep. 14, Electric Power Research.Institute, Palo Alto, California.

Indicador 5.1.2, 5.1.4, 5.1.5, 5.2.2

Nombre del indicador

Variables climáticas (cambio precipitación, cambio temperatura, humedad, viento)

Ámbito: Terrestre, aguas continentales y marino

Justificación

- La temperatura superficial del aire muestra una de las señales más claras del cambio en el clima regional y global y ha sido medida en algunas partes del mundo durante varias décadas e incluso siglos.
- La precipitación juega un papel importante en todos los ecosistemas naturales y sectores humanos (agricultura, producción de energía, turismo, entre otros). Durante siglos, la precipitación diaria total ha sido medida de forma estandarizada, sin embargo, presenta una alta variabilidad espacial y temporal haciendo difícil detectar las tendencias de la variable en sitios específicos. Por lo tanto, las mediciones de cambios en la precipitación observada y proyectada deberían siempre incluirse dentro del contexto de la variabilidad interanual y en la medición de modelación de la incertidumbre.
- La humedad del aire es la concentración de vapor de agua en el aire. Su medición es de gran importancia porque afecta al balance de radiación (efecto invernadero), origina los fenómenos de condensación y sublimación y condiciona el confort climático. La humedad relativa aumenta con la temperatura.
- La fuerza, dirección y firmeza de los vientos dominantes afectan directamente el clima. Los vientos asociados a la circulación atmosférica son los responsables de modificar la temperatura y humedad desde lugares remotos y por lo tanto pueden modificar características locales de clima en sitios específicos.

Objetivo

Evaluar las tendencias y los cambios significativos en las distintas variables climáticas (temperatura, precipitación, humedad y viento) a mediano y largo plazo e identificar si las variaciones son atribuibles al cambio climático.

Variables

- Temperatura anual
- Precipitación anual, mensual
- Humedad relativa, humedad absoluta
- Viento

Agencia responsable

A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y la Dirección Metereológica de Chile

Resolución espacial

Unidades en las que se expresa

Temperatura: °C/°C por década y número de días fríos y caliente por año
Precipitación: mm/década/%
Humedad absoluta: g/m^3, humedad relativa (%)
Viento: m/s

Descripción de los datos de origen

Método y esfuerzo

La medición de las variables climáticas puede realizarse a través de estaciones meteorológicas colocadas en la superficie de la tierra, mar y en lagos, ubicadas de tal manera que sean representativas del sector y que garanticen una cobertura meteorológica adecuada. La cantidad de estaciones

utilizadas va depender del presupuesto disponible, los objetivos, la variabilidad temporal y espacial y la topografía de los sitios donde se quieren colocar las estaciones.

Formas de presentaciones más efectivas

Gráficos de tendencia de las distintas variables, porcentajes de cambio

Límites de la utilidad y precisión

Alta variabilidad en el caso de la precipitación

Periodicidad

Mensual/anual

Indicadores estrechamente vinculados

Información adicional y comentarios

Es importante tener información de línea base para poder comparar los datos colectados de las estaciones, por lo cual se debe seleccionar el periodo de referencia, en muchos casos se utiliza los datos históricos de 1961-1990, no obstante dependerá de la información presente en el país.

Las observaciones de clima deben estar asociadas (directa o indirectamente) a un metadato, donde se describa las condiciones en que fueron tomadas las variables, lo cual proveerá al usuario información relevante a cómo analizar los datos.

Propiedad de los datos:

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Se aportan referencias de carácter general asociadas a la medición de indicador u otros estudios relacionados

IPCC (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Nauels, J.A., Xia, Y., Bex, V., Midgley PM (ed) The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. University Press, UK, Cambridge.

Reichler T (2009) Changes in the Atmospheric Circulation as Indicator of Climate Change. *In* Climate Change: Observed Impacts on Planet Earth, 1st edn. Elsevier B.V.

World Meteorological Organization [en línea]. Climate observation networks and systems. Geneva, Suiza [fecha de consulta: 10 marzo 2016]. Disponible en <http://www.wmo.int/pages/themes/climate/climate_observation_networks_systems.php>

European Environment Agency (EEA). [en línea]. Indicators. Copenhagen, Dinamarca. [fecha de consulta: 10 marzo 2016]. Disponible en <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/#c5=&c0=10&b_start=0>

Protocolo de Indicadores con factibilidad de implementación en una segunda fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático

Cuadro 4. Indicadores que requieren un mayor esfuerzo debido a la homologación de metodologías a nivel interinstitucional y que se implementarían en una segunda fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático

Resultado específico	Mantenimiento/conservación de la composición del ecosistema nativo y representación de la biodiversidad		
Objetivo 1	**Mantener o mejorar la representación del ecosistema[4]**		
Indicador 1.1	(Cambios en) superficie (área) de la cobertura vegetal /ecosistema		Ámbito
	1.1.2	Δ distribución ecosistemas	Terrestre
	1.1.3	Δ Superficie bosque nativo	Terrestre
	1.1.4	Δ cobertura uso del suelo	Terrestre
	1.1.5	Δ zona de crianza	Marino
Indicador 1.2	Erosión o degradación		Ámbito
	1.2.2	Δ Fuegos forestales (Superficie quemada y Grado severidad)	Terrestre
Objetivo 2	**Mantener la composición y diversidad de especies (especies, grupos funcionales, etapas de la historia natural, diversidad trófica y complejidad estructural**		
Indicador 2.1	Diversidad y composición de especies		Ámbito
	2.1.4	Δ Riqueza de especies	Marino
	2.1.5	Δ Especies raras	Marino
	2.1.6	Δ Especies endémicas	Marino
Indicador 2.2	Estructura poblacional y abundancia de especies		Ámbito
	2.2.6	Δ Abundancia Especies vulnerables	Marino
	2.2.7	Δ Biomasa de peces	Marino
	2.2.8	Δ Abundancia especies migratorias	Marino
	2.2.9	Δ Abundancia especies dominantes	Marino

4 Puede presentarse en términos de diversidad ambiental dentro de un ecosistema y descrito por factores como: clima, suelo, topografía, regímenes de disturbio que afectan los patrones y procesos de distribución de los ecosistemas. La conservación de una amplia gama de ecosistemas, asegurará la conservación de una amplia gama de procesos evolutivos. Puede darse prioridad a los sistemas más vulnerables al efecto del cambio climático (o impactos humanos).

Objetivo 3	**Prevención de disminución poblacional y extinciones de taxones clave bajo cambio climático (especies clave)**		
Indicador 3.1	*Patrones de distribución de especies*		Ámbito
	3.1.2	Δ Límites geográficos de especies	Marino
Resultado específico	**Mantener, fortalecer y restaurar funciones y servicios ecosistémicos**		
Objetivo 4	**Mantener o restaurar los procesos clave del ecosistema clave, como la productividad primaria, descomposición, interacciones bióticas, ciclo de nutrientes y producción de agua, fundamentales para el funcionamiento del ecosistema, los cuales son vulnerables a los cambios climáticos futuros**		
Indicador 4.1	Calidad de las condiciones ambientales necesarias para mantener los procesos Ecosistema (indicadores bióticos)		Ámbito
	4.1.1	Clorofila	Lagos
	4.1.2	Fitoplancton	Lagos
	4.1.3	Índice BMWP Macro-invertebrados	Ríos
Objetivo 5	**Límite de contaminantes ambientales y su impacto en los componentes o funciones del ecosistema**		
Indicador 5.1	5.1.1	Mortalidades masivas	Marino
Resultados específicos	**Fortalecer la capacidad de la sociedad para hacer frente a los cambios en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos bajo climas futuros.**		
Objetivo 6	**Uso sostenible de servicios ecosistémicos y recursos proporcionados por tierras públicas**		
Indicador 6.1	6.1.1	Desembarques	Marino
Indicador 6.2	6.2.1	Diversidad de especies capturadas	Marino

Indicador 1.1.2

Nombre del indicador

Cambio en la distribución de ecosistemas

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Existe amplia evidencia de respuestas ecológicas ante el cambio climático. La mayoría de los estudios se han centrado en los efectos del cambio climático sobre individuos y especies. Sin embargo, las respuestas de las especies no son aisladas; sino conectadas a través de interacciones con otras especies. Estudios recientes se han enfocado en la evidencia sobre los efectos del cambio climático en las interacciones bióticas y servicios ecosistémicos (Walther 2010). El objetivo de este indicador es proporcionar una medida de alerta temprana de cambios en la distribución de los ecosistemas chilenos como efecto del cambio climático.

Variables

Variación porcentual de la superficie

Agencia responsable

Ministerio del Medio Ambiente con la colaboración de otras instituciones para ambientes específicos

Resolución espacial

km^2

Unidades en las que se expresa

Dependiendo del ecosistema, se muestran distintos índices disponibles para detectar cambios (Cuadro 4 en MMA. 2015)

Ambiente	Nombre indicador ambiental	Variables e índices ambientales
Bosques	▪ Superficie anual cubierta por bosque nativo ▪ Vigor vegetacional en el bosque nativo ▪ Superficie anual cubierta por bosque nativo incendiado	▪ Superficie anual cubierta por bosque nativo ▪ Vigor vegetacional del bosque nativo ▪ Superficie cubierta por incendios forestales
Marino costero	▪ Calidad anual superficial del agua de mar	▪ Índice de calidad superficial del mar
Lacustre	▪ Eutrofización anual de la superficie lacustre	▪ Grado de eutrofización de lagos y lagunas
Glaciar	▪ Superficie anual cubierta por cuerpos glaciares	▪ Superficie cubierta por glaciares
Urbano	▪ Porcentaje de vegetación por manzana urbana	▪ Superficie cubierta con vegetación por manzana urbana
Humedales	▪ Superficie anual cubierta con vegetación en el humedal	▪ Superficie inundada del humedal
	▪ Superficie anual inundada humedal	▪ Superficie con vegetación en el humedal

Descripción de los datos de origen

Datos disponibles de sensores remotos (i.e. Landsat y Modis). Ver MMA (2015, página 11 - 15) para un resumen. Estos datos se pueden utilizar para construir las tendencias históricas (datos de línea de base).

Método y esfuerzo

Los índices del cuadro anterior pueden ser estimados con sensores remotos, utilizando diferentes tipos de imágenes y bandas satelitales. Las métricas se definen en el cuadro 5, página 11-12 en la MMA (2015). Para una explicación más detallada del análisis, ver MMA (2015).

Formas de presentaciones más efectivas

Mapas indicando cambios anuales (o cualquier otro período acumulado) por píxel

Límites de la utilidad y precisión

El análisis de sensores remotos puede llevarse a cabo con relativa facilidad para todo el país. Sin embargo, dada la multitud de factores interactuando e influyendo sobre los índices mencionados anteriormente, se requieren datos auxiliares que ayuden la interpretación de los resultados. Puede incluirse trabajo de campo adicional, para la validación de campo y para el monitoreo de factores que interactúan con los efectos del cambio climático, pero que no pueden ser detectados por satélite. Para ecosistemas forestales, pueden utilizarse los datos del “Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales”, descrito en detalle por Bahamondez et al. (2014).

Periodicidad

Anual

Indicadores estrechamente vinculados

Indicadores (superficie vegetación azonal activa y superficie bosque nativo.

Información adicional y comentarios

Marquet et al (2011) proporciona una evaluación de los efectos del cambio climático sobre la distribución de los ecosistemas terrestres en Chile. Aunque el análisis de sensores remotos se puede llevar a cabo de forma relativamente fácil para todo el país, el trabajo de campo adicional es esencial para la validación de campo y para monitorear los factores que interactúan con los efectos del cambio climático, que no pueden ser detectados por satélite. Se recomienda un muestreo estratificado, que permita abarcar áreas a lo largo de un gradiente de baja probabilidad de cambio a alta probabilidad de cambio como efecto de los climas futuros.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

MMA. 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales*. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, chili. 43 p.

Marquet et al (2011) *Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región Mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático.* Licitación N°1588-133-LE09

Walther, G.-R. 2010. *Community and ecosystem responses to recent climate change. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365: 2019–2024.

Indicador 1.1.3

Nombre del indicador

Cambio en la superficie de bosque nativo

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Existe amplia evidencia de respuestas ecológicas ante el cambio climático. La mayoría de los estudios se han centrado en los efectos del cambio climático sobre individuos y especies. Sin embargo, las respuestas de las especies no son aisladas; sino conectadas a través de interacciones con otras especies. Estudios recientes se han enfocado en la evidencia sobre los efectos del cambio climático en las interacciones bióticas y servicios ecosistémicos (Walther 2010). Por ejemplo, una estación seca prolongada combinada con un aumento en la precipitación puede aumentar la probabilidad de incendios forestales en los bosques nativos (van Breugel et al. 2015; Pechony y Shindell 2010).

El objetivo de este indicador es proporcionar una medida de alerta temprana de cambios en la distribución de los diferentes ecosistemas forestales como efecto del cambio climático

Variables

Superficie anual cubierta por bosque nativo

Agencia responsable

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Instituto Forestal (INFOR) deben armonizar enfoques y métodos. Requiere mantener en consulta al Ministerio del Medio Ambiente y/o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.

Resolución espacial

Hectáreas

Unidades en las que se expresa

Porcentaje de variación o cambio absoluto en hectáreas

Descripción de los datos de origen

Datos disponibles de sensores remotos (Landsat y Modis). Ver MMA (2015, página 11 - 15) para un resumen. Estos datos pueden utilizarse para construir la construcción de tendencias históricas (datos de línea de base).

Método y esfuerzo

Para obtener el área cubierta por bosque nativo se utiliza un método de clasificación supervisada y el "Maximum Likelihood Classification". Se utilizó como entrada dos coberturas de bosque durante diferentes estaciones. Se define un número de métricas en el Cuadro 5, página 11-12 en la MMA (2015). Para una explicación más detallada del análisis, ver MMA (2015):

Con el fin de excluir factores antropogénicos, la variable es medida dentro de las áreas protegidas (SNASPE).

Mapas indicando los cambios anuales (o cualquier otro período acumulado) por píxel.

Ambiente	Índice o Variable	Expresión o método	Situación geográfica
Bosques	Superficie cubierta por bosque nativo	$Sup\ BN = \alpha_1 L_1 + \alpha_2 L_2 + \alpha_3 L_3 + \alpha_4 L_4 + \alpha_5 L_5$ L: Radiancia espectral corregida bandas Landsat α: parámetros de regresión	Bosque Nativo a escala nacional
	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$ NIR: reflectividad en la banda del infrarrojo cercano. RED: reflectividad en la banda del rojo.	
	Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$SAVI = \frac{(NIR - RED) * 1{,}5}{(NIR + RED + 0{,}5)}$	
	Normalized Burnt Ratio (NBR)	$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$ SWIR: reflectividad en la banda de infrarrojo corta.	

Límites de la utilidad y precisión

El análisis de sensores remotos puede llevarse a cabo con relativa facilidad para todo el país. Sin embargo, dada la multitud de factores interactuando e influyendo sobre los índices mencionados anteriormente, se requieren datos auxiliares que ayuden la interpretación de los resultados. Puede incluirse trabajo de campo adicional, para la validación de campo y para el monitoreo de factores que interactúan con los efectos del cambio climático, pero que no pueden ser detectados por satélite. Para ecosistemas forestales, pueden utilizarse los datos del "Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales", descrito en detalle por Bahamondez et al. (2014).

Periodicidad

Anual

Indicadores estrechamente vinculados

Indicador superficie ecosistemas

Información adicional y comentarios

Este indicador se enumera en Cuadro 4, página 10 en MMA (2015).

Ambiente	Nombre indicador ambiental	Variables e índices ambientales
Bosques	▪ Superficie anual cubierta por bosque nativo ▪ Vigor vegetacional en el bosque nativo ▪ Superficie anual cubierta por bosque nativo incendiado	▪ Superficie anual cubierta por bosque nativo ▪ Vigor vegetacional del bosque nativo ▪ Superficie cubierta por incendios forestales

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Martin, M.S. et al. 2009. *Inventario de los ecosistemas forestales. Manual de operaciones en terreno.*

MMA. 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales.* Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, chili. 43 p. INFOR. 2014. *Informe final. Inventario continúe de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales.* Ministerio de Agricultura, Infor. 53 p.

Pechony, O. & Shindell, D. T. 2010. *Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 19167–19170.

van Breugel, P., Friis, I., Demissew, S., Lillesø, J.-P. B., & Kindt, R. 2015. *Current and Future Fire Regimes and Their Influence on Natural Vegetation in Ethiopia. Ecosystems.* doi: 10.1007/s10021-015-9938-x.

Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., & Bairlein, F. 2002. *Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389–395.*

Indicador 1.1.4

Nombre del indicador

Cambio en la cobertura del uso del suelo

Ámbito: Terrestre

Objetivo

El uso y el cambio de la cobertura del suelo han sido identificado como los principales determinantes del cambio global con importantes impactos sobre los ecosistemas, la biogeoquímica mundial, el cambio climático y la vulnerabilidad humana (Foley et al. 2005). Nuevas herramientas y tecnologías existentes, han aumentado nuestra capacidad para monitorear y explorar los cambios en el uso y cobertura del suelo. Dentro de éstas tecnologías, los sensores remotos y las técnicas utilizadas para realizar inventarios del suelo a través de sistemas de información geográfica, han permitido analizar los recursos terrestres actuales, identificar los procesos de cambio de cobertura del suelo e identificar los sitios prioritarios (*hot-spots*) de cambio (Harold 2006).

Verburg et al (2009) mencionan que debe darse mayor atención al uso y a las funciones del suelo y sus relaciones, teniendo en cuenta que las funciones del suelo proporcionan una amplia gama de bienes y servicios lo que permite estudios más integrales del cambio de suelo.

El objetivo del indicador es identificar los cambios en la cobertura del uso del suelo en el mediano y largo plazo y evaluar si los cambios son efectos del cambio climático.

Variables

Superficie anual cubierta con vegetación en el humedal cambio en la superficie del tipo de uso del suelo como porcentaje o superficie.

Agencia responsable

Este es un indicador supra sectorial que amerita armonización metodológica en el marco del SINIA en coordinación entre el Ministerio del Medio Ambiente, CONAF, INFOR y eventualmente otras instituciones que tengan injerencia).

Resolución espacial: Hectárea

Unidades en las que se expresa

Porcentaje de cambio o de km^2

Descripción de los datos de origen

Se describe en detalle en el Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2015).

Método y esfuerzo

Los cambios en la cobertura del suelo y el uso de suelo pueden monitorearse a través de imágenes satelitales. Para mayores detalles ver MMA 2015.

Formas de presentaciones más efectivas

Mapas

Límites de la utilidad y precisión

La pregunta clave es si el cambio de uso del suelo, es un buen indicador de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad. El cambio de uso de suelo es uno de los principales impulsores del cambio de la biodiversidad y los ecosistemas, y puede ser complejo separar el cambio de uso de suelo con el clima cambiante sobre la biodiversidad.

Monitorear los cambios del uso de suelo es, sin embargo, un elemento esencial en el monitoreo de cambios en los ecosistemas.

Periodicidad
Anual

Indicadores estrechamente vinculados
Indicador cambio en la distribución de los ecosistemas, área de superficie de la vegetación azonal y cambio en la superficie de los ecosistemas forestales nativos.

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos
Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía
MMA. 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales.* Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, chili. 43 p.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N. and Snyder, P. K. (2005). Global Consequences of Land Use Science 309, 570-574.

Verburg, PH, J van de Steeg, A. Veldkamp and L Willemen. 2009. From land cover change to land function dynamics: a major challenge for land change science. Journal of Environmental Management. 90, 1327–1335.

Indicador 1.2.2

Nombre del indicador

Fuegos forestales (Superficie quemada y grado severidad)

Ámbito: Terrestre

Objetivo

El fuego genera la pérdida de nutrientes y biomasa, creando el potencial para una mayor erosión del suelo y disminución de organismos sensibles al fuego.

El objetivo es proporcionar una medida de alerta temprana de incendios en ecosistemas propensos a incendios en Chile.

Variables

- Número y alcance de incendios
- Burnt Normalized Ratio (NBR)

Agencia responsable

Corporación Nacional Forestal (CONAF)

Resolución espacial

1 km^2

Unidades en las que se expresa

- Área quemada (km^2) por año
- Porcentaje de los ecosistemas quemados

Descripción de los datos de origen

MODIS *(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) (Giglio et al. 2003; Justice et al. 2002) e imágenes Landsat 5-8.

Método y esfuerzo

Varios estudios han analizado la capacidad del índice NBR derivado de imágenes LANDSAT TM/ETM para medir el grado de severidad de incendios (Cocke et al. 2005; Epting et al. 2005; Escuin et al. 2008).

Formas de presentaciones más efectivas

Mapas

Límites de la utilidad y precisión

Sin información adicional acerca de la fuente/causa del incendio, será difícil vincular la incidencia de incendios con el cambio climático. Por otro lado, los cambios en la vegetación (que puede ser una consecuencia del cambio climático en sí) pueden dar lugar a un aumento en la idoneidad de fuegos, es decir, la causa y el efecto puede funcionar en ambos sentidos.

Periodicidad: Anual

Indicadores estrechamente vinculados

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Escuin, S., R. Navarro, P. Fernández. 2008. *Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images.* International Journal of Remote Sensing, 29(4): 1053-1073 Cocke, A. E., Fulé, P. Z. and Crouse, J. E. (2005) Comparison of burn severity assessments using *Differenced Normalized Burn Ratio and ground data.* International Journal of Wildland Fire, 14, pp. 189-198.

Epting, J., Verbyl, D. and Sorbel, B. (2005) *Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+*. Remote Sensing of Environment, 96, pp. 228-239.

Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O., & Kaufman, Y. J. 2003. *An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. Remote Sensing of Environment* 87: 273–282.

Justice, C. ., Giglio, L., Korontzi, S., Owens, J., Morisette, J. ., Roy, D., Descloitres, J., Alleaume, S., Petitcolin, F., & Kaufman, Y. 2002. *The MODIS fire products. Remote Sensing of Environment* 83: 244–262.

Indicador 4.1.1 y 4.1.2

Nombre del indicador

Clorofila y fitoplancton

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo

Identificar cambios en la distribución y abundancia de las comunidades bióticas en los lagos del país a mediano y largo plazo.

Variables

Fitoplancton (número de especies, número de familias), abundancia absoluta de fitoplancton (cél./ml) y abundancia de fitoplancton (número de individuos). Clorofila a)

Agencia responsable

Dirección General de Aguas y Ministerio de Medio Ambiente.

Resolución espacial

1 km^2

Unidades en las que se expresa

Número de especies/familias, cel/ml, número de individuos, clorofila a (mg/cm^3)

Descripción de los datos de origen

Método y esfuerzo

- Muestreo mediante filtrado con redes y colecta de determinados volúmenes de agua en distintas alturas en la columna de agua.
- Boya telemétrica con un fluorómetro (herramienta que permite la observación temporal continua de las variables, así como de otras variables para medir la calidad del agua).
- Sensores de la familia Landsat y MODIS

Según el MMA (2015) para monitorear la clorofila: "Esta puede ser fácilmente detectada mediante Teledetección gracias a su comportamiento frente a la luz (absorbe las regiones azul y roja del espectro solar). Fórmulas de cálculo:

$$Ca = -3{,}533 + 0{,}455L4 + 0{,}321L5$$

Dónde: Ca = Clorofila a (mg/m^3)
$L4$ = Radiancia banda OLI4
$L5$ = Radiancia banda OLI5

Formas de presentaciones más efectivas

Gráficos de cambio de las especies presentes en los sitios de muestreo y de tendencia poblacional

Límites de la utilidad y precisión

Las variables físicas deben ser calibradas a la realidad local para que se puedan utilizar los marcos legales vigentes. Se debe contrastar la información con datos levantados en terreno y analizados en un laboratorio certificado.

Periodicidad

Anual

Indicadores estrechamente vinculados

Temperatura del agua, pH, conductividad, turbidez y oxígeno disuelto

Información adicional y comentarios

- Se recomienda evaluar todas las metodologías (del MMA, DGA y CEA) utilizadas para la medición de la clorofila.
- Los satélites Landsat disponibles en el país, no permiten la medición de clorofila a.

- La DGA realiza monitoreo de la distribución y abundancia de las comunidades bióticas en toda la columna de agua, sin embargo, no colecta muestras en las capas más profundas.
- Durante los muestreos de aguas, es importante colectar información adicional de los sitios de estudio, utilizando el siguiente equipo (DGA 2014):
  - Instrumentos de localización del punto de muestreo, tipo GPS u otro similar, en sistema de coordenadas UTM Datum WGS84 Universal, indicando HUSO.
  - Cámaras fotográfica y/o de video, para recoger evidencia gráfica del lugar.
  - Pilas o baterías adecuadas para alimentación de cámaras.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Aspizua, R., Barea-Azcón, J.M., Bonet, F.J., Pérez-Luque, A.J. y Zamora, R.J. (coords.). 2012. *Observatorio de Cambio Global Sierra Nevada: Metodologías de Seguimiento.* Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 112 pp.

DGA (Dirección General de Aguas), Laboratorio Ambiental. 2014. *Muestreo de Aguas Superficiales.* N°1 V°0. 9 pp.

Zalocar de Domitrovic Y, Asselborn V, Casco S. 1998. *Variaciones espaciales y temporales del fitoplancton en un lago subtropical de Argentina.* Rev. Brasil. Biol. 58 (3): 359-382.

Centro de Ecología Aplicada. 2014. *Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas.* Dirección General de Aguas, Departamento de conservación y protección de recursos hídricos. 212 pp.

Ahumada M, Aguirre F, Contreras M, Figueroa A. 2011. *Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos.* Ministerio del Medio Ambiente, Servicio Agrícola y Ganadero y Dirección General de Aguas. Gobierno de Chile, Santiago. 47 pp.

Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores). (2015). *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación.* Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. 208 pp.

Villar-Argaiz M, Medina-Sánchez JM, Cruz-Pizarro L, Carrillo P (2001) *Inter- and intra-annual variability in the phytoplankton community of a high mountain lake: The influence of external (atmospheric) and internal (recycled) sources of phosphorus.* Freshw Biol 46:1017–1034. doi: 10.1046/j.1365-2427.2001.00734.x

Ministerio de Medio Ambiente. 2015. *"Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales".* Informe N° 2. Santiago, Chile. 43 pp.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Centro de Inteligencia Territorial (CIT). 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales.* Fichas Metodológicas. ID N° 608897-12-LE15. Gobierno de Chile, Santiago. 20 pp.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y Centro de Inteligencia Territorial (CIT). 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales.* Informe Final. Gobierno de Chile, Santiago. 145 pp.

Indicador 4.1.3

Nombre del indicador

Índice BMWP macro-invertebrados

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo

Identificar cambios en la distribución y abundancia de las comunidades de macro- invertebrados bentónicos en los ríos del país a mediano y largo plazo.

Variables

Riqueza y abundancia de familias
Indices IBMWP (Iberian Biomonitoring Working Party) Macro-invertebrados

Agencia responsable

Actualmente no hay ninguna institución que mida esta variable. En algunos sitios se hacen mediciones puntuales, sin embargo, existe falta de recursos humanos para realizar las mediciones. Se propone al Ministerio del Medio Ambiente y la Dirección General de Aguas como agencia responsable.

Resolución espacial

Unidades en las que se expresa

Número de familias, índice IBMWP

Descripción de los datos de origen

Método y esfuerzo

Métodos de recolección cualitativos: red tipo D-net, red de mano o pantalla, recolección manual. Métodos de recolección cuantitativos: Red Surber, Draga Eckman, Draga Petersen, Draga Tamura.

Formas de presentaciones más efectivas

Gráficos de cambio de las especies y familias más dominantes

Límites de la utilidad y precisión

Durante los muestreos de aguas, es importante colectar información adicional de los sitios de estudio, utilizando el siguiente equipo (DGA 2014):

- Instrumentos de localización del punto de muestreo, tipo GPS u otro similar, en sistema de coordenadas UTM Datum WGS84 Universal, indicando HUSO.
- Cámaras fotográfica y/o de video, para recoger evidencia gráfica del lugar.
- Pilas o baterías adecuadas para alimentación de cámaras.

Periodicidad

Anual, estacional

Indicadores estrechamente vinculados

Temperatura del agua, caudal

Información adicional y comentarios

Se recomienda la inclusión de otros índices de biodiversidad para la medición de este indicador, ya que un solo índice no puede representar la gran variabilidad del país. No obstante, falta conocimiento científico para la inclusión de otros índices.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Aspizua, R., Barea-Azcón, J.M., Bonet, F.J., Pérez-Luque, A.J. y Zamora, R.J. (coords.). 2012. *Observatorio de Cambio Global Sierra Nevada: metodologías de seguimiento.* Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 112 pp.

DGA (Dirección General de Aguas), Laboratorio Ambiental. 2014. *Muestreo de Aguas Superficiales.* N°1 V°0. 9 pp.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural. 2014. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.* Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología. Ministerio del Ambiente, Lima, Perú. 75 pp.

Figueroa R, Valdovinos C, Araya E, Parra O (2003) *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile.* Rev Chil Hist Nat 76:275–285. doi: 10.4067/S0716-078X2003000200012

Maroñas M, Marzoratti G, Vilches A, et al (2010) *Guía para el estudio de macroinvertebrados II. Introducción a la metodología de muestreo y análisis de datos.* ProBiota 12:1–34.

Alba J, Pardo I, Prat N, Pujante A (2005) *Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos.* Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza, España. 47 pp.

Otros indicadores a los cuales se les debe desarrollar protocolo son: el 1.1.5 Δ zona de crianza; 2.1.4 Δ *Riqueza de especies;* 2.1.5 Δ *Especies raras;* 2.1.6 Δ *Especies endémicas;* 2.2.6 Δ *Abundancia Especies vulnerables;* 2.2.7 Δ *Biomasa de peces;* 2.2.8 Δ *Abundancia especies migratorias;* 2.2.9 Δ *Abundancia especies dominantes;* 3.1.2 Δ Límites geográficos de especies; 5.1.1 Mortalidades masivas; 6.1.1 *Desembarques;* 6.2.1 *Diversidad de especies capturadas*

Protocolo de Indicadores con factibilidad de implementación en una tercera fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático

Cuadro 5. Indicadores que requieren desarrollo e investigación y que se implementarían en una tercera fase de la red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático

Resultado específico	Mantenimiento/conservación de la composición del ecosistema nativo y representación de la biodiversidad		
Objetivo 1	**Mantener o mejorar la representación del ecosistema[5]**		
Indicador 1.1	Erosión o degradación		Ámbito
	1.1.1	Δ Pérdida de suelo	Terrestre
Objetivo 2	**Mantener la composición y diversidad de especies (especies, grupos funcionales, etapas de la historia natural, diversidad trófica y complejidad estructural**		
Indicador 2.1	Diversidad y composición de especies		Ámbito
	2.1.1	Δ Riqueza especies Peces	Lagos, Ríos
	2.1.2	Δ Composición epífitas	Terrestre
	2.1.3	Δ Composición polinizadores	Terrestre
Indicador 2.2	Estructura poblacional y abundancia de especies		Ámbito
	2.2.3	Δ Abundancia epífitas	Terrestre
Indicador 2.3	Composición y diversidad funcional		Ámbito
	2.2.4	Δ Abundancia polinizadores	Terrestre
	2.2.5	Δ Abundancia descomponedores (hongos)	Terrestre
Objetivo 3	**Prevención de disminución poblacional y extinciones de taxones clave bajo cambio climático (especies clave)**		
Indicador 3.1	Patrones de distribución de especies		Ámbito
	3.1.1	Δ distribución especies seleccionadas	Terrestre

5 Puede presentarse en términos de diversidad ambiental dentro de un ecosistema y descrito por factores como: clima, suelo, topografía, regímenes de disturbio que afectan los patrones y procesos de distribución de los ecosistemas. La conservación de una amplia gama de ecosistemas, asegurará la conservación de una amplia gama de procesos evolutivos. Puede darse prioridad a los sistemas más vulnerables al efecto del cambio climático (o impactos humanos).

Resultado específico	Mantener, fortalecer y restaurar funciones y servicios ecosistémicos		
Objetivo 4	**Mantener o restaurar los procesos clave del ecosistema clave, como la productividad primaria, descomposición, interacciones bióticas, ciclo de nutrientes y producción de agua, fundamentales para el funcionamiento del ecosistema, los cuales son vulnerables a los cambios climáticos futuros**		
Indicador 4.1	Calidad de las condiciones ambientales necesarias para mantener los procesos del ecosistema (indicadores abióticos)		Ámbito
	4.1.1	Concentración de nutrientes	Marino
	4.1.2	Temperatura superficial del mar	Marino
	4.1.3	Oxígeno disuelto	Marino
	4.1.4	pH	Marino
	4.1.5	Alcalinidad	Marino
	4.1.6	Vientos predominantes	Marino
	4.1.7	Oleaje	Marino
	4.1.8	Nivel del mar	Marino
Indicador 4.2	Calidad de las condiciones ambientales necesarias para mantener los procesos Ecosistema (indicadores bióticos)		Ámbito
	4.2.1	Eutrofización	Marino
	4.2.2	Productividad primaria	Marino
Indicador 4.3	Fenología temporal/procesos demográficos		Ámbito
	4.3.1	Fenología de animales	Terrestre
	4.3.2	Mortalidad y Crecimiento de especies vegetales	Terrestre

Indicador 1.1.1

Nombre del indicador

Cambio pérdida de suelo

Ámbito: Terrestre

Objetivo

La erosión afecta directamente la diversidad por encima y debajo del suelo y por lo tanto los procesos ecológicos (Harvey y Pimentel 1996; Nearing et al. 2004).

Está previsto que habrá un aumento en la disponibilidad de agua en las zonas tropicales húmedas y en las latitudes altas (GdC 2008), con patrones de precipitaciones más intensas. Recientes estudios sobre la erosión y el cambio de clima, sugieren un aumento en las cantidades e intensidades de lluvias dando lugar a mayores tasas de erosión (Nearing et al. 2004). Este será el caso en las zonas tropicales húmedas y latitudes altas (GdC 2008). Por otro lado, las proyecciones de cambio climático sugieren una disminución de la disponibilidad de agua y el aumento de la sequía en las latitudes medias y latitudes bajas semiáridas (GdC 2008). En estas regiones, la erosión eólica será más severa, resultando en suelos arenosos e infértiles.

El objetivo es detectar incrementos en el nivel de erosión del suelo como efecto del cambio climático.

Variables

Superficie y porcentaje de cambio en la superficie de tierras sin vegetación.

Agencia responsable

Ministerio de Agricultura en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Resolución espacial

Depende de fuente de datos

Unidades en las que se expresa

Frecuencia y extender (km^2)

Descripción de los datos de origen

Datos de campo

Método y esfuerzo

Muestreo estratificado; basado en un previo análisis de riesgos, los sitios deben ser seleccionados en zonas de alto riesgo de erosión y en zonas donde se predice aumentos de riesgo de erosión debido al cambio climático. Para las mediciones de campo de erosión, ver Hudson (1993)

Formas de presentaciones más efectivas

Límites de la utilidad y precisión

Un análisis a nivel nacional sería muy costoso, no obstante, en principio únicamente se necesitaría adquirir imágenes satelitales para las zonas de alto riesgo.

Periodicidad

Según el evento y/o la zona del país.

Indicadores estrechamente vinculados

Información adicional y comentarios

- La pérdida de suelo está relacionada con el índice de aridez del suelo, lo cual debe incluirse dentro de los indicadores, especialmente para latitudes medias y latitudes bajas semiáridas.
- La información disponible para la medición de la erosión del suelo basada en sensores remotos es limitada, a diferencia de evaluaciones de riesgo de erosión basada en sistemas de información geográfica (SIG). Podría ser una vía para explorar, ya que facilitaría el monitoreo de áreas extensas. Por ejemplo, eventos de erosión a gran escala (deslizamientos de tierra o erosión masiva), pueden ser más fácil de detectar con satélites.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Ellies, A. 2000. *Soil erosion and its control in Chile - An overview.* ACTA GEOLOGICA HISPANICA, v. 35, nº 3-4, p. 279-284 GdC. 2008. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012. Gobierno de Chili, Comisión nacional del medio ambiente.

Gobena, Y. J. 2003. *Soil erosion assessment using remotely sensed data and ancillary data in the desert of Tabernas, southeast Spain.* International Institute for Geo-information Science and Earth Observations (ITC), Enschede, The Netherlands.

Harvey, C. A. & Pimentel, D. 1996. *Effects of soil and wood depletion on biodiversity. Biodiversity & Conservation* 5: 1121–1130.

Hudson, N. W. 1993. *Field measurement of soil erosion and runoff.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Nearing, M. A., Pruski, F. F., & O'neal, M. R. 2004. *Expected climate change impacts on soil erosion rates: a review. Journal of Soil and Water Conservation* 59: 43–50.

Indicador 2.1.1

Nombre del indicador

Cambio riqueza especies peces

Ámbito: Aguas continentales

Objetivo

Caracterizar la composición de la comunidad íctica de los ríos y lagos de Chile con el fin de comparar los cambios a lo largo del tiempo

Variables

- Riqueza y abundancia de especies de peces
- Índices de diversidad biológica (Shannon-Wiener, Simpson, Equidad)

Agencia responsable

Actualmente no existe ninguna institución que esté monitoreando el indicador.

La Universidad de Chile y la Subsecretaría de Pesca han monitoreado algunos lagos y lagunas de Chile de manera ocasional.

Resolución espacial

Depende de fuente de datos

Unidades en las que se expresa

Número de especies, índices de diversidad biológica (Shannon-Wiener, Simpson, Equidad), abundancia de especies, porcentaje de cambio de sitios con presencia de especies

Descripción de los datos de origen

Existen datos de línea base de estudios previos de impactos de evaluación ambiental, realizados por empresas pesqueras. No obstante, en algunos casos la calidad de los datos no puede ser validada.

Método y esfuerzo

Pesca con atarraya, con red de espera o con electricidad

Formas de presentaciones más efectivas

- Gráficos de barras con las familias más dominantes,
- Box plots de riqueza de especies bajo distintos periodos de muestreo
- Gráficos de barras de las familias de peces según su distribución altitudinal a lo largo de varios periodos

Límites de la utilidad y precisión

Presenta un desafío conocer si los impactos son ocasionados por el cambio climático o por otros factores.

La abundancia de especies resulta en unas de las variables más sensibles para medir.

Periodicidad

Anual, estacional.

Indicadores estrechamente vinculados

Cambio en la temperatura y en la precipitación

Información adicional y comentarios

Es importante definir si el indicador está compuesto solo por especies nativas o también especies invasoras.

Durante los muestreos de aguas, es importante colectar información adicional de los sitios de estudio, utilizando el siguiente equipo (DGA 2014):

- Instrumentos de localización del punto de muestreo, tipo GPS u otro similar, en sistema de coordenadas UTM Datum WGS84 Universal, indicando HUSO.
- Cámaras fotográfica y/o de video, para recoger evidencia gráfica del lugar.
- Pilas o baterías adecuadas para alimentación de cámaras.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

DGA (Dirección General de Aguas), Laboratorio Ambiental. 2014a. *Muestreo de Aguas Superficiales.* N°1 V°0. 9 pp.

Gobierno de Chile Subsecretaría de Pesca (2005) *Antecedentes técnicos para establecer medidas de protección (veda) a especies icticas nativas en aguas continentales.*

Lee W, McGlone M, Wright E (2005) *Biodiversity Inventory and Monitoring: a review of national and international systems and a proposed framework for future biodiversity monitoring by the Department of Conservation.* Landcare Res Contract Rep. 218 pp.

Zamora, R., Pérez-Luque, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores). (2015). *La huella del cambio global en Sierra Nevada: Retos para la conservación.* Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía. 208 pp.

Habit E, Dyer B, Vila I (2006) *Current State of Knowledge of Freshwater Fishes of Chile.* Gayana 70:100–113. doi: 10.4067/S0717-65382006000100016

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Museo de Historia Natural. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.* Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología. Ministerio del Ambiente, Lima, Perú. 75 pp.

Indicador 2.1.2

Nombre del indicador

Composición de epífitas

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Las epífitas son un grupo de especies potencialmente vulnerables al cambio climático (Benzing 1998; Hsu 2013; Nadkarni y Solano 2002; Song et al. 2012; Zamora et al. 2015). El objetivo es detectar cambios a mediano/largo plazo en la composición de epífitas y evaluar en qué medida los cambios son atribuibles al cambio climático.

Variables

Abundancia relativa de distintas especies de epífitas en un sitio determinado. Alternativamente, puede utilizarse la biomasa relativa o absoluta (ver Díaz et al. 2010) o la cobertura de la superficie del suelo, por ejemplo, cuando los líquenes son las especies focales.

Agencia responsable

A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Resolución espacial

Depende del número de sitios de monitoreo por estrato y el tamaño de las parcelas de muestreo dentro de cada sitio. Las consideraciones son:

- Representatividad de los ecosistemas / bosques en los que se producen epífitas.
- Los sitios deben ser seleccionados donde hay una alta probabilidad de cambio climático.
- Los esfuerzos de muestreo (Nascimbene et al. 2010).

Unidades en las que se expresa

Dependiendo de la variable seleccionada, las unidades pueden ser:

- Cambio porcentual de la abundancia relativa de epífitas por sitio y estratos
- Cambio porcentual en la biomasa absoluta o relativa de cada especie por sitio y estratos

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

- Estudios de epífitas realizados en Chile (Días et al. 2010, 2012 y Rubio et al. 2013).

Datos de monitoreo

Datos de campo

Método y esfuerzo

Existe una variedad de metodologías para medir la composición o el número de epífitas (por ejemplo, Díaz et al. 2010, 2012; Lovadi et al. 2012; Rubio et al. 2013; Sarmento Cabral et al. 2015; Zotz 2005). Para protocolos y directrices sobre el uso de epífitas, incluyendo líquenes epífitos, para el biomonitoreo, ver Shukla et al. (2014), Nimis et al. (2002) y Stofer et al. (Stofer et al. 2003).

Se recomienda un enfoque estratificado para asegurar que la red de monitoreo sea capaz de detectar el impacto del cambio climático en la comunidad de epífitas. Los sitios establecidos de monitoreo deben: (1) cubrir toda la gama de condiciones ambientales en las que se encuentra la especie y (2) sitios donde podría distribuirse la especie en el futuro bajo climas futuros. Además, los sitios seleccionados no deben ser impactados o donde las amenazas antropogénicas están bien documentadas (estratificación de acuerdo a las amenazas antropogénicas).

Teniendo esto en cuenta, los diseños de muestreo deben encontrar un equilibrio entre el número de sitios de monitoreo y la cantidad de información recogida en cada sitio. Ver también Nascimbene et al. (2010) sobre la optimización de esfuerzo en muestras de líquenes epífitas a nivel de árbol.

Formas de presentaciones más efectivas

- Gráficos de tendencias de cambio relativo por especie
- Diagramas de ordenación para mostrar los cambios en la composición de la comunidad

Límites de la utilidad y precisión

La evaluación de composición de epífitas requiere estudios botánicos completos y un identificador de especies. Por lo tanto, puede ser más eficiente y eficaz centrarse en un número de especies seleccionadas (es decir, el indicador 2.2.3, abundancia de epífitas). Estas especies pueden ser seleccionadas con base en su sensibilidad a variables climáticas. Un enfoque similar se ha adoptado para clasificar la sensibilidad de líquenes epífitas a la contaminación del aire (por ejemplo, Van Dobben y Ter Braak 1999). Índices como el Índice de Ellenberg (EI) (Ellenberg 1979) se podrá adoptar, teniendo en cuenta una lista más pequeña de las especies indicadoras (Leith y Lewis 2010).

Periodicidad

Encuestas anuales. Dependiendo de la especie, las encuestas se pueden unir a temporadas específicas (épocas de floración) o pueden llevarse a cabo durante todo el año (para las especies de líquenes).

Indicadores estrechamente vinculados

- Pueden estar vinculados al indicador composición polinizadores si se realizan en los mismos sitios de monitoreo. Lo mismo para el indicador abundancia polinizadores si los polinizadores seleccionados también polinizan plantas epífitas.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Información adicional y comentarios

Los líquenes epilíticos (Insarov et al. 1999) podrían evaluarse como buenos indicadores para el cambio climático.

Bibliografía

Benzing, D. 1998. *Vulnerabilities of Tropical Forests to Climate Change: The Significance of Resident Epiphytes.* In: A. Markham (ed.) Potential Impacts of Climate Change on Tropical Forest Ecosystems pp. 379–400. Springer Netherlands. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-2730-3_19.

Díaz, I. A., Sieving, K. E., Peña-Foxon, M., & Armesto, J. J. 2012. *A field experiment links forest structure and biodiversity: epiphytes enhance canopy invertebrates in Chilean forests*. Ecosphere 3: 1–17.

Díaz, I. A., Sieving, K. E., Peña-Foxon, M. E., Larraín, J., & Armesto, J. J. 2010. *Epiphyte diversity and biomass loads of canopy emergent trees in Chilean temperate rain forests: A neglected functional component.* Forest Ecology and Management 259: 1490–1501.

Ellenberg, H. 1979. Zeigerwerte der Gefaesspflanzen Mitteleuropas = *Indicator values of vascular plants in Central Europe.* Goltze, Goettingen.

Hsu, R. C.-C. 2013. *Vascular epiphytes in Taiwan and their potential response to climate change. Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED)*, University of Amsterdam, Amsterdam. URL: http://dare.uva.nl/document/2/126399.

Insarov, G. E., Semenov, S. M., & Insarova, I. D. 1999. *A System to Monitor Climate Change with Epilithic Lichens.* Environmental Monitoring and Assessment 55: 279–298.

Leith, I. & Lewis, J. 2010. *Epiphyte biomonitoring for atmospheric nitrogen effects on terrestrial habitats* (Year 1 report). Sniffer, Edinburgh. URL: http://www.sniffer.org.uk/index.php/download_file/1165/222/.

Lovadi, I., Cairns, A., & Congdon, R. 2012. *A comparison of three protocols for sampling epiphytic bryophytes in tropical montane rainforest.* Bryophyte Diversity and Evolution 34: 93–98.

Nadkarni, N. M. & Solano, R. 2002. *Potential effects of climate change on canopy communities in a tropical cloud forest: an experimental approach.* Oecologia 131: 580–586.

Nascimbene, J., Marini, L., Bacaro, G., & Nimis, P. 2010. *Effect of reduction in sampling effort for monitoring epiphytic lichen diversity in forests*. Community Ecology 11: 250–256.

Nimis, P. L., Scheidegger, C., & Wolseley, P. A. (Eds.). 2002. M*onitoring with Lichens — Monitoring Lichens.* Springer Netherlands, Dordrecht. URL: http://link.springer.com/10.1007/978-94-010-0423-7.

Rubio, C., Saavedra, M., Cuellar, M., Diaz, R., & Quilhot, W. 2013. *Epiphytic lichens of Conguillío* National Park, southern Chile. Gayana Bot 70: 1.

Sarmento Cabral, J., Petter, G., Mendieta-Leiva, G., Wagner, K., Zotz, G., & Kreft, H. 2015. *Branchfall as a Demographic Filter for Epiphyte Communities: Lessons from Forest Floor-Based Sampling*. PLoS ONE 10: e0128019.

Shukla, V., D.K., U., & Bajpai, R. 2014. *Lichens to Biomonitor the Environment*. Springer India, New Delhi. URL: http://link.springer.com/10.1007/978-81-322-1503-5.

Song, L., Liu, W.-Y., & Nadkarni, N. M. 2012. *Response of non-vascular epiphytes to simulated climate change in a montane moist evergreen broad-leaved forest in southwest China*. Biological Conservation 152: 127–135.

Stofer, S., Catalayud, V., Ferretti, M., Fischer, R., Giordani, P., Keller, C., Stapper, N., & Scheidegger, C. 2003. *Epiphytic lichen monitoring within the EU/ICP forests biodiversity test-phase on level II plots. ICP Forest*. ForestBiota. Available in http://www. forestbiota. org/docs/bbb-lichens_june05. pdf.[22 February 2013]. URL: http://www.researchgate.net/profile/Paolo_Giordani/publication/216200282_Epiphytic_lichen_monitoring_within_the_EUICP_Forests_Biodiversity_Test-Phase_on_Level_II_plots/links/0912f50b9e47b70375000000.pdf.

Van Dobben, H. F. & Ter Braak, C. J. F. 1999. *Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales*. The Lichenologist 31: 27–39.

Zamora, R., Pérez-Luque, A. J., Bonet, F. J., Barea-Azcón, J. M., & Aspizua, R. 2015. *La huella del cambio global en Sierra Nevada. Retos para la conservación.* p. 208. que, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.

Zotz, G. 2005. *Vascular epiphytes in the temperate zones–a review*. *Plant Ecology* 176: 173–183.

See also the New Zealand Epiphyte Network website for a annotated list of publications on Epiphytes: http://www.nzepiphytenetwork.org/publications-and-links.html

Indicador 2.1.3

Nombre del indicador

Composición de polinizadores

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Existe una amplia evidencia que el cambio climático tendrá un impacto negativo sobre los polinizadores y las interacciones planta-polinizador (Walther 2010; Kerr et al. 2015; Putten et al. 2010; Hegland et al. 2009; Hegland et al. 2009; Memmott et al. 2007). Este indicador tiene como objetivo identificar los futuros cambios en la composición y la diversidad de los polinizadores y evaluar en qué medida es atribuible al cambio climático.

Variables

Abundancia relativa de las diferentes especies de polinizadores dentro de los sistemas seleccionados. Estos sistemas pueden ser nichos específicos o sitios seleccionados.

Agencia responsable

A A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Resolución espacial

Depende del número de sitios de monitoreo por estrato y tamaño de las parcelas de muestreo dentro de cada sitio. Algunas consideraciones son:

- Representatividad dentro de los ecosistemas / bosques
- Los sitios deben ser seleccionados donde hay una alta probabilidad de cambio climático
- Los esfuerzos de muestreo (Nascimbene, et al., 2010)

Unidades en las que se expresa

Estimación de abundancia de cada especie de polinizadores, en base a las estimaciones de conteo

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

- Estudios realizados de polinizadores en Chile (Ramos-Jiliberto, et al., 2009) pueden proporcionar información de línea base específica de sitios.

Datos de monitoreo

Datos de campo

Método y esfuerzo

Los métodos de campo

Trabajo de campo – los métodos, el diseño de muestreo y la frecuencia dependerán de la especie seleccionada. Un elemento esencial es la buena estimación de la probabilidad de detección para cada una de las especies incluidas en el monitoreo. Se espera que existan datos de línea base disponibles para la estimación inicial, sin embargo, las estimaciones tendrán que ser actualizadas después de cada monitoreo ya que las probabilidades de detección podrán cambiar.

Los dos tipos principales de sistemas de muestreo son: (1) una red de parcelas de muestreo, (2) un sistema de red en el atlas. La primera se enfoca en la toma de muestras estratificadas y las especies más residentes, mientras que la segunda se orienta hacia el monitoreo de especies relativamente raras o especies cuyos individuos tienen un amplio rango de distribución.

Muestreo estratificado

Se recomienda un enfoque estratificado para asegurar que la red de monitoreo sea capaz de detectar el impacto del cambio climático en la comunidad de polinizadores. Los sitios establecidos de monitoreo deben: (1) cubrir toda la gama de condiciones ambientales en las que se encuentra la especie y (2) sitios donde podría distribuirse la especie en el futuro bajo climas futuros. Además, los sitios seleccionados no deben ser impactados o donde las amenazas antropogénicas están bien documentadas (estratificación de acuerdo a las amenazas antropogénicas).

Formas de presentaciones más efectivas

- Gráficos de tendencias de cambio relativo por especie
- Diagramas de ordenación para mostrar los cambios en la composición de la comunidad
- Gráficos o tablas temporales con el cambio porcentual entre la especia especialista y generalista

Límites de la utilidad y precisión

- Se conoce poco sobre las relaciones entre el tiempo y el clima, los polinizadores y las plantas para muchas especies. Para evaluar / interpretar los efectos causales entre el cambio climático y los cambios en la composición de los polinizadores y cómo esto afecta a la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, se necesita información adicional sobre aspectos sensibles al clima e interacciones entre especies y el papel de las diferentes especies de polinizadores en el ecosistema.
- Monitorear las tendencias de las poblaciones de varias especies a una escala de paisaje, puede ser excesivamente costoso. Por otro lado, los sitios a menor escala pueden no ser suficientes para detectar cambios en un paisaje variable con múltiples factores influyendo sobre las poblaciones de polinizadores.
- Es requisito conocer la información sobre el rol de especies especialistas en comparación con generalistas de diferentes polinizadores. Dicha información permitirá estimar mejor los efectos potenciales de los cambios en los gremios específicos de los animales sobre otras especies y funciones de los ecosistemas.

Periodicidad

Anual, estacional

Indicadores estrechamente vinculados

- Con el fin de entender los cambios en la composición de las comunidades de polinizadores, es imprescindible disponer de información sobre los cambios en las especies de plantas, cambio en la distribución de las especies seleccionadas y abundancia de polinizadores.
- Este indicador está estrechamente vinculado al indicador Abundancia de polinizadores, que puede ser una alternativa más factible (ver la sección sobre límites y precisión arriba). Ver también Joseph et al. (2006)

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Información adicional y comentarios

Es imprescindible el conocimiento especializado de un identificador de especies, dada la alta diversidad de polinizadores, por lo que se recomienda centrarse en un número bajo de especies sensibles al cambio climático (ya sea directamente o sobre las plantas hospederas). Esto lleva al indicador Abundancia de polinizadores

Bibliografía

Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A.-L., & Totland, Ø. 2009a. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters* 12: 184–195.

Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A.-L., & Totland, Ø. 2009b. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters* 12: 184–195.

Joseph, L. N., Field, S. A., Wilcox, C., & Possingham, H. P. 2006. Presence-absence versus abundance data for monitoring threatened species. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology* 20: 1679–1687.

Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S. R., Richardson, L. L., Wagner, D. L., Gall, L. F., Sikes, D. S., & Pantoja, A. 2015. Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science* 349: 177–180.

Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. 2007. Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters* 10: 710–717.

Nascimbene, J., Marini, L., Bacaro, G., & Nimis, P. 2010. Effect of reduction in sampling effort for monitoring epiphytic lichen diversity in forests. *Community Ecology* 11: 250–256.

Putten, W. H. V. der, Macel, M., & Visser, M. E. 2010. Predicting species distribution and abundance responses to climate change: why it is essential to include biotic interactions across trophic levels. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365: 2025–2034.

Ramos-Jiliberto, R., Albornoz, A. A., Valdovinos, F. S., Smith-Ramírez, C., Arim, M., Armesto, J. J., & Marquet, P. A. 2009. A network analysis of plant–pollinator interactions in temperate rain forests of Chiloé Island, Chile. *Oecologia* 160: 697–706.

Walther, G.-R. 2010. Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365: 2019–2024.

See also Pollinator Observation & Monitoring Project: http://gbcae.com/pollinators.html

Pollinator partnership: http://www.pollinator.org/

Indicador 2.2.3

Nombre del indicador

Abundancia de epifítas

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Las epífitas son un grupo de especies potencialmente vulnerables al cambio climático (Benzing 1998; Hsu 2013; Nadkarni y Solano 2002; Song et al. 2012; Zamora et al. 2015). Por lo que son especies potencialmente importantes como indicadoras del cambio climático.

Conocer los cambios de las abundancias de las especies y sus tendencias puede ser de gran utilidad para comprender el impacto del cambio climático en éstas poblaciones.

El objetivo es detectar cambios a mediano/largo plazo en la abundancia de epífitas y evaluar en qué medida los cambios son atribuibles al cambio climático.

Variables

Abundancia, biomasa o la cobertura de tierra de las especies epífitas.

Agencia responsable

A A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas seleccionadas

Resolución espacial

La intensidad de muestreo (número de sitios de monitoreo por estrato y el tamaño de las parcelas de muestreo dentro de cada sitio) será determinado por el número de ecosistemas / bosques monitoreados, la complejidad del gradiente ambiental a lo largo del hábitat de la especie y la distribución actual versus la futura potencial.

Unidades en las que se expresa

- Variación porcentual de la abundancia (y biomasa) de las especies epífitas seleccionados por sitio y estratos.
- Porcentaje de área (estimado sobre la base de muestras) de disminución de especies y porcentaje de superficie en donde la abundancia de especies aumenta

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

Estudios de epífitas realizados en Chile (Días et al. 2010, 2012 y Rubio et al. 2013).

Datos de monitoreo

Datos de campo que incluyan: datos de conteo (estimaciones de abundancia), mediciones de cobertura (cobertura) y muestras de material vegetal (estimaciones de la biomasa).

Método y esfuerzo

Existe una variedad de metodologías para medir la composición o el número de epífitas (por ejemplo, Díaz et al. 2010, 2012; Lovadi et al. 2012; Rubio et al. 2013; Sarmento Cabral et al. 2015; Zotz 2005). Para protocolos y directrices sobre el uso de epífitas, incluyendo líquenes epífitos, para el biomonitoreo, ver Shukla et al. (2014), Nimis et al. (2002) y Stofer et al. (Stofer et al. 2003).

Se recomienda un enfoque estratificado para asegurar que la red de monitoreo sea capaz de detectar el impacto del cambio climático en la comunidad de epífitas. Los sitios establecidos de monitoreo deben: (1) cubrir toda la gama de condiciones ambientales en las que se encuentra la especie y (2) sitios donde podría distribuirse la especie en el futuro bajo climas

futuros. Además, los sitios seleccionados no deben ser impactados o donde las amenazas antropogénicas están bien documentadas (estratificación de acuerdo a las amenazas antropogénicas).

Formas de presentaciones más efectivas

- Mapas de línea base de la distribución de especies y mapas actualizados.
- Mapas de cambio para representar los cambios en la distribución espacial de las especies. Un ejemplo es el mapa de tendencia de distribución de *Branta canadensis* en el norte de América, que muestra las diferencias en la abundancia de la especie entre 1966-2003 (Sauer et al. 2007).
- Datos de abundancia y gráficos de tendencias que muestran una forma eficaz de observar los cambios.

Límites de la utilidad y precisión

La evaluación de composición de epífitas requiere estudios botánicos completos y un identificador de especies.

Periodicidad

Encuestas anuales. Dependiendo de la especie, las encuestas se pueden unir a temporadas específicas (épocas de floración) o pueden llevarse a cabo durante todo el año (para las especies de líquenes).

Indicadores estrechamente vinculados

- El indicador Composición epífitas coincide en gran medida con este indicador. La ventaja de este indicador es que proporciona información a través de una gama más amplia de especies, aumentando el cambio de detección del cambio. El presente indicador tiene la ventaja que al concentrarse en menos especies la identificación será menos complicada. Además, se requerirá menos tiempo por especie, que puede ser utilizado para incluir más sitios de monitoreo y así proporcionar una mejor cobertura de la distribución de las especies.
- Pueden estar vinculados a la composición de polinizadores si se realizan en los mismos sitios de monitoreo. Lo mismo para el indicador abundancia de polinizadores si los polinizadores seleccionados también polinizan plantas epífitas.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos: llenar
Contacto: llenar
Mail: llenar

Información adicional y comentarios

- Las especies deben ser seleccionadas de acuerdo a su grado de sensibilidad a variables climáticas. Un enfoque similar se realiza al clasificar la sensibilidad de líquenes epífitos a la contaminación atmosférica (Van Dobben, y Ter Braak, 1999). Se puede incluir el índice de Ellenberg (EI) (Ellenberg 1979), permitiendo una lista más pequeña de especies indicadoras (Leith y Lewis 2010).
- Los líquenes epilíticos pueden incluirse como buenos indicadores de cambio climático (Insarov et al., 1999).

Bibliografía

Benzing, D. 1998. *Vulnerabilities of Tropical Forests to Climate Change: The Significance of Resident Epiphytes. In*: A. Markham (ed.) *Potential Impacts of Climate Change on Tropical Forest Ecosystems* pp. 379–400. Springer Netherlands. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-2730-3_19.

Díaz, I. A., Sieving, K. E., Peña-Foxon, M., & Armesto, J. J. 2012. *A field experiment links forest structure and biodiversity: epiphytes enhance canopy invertebrates in Chilean forests*. *Ecosphere* 3: 1–17.

Díaz, I. A., Sieving, K. E., Peña-Foxon, M. E., Larraín, J., & Armesto, J. J. 2010. *Epiphyte diversity and biomass loads of canopy emergent trees in Chilean temperate rain forests: A neglected functional component. Forest Ecology and Management* 259: 1490–1501.

Ellenberg, H. 1979. Zeigerwerte der Gefaesspflanzen Mitteleuropas = *Indicator values of vascular plants in Central Europe*. Goltze, Goettingen.

Hsu, R. C.-C. 2013. *Vascular epiphytes in Taiwan and their potential response to climate change*. Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), University of Amsterdam, Amsterdam. URL: http://dare.uva.nl/document/2/126399.

Insarov, G. E., Semenov, S. M., & Insarova, I. D. 1999. *A System to Monitor Climate Change with Epilithic Lichens*. *Environmental Monitoring and Assessment* 55: 279–298.

Leith, I. & Lewis, J. 2010. Epiphyte biomonitoring for atmospheric nitrogen effects on terrestrial habitats (Year 1 report). Sniffer, Edinburgh. URL: http://www.sniffer.org.uk/index.php/download_file/1165/222/.

Mair, L., Hill, J. K., Fox, R., Botham, M., Brereton, T., & Thomas, C. D. 2014. *Abundance changes and habitat availability drive species/' responses to climate change. Nature Climate Change* 4: 127–131.

Nadkarni, N. M. & Solano, R. 2002. *Potential effects of climate change on canopy communities in a tropical cloud forest: an experimental approach*. *Oecologia* 131: 580–586.

Nascimbene, J., Marini, L., Bacaro, G., & Nimis, P. 2010. *Effect of reduction in sampling effort for monitoring epiphytic lichen diversity in forests. Community Ecology* 11: 250–256.

Nimis, P. L., Scheidegger, C., & Wolseley, P. A. (Eds.). 2002. *Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens.* Springer Netherlands, Dordrecht. URL: http://link.springer.com/10.1007/978-94-010-0423-7.

Rubio, C., Saavedra, M., Cuellar, M., Diaz, R., & Quilhot, W. 2013. *Epiphytic lichens of Conguillío* National Park, southern Chile. *Gayana Bot* 70: 1.

Shukla, V., D.K., U., & Bajpai, R. 2014. *Lichens to Biomonitor the Environment*. Springer India, New Delhi. URL: http://link.springer.com/10.1007/978-81-322-1503-5.

Song, L., Liu, W.-Y., & Nadkarni, N. M. 2012. *Response of non-vascular epiphytes to simulated climate change in a montane moist evergreen broad-leaved forest in southwest China*. *Biological Conservation* 152: 127–135.

Stofer, S., Catalayud, V., Ferretti, M., Fischer, R., Giordani, P., Keller, C., Stapper, N., & Scheidegger, C. 2003. *Epiphytic lichen monitoring within the EU/ICP forests biodiversity test-phase on level II plots. ICP Forest. ForestBiota. Available in http://www. forestbiota. org/docs/bbb-lichens_june05. pdf.[22 February 2013]*. URL: http://www.researchgate.net/profile/Paolo_Giordani/publication/216200282_Epiphytic_lichen_monitoring_within_the_EUICP_Forests_Biodiversity_Test-Phase_on_Level_II_plots/links/0912f50b9e47b70375000000.pdf.

Zamora, R., Pérez-Luque, A. J., Bonet, F. J., Barea-Azcón, J. M., & Aspizua, R. 2015. *La huella del cambio global en Sierra Nevada. Retos para la conservación*. p. 208. que, A.J., Bonet, F.J., Barea-Azcón, J.M. y Aspizua, R. (editores Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.

Van Dobben, H. F. & Ter Braak, C. J. F. 1999. *Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: a comparison of indicator scales*. The Lichenologist 31: 27–39.

See also the New Zealand Epiphyte Network website for a annotated list of publications on Epiphytes: http://www.nzepiphytenetwork.org/publications-and-links.html

Indicador 2.2.4

Nombre del indicador

Abundancia de polinizadores

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Existe amplia evidencia que el cambio climático tendrá un impacto negativo sobre los polinizadores y sus interacciones planta-polinizador (Walther 2010; Kerr et al. 2015; Putten et al. 2010; Hegland et al. 2009; Hegland et al. 2009; Memmott et al. 2007). Conocer los cambios de las abundancias de las especies y sus tendencias puede ser de gran utilidad para comprender el impacto del cambio climático en éstas poblaciones.

Este indicador tiene como objetivo identificar los futuros cambios en la abundancia de polinizadores y evaluar en qué medida los cambios son atribuibles a climas futuros.

Variables

Presencia / abundancia de insectos y vertebrados polinizadores

Agencia responsable

A A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas seleccionadas

Resolución espacial

Depende del número de sitios de monitoreo por estrato y tamaño de las parcelas de muestreo dentro de cada sitio. Algunas consideraciones son:

- Sitios que cubran los gradientes ambientales dentro de la distribución de la especies
- Sitios que se espera que hayan impactos del cambio climático donde sea afectada la especie
- Amenazas antropogénicas e impactos de manejo.

Unidades en las que se expresa

- Porcentaje de cambio en la abundancia (y biomasa) de las especies seleccionadas por sitio y estratos.
- Área de porcentaje (estimado sobre la base de muestras) de disminución de especies y porcentaje de superficie donde la abundancia de la especie aumenta

Descripción de los datos de origen

Datos de línea base

Estudios realizados de polinizadores en Chile (Ramos-Jiliberto, et al., 2009) pueden proporcionar información de línea base específica de sitios.

Datos de monitoreo

Datos de campo, con conteo de observaciones por especie (individuos el tipo de observaciones son diferentes y por lo tanto el tipo de datos son diferentes, ver la sección de métodos).

Método y esfuerzo

Los métodos de campo

El trabajo de campo - métodos, diseño de muestreo de campo y la frecuencia dependerán de la especie seleccionada. Existen dos tipos principales de sistemas de muestreo: (1) una red de parcelas de muestreo y (2) un sistema de red atlas. La primera se enfoca en la toma de muestras estratificadas y las especies más residentes, mientras que la segunda se orienta hacia el monitoreo de especies relativamente raras o especies cuyos individuos tienen un amplio rango de distribución.

Sitios de muestreo - el número de sitios depende del número de estratos definidos. Para cada estrato se debe seleccionar un mínimo de dos sitios. El tamaño de los sitios de muestreo depende del rango de distribución de las poblaciones o individuos y la facilidad de detección / conteo de las especies (probabilidad de detección y conocimientos de identificación de especies). Existen numerosos protocolos generales, manuales de muestreo (Hill et al. 2005; Manley et al. 2006; McComb et al., 2010) o directrices para especies o grupos específicos (*California Department of Fish and Wildlife* 2016). El criterio más importante es que las actividades de monitoreo deben seguir los mismos métodos y protocolos, dentro de los marcos de monitoreo existentes y colectar datos que pueden ser comparables con datos de línea base.

Sistema de red del Atlas: el tamaño (y por lo tanto la resolución) dependerá del compromiso a largo plazo de los recursos. Las celdas utilizadas en el atlas, comúnmente oscilan entre 1 a >100 km^2 (Donald y Fuller 1998; Norris y Pain 2002). Ejemplos de ello son los atlas de anfibios y reptiles en Europa (50 km^2 Silero et al. 2014) y de insectos en el Reino Unido (10 km^2 Thomas 2005) y de aves el *European Breeding Bird Atlas* (http://www.ebba2.info/).

Diseño de toma de muestras y análisis estadístico: El diseño del muestreo y el análisis estadístico de los datos se acoplan herméticamente y requieren estimaciones robustas (i.e. probabilidad de detección). Por lo tanto, es muy importante definir a priori el diseño de muestreo y el análisis estadístico en conjunto.

Muestreo estratificado

Para asegurar que la red de monitoreo sea capaz de detectar el impacto del cambio climático en la especie seleccionada, se recomienda un enfoque estratificado. De ese modo, los sitios de monitoreo existentes pueden necesitar ser complementados por otros sitios donde se espera un impacto en el cambio en la composición de polinizadores como efecto del cambio climático. Los sitios seleccionados no deben ser impactados o donde las amenazas antropogénicas están bien documentadas (estratificación de acuerdo a las amenazas antropogénicas). Formas de presentaciones más efectivas

Límites de la utilidad y precisión

Se conoce poco sobre las relaciones entre el tiempo y el clima, los polinizadores y las plantas de muchas especies, por lo que resulta difícil en muchos casos interpretar correctamente los resultados atribuibles al cambio climático.

Podría resultar excesivamente costoso monitorear las tendencias de las abundancias de especies a escala de paisaje. Sin embargo, ciertos avances en diseños de monitoreo y análisis estadísticos, han permitido obtener estimaciones más eficientes en cuanto a la abundancia de las especies a partir de datos de detección/no detección (Noon et al. 2012). Otros enfoques se han orientado en el diseño de redes de optimización para el monitoreo de múltiples especies (Amorim et al. 2014; Carvalho et al. 2015). No obstante, dada la riqueza de especies, sus distribuciones y complejas interacciones planta-polinizador, resulta difícil desarrollar un único diseño de muestreo para monitorear múltiples especies.

Periodicidad

Anual, estacional

Indicadores estrechamente vinculados

- Indicador Cambio en distribución de especies seleccionadas
- Indicador Composición polinizadores

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Información adicional y comentarios

Bibliografía

Amorim, F., Carvalho, S. B., Honrado, J., & Rebelo, H. 2014. *Designing Optimized Multi-Species Monitoring Networks to Detect Range Shifts Driven by Climate Change: A Case Study with Bats in the North of Portugal*. *PLoS ONE* 9: e87291.

California Department of Fish and Wildlife. 2016, January 10. Survey and Monitoring Protocols & Guidelines - California Department of Fish and Wildlife. URL: https://www.dfg.ca.gov/wildlife/nongame/survey_monitor.html.

Carvalho, S. B., Gonçalves, J., Guisan, A., & Honrado, J. P. 2015. *Systematic site selection for multispecies monitoring networks. Journal of Applied Ecology*: n/a–n/a.

Donald, P. F. & Fuller, R. J. 1998. *Ornithological atlas data: a review of uses and limitations*. *Bird Study* 45: 129–145.

Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A.-L., & Totland, Ø. 2009a. *How does climate warming affect plant-pollinator interactions? Ecology Letters* 12: 184–195.

Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A.-L., & Totland, Ø. 2009b. *How does climate warming affect plant-pollinator interactions? Ecology Letters* 12: 184–195.

Hill, D., Fasham, M., Tucker, G., Shewry, M., & Shaw, P. 2005. *Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring*. Cambridge University Press.

Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S. R., Richardson, L. L., Wagner, D. L., Gall, L. F., Sikes, D. S., & Pantoja, A. 2015. *Climate change impacts on bumblebees converge across continents*. *Science* 349: 177–180.

Manley, P. N., Van Horne, B., Roth, J. K., Zielinski, W. J., McKenzie, M. M., Weller, T. J., Weckerly, F. W., & Vojta, C. 2006. *Multiple species inventory and monitoring technical guide*. Citeseer. URL: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.125&rep=rep1&type=pdf.

McComb, B., Zuckerberg, B., Vesely, D., & Jordan, C. 2010. *Monitoring Animal Populations and Their Habitats: A Practitioner's Guide.* CRC Press.

Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. 2007. *Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. Ecology Letters* 10: 710–717.

Norris, K. & Pain, D. J. 2002. *Conserving Bird Biodiversity: General Principles and Their Application*. Cambridge University Press.

Putten, W. H. V. der, Macel, M., & Visser, M. E. 2010. *Predicting species distribution and abundance responses to climate change: why it is essential to include biotic interactions across trophic levels*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365: 2025–2034.

Ramos-Jiliberto, R., Albornoz, A. A., Valdovinos, F. S., Smith-Ramírez, C., Arim, M., Armesto, J. J., & Marquet, P. A. 2009. *A network analysis of plant–pollinator interactions in temperate rain forests of Chiloé Island, Chile. Oecologia* 160: 697–706.

Rasmont, P., Franzen, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S., Biesmeijer, K., Castro, L., Cederberg, B., Dvorak, L., Fitzpatrick, U., Gonseth, Y., Haubruge, E., Mahe, G., Manino, A., Michez, D., Neumayer, J., Odegaard, F., Paukkunen, J., Pawlikowski, T., Potts, S., Reemer, M., Settele, J., Straka, J., & Schweiger, O. 2015. Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees. *BioRisk* 10: 1–236.

Thomas, J. A. 2005. *Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 360: 339–357.

Walther, G.-R. 2010. Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365: 2019–2024.

See also Pollinator Observation & Monitoring Project: http://gbcae.com/pollinators.html

Pollinator partnership: http://www.pollinator.org/

INDICADOR 3.1.1

Nombre del indicador

Δ Distribución de especies seleccionadas

Ámbito: Terrestre

Objetivo y justificación

Un meta-análisis realizado por Parmesan y Yohe (2003) de más de 1700 especies y de 143 estudios (Root et al. 2003), mostraron una respuesta consistente en la disminución o extinción local de flora y fauna a los aumentos históricos de la temperatura, atribuido al cambio climático (Staudinger et al. 2012). Se conoce que las especies no responden de forma sincrónica en el espacio, lo que provocará cambios en la dominancia de las especies dentro de las comunidades y formaciones de nuevas comunidades no-análogas (nuevas combinaciones de especies) (Walther 2010). Esto no sólo afectará la diversidad de las especies, sino también generará una mayor vulnerabilidad para los ecosistemas frente a las perturbaciones naturales y antropogénicas (Malcolm et al. 2002).

Objetivo: monitorear cambios de medio a largo plazo en la distribución de las especies seleccionadas y evaluar en qué medida estos cambios pueden atribuirse al impacto directo e indirecto del cambio climático. Un objetivo complementario puede ser monitorear la capacidad de las políticas y acciones de manejo para mitigar o prevenir la influencia del cambio climático en la distribución de las especies seleccionadas.

Variables

- Cambio en la presencia / ausencia de especies en los sitios de monitoreo

Agencia responsable

- Para las especies forestales: Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Instituto Forestal (INFOR)
- Para otras especies: A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Resolución espacial

Extensión

La red de monitoreo debe dar seguimiento a sitios en todo el rango de distribución de la especie, así como en áreas donde se pronostica su expansión frente a climas futuros (ver sección de métodos). Los mapas de distribución actuales y potenciales creados por Marquet et al. (2012) pueden servir como una primera aproximación (ver las notas en la sección de 'información adicional').

Resolución

La intensidad de muestreo (número de sitios de monitoreo por estrato y tamaño de las parcelas de muestreo dentro de cada sitio) depende del rango de la distribución de las poblaciones o individuos y su movilidad (una movilidad más grande significa áreas más grandes a ser monitoreadas).

Unidades en las que se expresa

Dentro de cada ciclo de muestreo/observación, las unidades que deberán medirse dentro de las parcelas de muestreo o celdas de la cuadrícula son la presencia o ausencia observada:

Unidades

- Cambio porcentual en el número de sitios o celdas de la cuadrícula en la que la especie está presente. Esto incluye el porcentaje de sitios donde la especie fue presente en el período precedente y se encuentra ausente en la actualidad y el porcentaje de sitios donde la especie estaba ausente en el período precedente y está presente en el ciclo de medición actual.
- Cambio porcentual en el rango de distribución de la especie (extrapolación de los números mencionados arriba).

Descripción de los datos de origen

Datos de línea de base

- Distribución actual de la especie indicadora (mapa de distribución) de Marquet et al. (2012)
- Datos de rangos de distribución en las bases de datos nacionales e internacionales (con el fin de modelar la distribución de especies). Para ver ejemplos de las bases de datos internacionales, consulte la sección 'Información adicional y comentarios'.
- Datos de las parcelas de muestreo permanente del "Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales" del INFOR.
- Datos de cualquier otra red de monitoreo (parcelas de muestreo permanente o del atlas).
- Capas de datos de amenazas antropogénicas: amplia gama de datos disponibles públicamente.

Datos de monitoreo

Datos de censos de campo - pueden ser recogidos como parte de los programas en curso como el "Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales"

Método y esfuerzo

Método de muestreo

Los dos tipos principales de sistemas de muestreo consisten en: (1) una red de parcelas de muestreo y/o en (2) un sistema de redes distribuidas en el atlas. La primera se vincula con enfoques de toma de muestras estratificadas y las especies más residentes, mientras que el último puede ser más adecuado para monitorear especies relativamente raras o especies cuyos individuos tienen un amplio rango de distribución.

Sitios de muestreo - el número de sitios depende del número de estratos definidos en la metodología. Para cada estrato se debe seleccionar un mínimo de dos sitios. El tamaño de los sitios de muestreo depende del rango de la distribución de las poblaciones o individuos. En el caso de las especies migratorias estacionales, los sitios de sub-muestra pueden ser necesarios en los hábitats de invierno y verano. Existen numerosas directrices generales y manuales sobre métodos de muestreo (por ejemplo, Hill et al. 2005; McComb et al. 2010) o pautas para las especies o grupos de especies específicas (véase, por ejemplo, California Department of Fish and Wildlife 2016). El criterio más importante puede ser que las actividades de monitoreo deben seguir tanto como sea posible, los mismos métodos y protocolos como marcos existentes de monitoreo, y producir datos que se pueden comparar con datos de referencia disponibles.

Sistema de red del Atlas: el tamaño (y por lo tanto la resolución) dependerá del compromiso a largo plazo de los recursos. Las celdas utilizadas en el atlas, comúnmente oscilan entre 1 a >100 km^2 (Donald y Fuller 1998; Norris y Pain 2002). Ejemplos de ello son los atlas de anfibios y reptiles en Europa (50 km^2 Silero et al. 2014) y de insectos en el Reino Unido (10 km^2 Thomas 2005) y de aves el *European Breeding Bird Atlas* (http://www.ebba2.info/).

Muestreo estratificado

Ambiental - Para las mediciones basadas en el campo, un sistema de monitoreo debe utilizar sitios de monitoreo existentes (por ejemplo, para especies forestales puede usarse el "Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales").

Desafortunadamente, los programas de monitoreo suelen hacer caso omiso en dónde (y cuándo) los rangos de las especies irán a cambiar, y por lo tanto no están diseñadas para detectar cambios como efecto del cambio climático. Los sitios de monitoreo existentes pueden ser complementados para asegurar que la red de sitios de monitoreo: (1) cubra adecuadamente toda la gama de condiciones ambientales en las que se encuentra la especie y (2) cubre la gama potencial de condiciones en que los cambios de los rangos de especies pueden ocurrir. Esto se puede hacer comparando los mapas de las distribuciones actuales con las potenciales futuras e identificar las áreas donde las especies son propensas a ganar, perder o mantener condiciones adecuadas (Amorim et al 2014; Araújo y Williams 2000).

Las amenazas antropogénicas - Además del cambio climático, hay otros factores extrínsecos que pueden resultar en cambios en la distribución de las especies como por ejemplo la fragmentación y degradación del hábitat, la sobreexplotación, la contaminación, y la competencia con especies introducidas. Estos pueden diferir en los patrones espaciales y temporales y también pueden interactuar con los efectos del cambio climático (por ejemplo, el cambio climático puede exacerbar otras presiones significativas inducidas por el ser humano (Kaeslin et al. 2012). Algunos de estos factores pueden ya ser el objetivo de las redes de monitoreo existentes. Para monitorear el cambio climático, el diseño debe permitir el aislamiento de los efectos del cambio climático. Esto se puede hacer mediante la inclusión de sitios (relativamente) bien protegidos en donde otros factores no juegan un papel significativo; es decir, la selección de sitios donde las especies tienen una alta probabilidad de persistencia frente a escenarios de no-cambio climático (Araújo y Williams 2000). Alternativamente, la red debe cubrir la gama de factores que pueden influir en la persistencia de la especie con el fin de estimar la influencia relativa de los diferentes factores. Esta última se realiza en el “Iventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales” (Bahamondez et al. 2014).

Impacto de la gestión – La información sobre el impacto del cambio climático en la distribución de las especies debe ser transmitida hacia los tomadores de decisiones y de políticas, así como de otras partes interesadas acerca de las prioridades de las intervenciones (dónde y qué), y las opciones para la mitigación del cambio climático a través de políticas y acciones de manejo (cómo). Donde dichas políticas se encuentran en marcha (incluyendo las políticas generales para proteger la especie), el impacto del cambio climático puede ser medido a través de escenarios futuros de clima o en zonas donde se implementan o no las políticas. Actualmente la medida más tangible y directa para proteger las especies es la red de áreas protegidas (también como prioridad son las áreas con un impacto antropogénico minimizada).

Eficiencia - muestreo de varias especies - Desde un punto de vista costo-efectivo, puede resultar deseable seguir una red de monitoreo optimizada de multi-especies específicas, basada en las distribuciones de cada especie, la identificación de estratos homogéneos (ver arriba) y una evaluación del número mínimo de sitios de monitoreo por especie y estrato (Amorim et al. 2014; Carvalho et al. 2015).

Formas de presentaciones más efectivas

- Mapas de línea base de la distribución de especies y mapas actualizados.
- Mapas de cambio para representar los cambios en la distribución espacial de las especies. Un ejemplo es el mapa de tendencia de distribución de Branta canadensis en el norte de América, que muestra las diferencias en la abundancia de la especie entre 1966-2003 (Sauer et al. 2007).
- Datos de abundancia y gráficos de tendencias que muestran una forma eficaz de observar los cambios.

Límites de la utilidad y precisión

- Identificar cuáles efectos se deben al cambio climático y cuáles a otros factores en la distribución de las especie.
- Los cambios en los rangos de las especies pueden ser difíciles de medir a mediano plazo. La abundancia y la demografía pueden ser variables complicadas de medir, pero proporcionan una medida indirecta de los rangos de las especies. La medida más adecuada dependerá de la especie. Por ejemplo, la abundancia de la especie puede ser una medida más adecuada para plantas, especialmente aquellas de vidas más larga, mientras que observaciones puntuales pueden ser más adecuados para especies más difíciles de observar o raras. Una consideración adicional es el costo, en términos de financiación y de tiempo. Es posible que los estudios de abundancias de especies no sean más costosas (Gibbons et al. 2007), no obstante, dependerá de la frecuencia del monitoreo y el esfuerzo necesario para observar las especies. Ver José et al. (2006) para una discusión sobre este tema. Es importante notar que, si se monitorea la abundancia, este indicador se solapará con el indicador 2.2.1 (abundancia especies arbóreas y arbustivas), 2.2.2 (abundancia especies vegetales) y 2.2.3 (abundancia especies epífitas).

Periodicidad

- Mediciones anuales constantes.
- Los datos pueden colectarse (1) periódicamente con un intervalo de tiempo definido (por ejemplo, anual) y observaciones directas en campo (detección/no-detección), o en el caso de vertebrados (2) mediante monitoreo continuo o durante períodos prolongados, por ejemplo, utilizando cámaras trampa (Ancrenaz et al. 2012; Glen et al 2013; Kays et al. 2009).
- El marco de muestreo (estratificación) puede ser re-evaluado cada cierto tiempo (por ejemplo, intervalos de 5 años), a fin de garantizar que todas las áreas con distribuciones actuales y futuras sean incluidas.

Indicadores estrechamente vinculados

Las parcelas de muestreo para estas especies pueden combinarse con aquellas utilizadas para el indicador Diversidad y composición de especies y para los indicadores Estructura poblacional y abundancia de especies. Puede además estar vinculado con el Indicador Composición y diversidad funcional si se selección a las mismas especies.

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Información adicional y comentarios

Selección de especies indicadoras

Los métodos para medir el impacto del cambio climático en las distribuciones de las especies, dependerán de las especies seleccionadas, sus características ecológicas y su distribución actual. Por tanto, un requisito previo para el desarrollo de indicadores basados en especies y los métodos para medirlos es la selección de especies indicadoras (qué monitorear) y sitios (donde monitorear). Para permitir una rápida detección de los efectos del cambio climático, las especies principalmente son seleccionadas con base en su vulnerabilidad ante el cambio climático. Una consideración secundaria podría ser su representatividad para otras especies o el estado de los ecosistemas (una especie bandera o indicadora). Entonces, ¿qué hace que una especie sea vulnerable? Las especies pueden ser consideradas como altamente vulnerables al cambio climático si califican como altamente sensibles, altamente expuestos y de menor capacidad para la adaptación. De Foden et al. (2013):

- Sensibilidad: (a) pequeño nicho ambiental / tolerancia, (b) especialistas y (c) potencialmente sensibles ante detonantes ambientales.
- Adaptabilidad: (d) baja capacidad de dispersión y (e) pobre potencial micro-evolutiva debido a la baja diversidad genética, ciclos de vida largos y/o bajos niveles de reproducción.
- Exposición: (f) cambios en el rango de distribución como efecto del cambio climático.

En la actualidad la forma más viable para determinar la distribución de especies y sus cambios frente al clima futuro es a través del uso de modelos de nicho ecológico (Marquet et al. 2012). En un estudio sobre la vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre al nivel de especies y ecosistemas en Chile, Marquet et al. (2012) identificaron una serie de especies vulnerables a los cambios del clima y en peligro de extinción o amenazadas. Basado en el área de distribución perdida (que combina sensibilidad y exposición) y su estado de conservación, sugirieron enfocarse en ciertas especies para darle seguimiento al impacto del cambio climático, incluyendo a las especies mencionadas a continuación.

Especies de vertebrados identificadas como especies prioritarias para el monitoreo del cambio climático a través de Marquet et al. (2012). Para las especies de plantas, ver el Indicador 2.2.2 (Abundancia especies vegetales).

La lista de Marquet et al. (2012) proporciona un punto de partida útil para seleccionar especies indicadoras. Sin embargo, existen una serie de preocupaciones y advertencias al enfoque. La primera es que Marquet et al. (2012) utilizaron el modelo de Maxent para proyectar las distribuciones de las especies. Sin embargo, cuando los modelos de distribución de especies se construyen con datos modelados (por ejemplo, con escenarios climáticos), la incertidumbre se propaga a través de los modelos (Sinclair et al. 2010). Esto incluye las incertidumbres ligadas a métodos específicos (Bahn y McGill 2013; Peterson et al. 2007) e incertidumbres relacionadas a modelos y escenarios climáticos (Beaumont et al 2007; Xiaojun et al. 2011). La alta incertidumbre debe ser tratada y transmitida a los tomadores de decisiones que basan sus políticas en estos modelos. Por lo tanto, es conveniente usar distintos modelos para estimar distribuciones futuras y evaluar la incertidumbre en las predicciones (Marmion et al. 2009).

El segundo punto es la selección de especies prioritarias basado principalmente en el nivel de exposición y, de manera más implícita, su sensibilidad al cambio climático. Desde un punto de vista metodológico, puede ser deseable considerar rasgos más explícitamente biológicos que contribuyen a la sensibilidad de las especies y a la capacidad de adaptación (Foden et al. 2013). Esto permitirá definir mejor los cambios previstos en la distribución de

Grupo	Especie	Suposición	Estado
Dispersión ilimitada	Vertebrados	*Hippocamelus bisulcus*	en peligro de extinción
		Liolaemus magellanicus	vulnerable
Migración limitada	Vertebrados	*Irenomys tarsalis*	en peligro de extinción
		Telmatobufo australis	vulnerable

las especies, y por lo tanto monitorear con mayor precisión los cambios relacionados con el cambio climático. Willis et al. (2015) enumeran una serie de ejemplos de enfoques de evaluación de vulnerabilidad al cambio climático basada en los rasgos y proporcionan directrices sobre cómo combinar los modelos de distribución de especies y evaluaciones de vulnerabilidad basados en los rasgos para evaluar el impacto del cambio climático sobre las especies.

Además de las consideraciones 'técnicas' o 'ecológicas' ya mencionadas, las prioridades también deben basarse en una evaluación de factibilidad y viabilidad económica con el fin de maximizar el éxito y el compromiso a largo plazo. Por lo tanto, los criterios adicionales pueden incluir:

- Costos y viabilidad relativa, incluyendo la existencia de datos de línea base, grado de experiencia requerido para identificar y observar especies.
- Representatividad, es decir, si la especie puede representar a un grupo más amplio de especies similares. Ver, por ejemplo, Thomas (2005).
- Redes de monitoreo existentes. La inclusión de especies que ya están siendo monitoreadas aumentará la viabilidad económica y ayudará a garantizar un compromiso a largo plazo. Se podría, por ejemplo, pensar en una red más rentable de estaciones meteorológicas dentro de los sitios de monitoreo. También ofrecerá mejores oportunidades a la referencia cruzada y analizar el impacto del cambio climático sobre múltiples variables que posiblemente interactúan (por ejemplo, especies y cobertura de la tierra).
- El número de co-ocurrencia de especies que son vulnerables al cambio climático. Esto puede permitir el monitoreo de múltiples especies por un costo adicional mínimo.

Fuentes de datos para la distribución de y los rasgos de las especies

Las fuentes de datos a continuación generalmente proporcionan datos de ocurrencias.

- Los mapas de distribución, basados en el conocimiento experto. Ejemplos de conjuntos de datos internacionales son, por ejemplo, (1) IUCN redlist: http://www.iucnredlist.org, (2) Digital Distribution Maps of the Mammals of the Western Hemisphere: http://www.natureserve.org/conservation-tools/data-maps-tools/digital-distribution-maps-mammals-western-hemisphere (3) los mapas de distribución de especies de BirdLife: http://www.birdlife.org/datazone/info/spcdistPOS
- Datos de ocurrencias de los herbarios y otras organizaciones públicas y no públicas. Además de los herbarios nacionales, la base de datos de GBIF (http://gbif.org) ofrece un gran repositorio de datos, combinando data de muchos herbarios nacionales e internacionales junto con otros proveedores. Ver también Marquet et al. (2012) para los datos que han utilizado para crear los mapas de distribución de especies.
- Lifemapper es un caso especial ya que combina el acceso a las coordenadas de las especies y una plataforma de servicios de fondo para generar mapas de distribución de especies: http://lifemapper.org/

La fuente principal de información sobre los rasgos biológicos de las especies es la literatura científica. Fuentes complementarias de información son:

- Plantas ver JStor Global Plants: https://plants.jstor.org/
- Vertebrados: InfoPortal: http://infonatura.natureserve.org/
- Reptiles: http://www.reptile-database.org/
- La Lista Roja de la IUCN: http://www.iucnredlist.org
- The catalogue of life: http://www.catalogueoflife.org/

Bibliografía

Amorim, F., Carvalho, S. B., Honrado, J., & Rebelo, H. 2014. *Designing Optimized Multi-Species Monitoring Networks to Detect Range Shifts Driven by Climate Change: A Case Study with Bats in the North of Portugal*. *PLoS ONE* 9: e87291.

Ancrenaz, M., Hearn, A. J., Ross, J., Sollmann, R., & Wilting, A. 2012. *Handbook for wildlife monitoring using camera-traps.* p. 83. BBEC II Secretariat, 2 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. URL: http://www.bbec.sabah.gov.my/japanese/downloads/2012/april/camera_trap_manual_for_printing_final.pdf.

Araújo, M. B. & Williams, P. H. 2000. *Selecting areas for species persistence using occurrence data. Biological Conservation* 96: 331–345.

Bahamondez, C., Avila, A., Corti, D., Guiñez, R., Muñoz, J. C., Peña, O., Uribe, M., Rojas, C., Martin, M., Sagardia, R., & Rojas, Y. 2014. *Los recursos forestales en Chile. Informe Final. Inventario continúo de bosques nativos y actualizacion de plantaciones forestales*. INFOR.

Bahn, V. & McGill, B. J. 2013. *Testing the predictive performance of distribution models*. *Oikos* 122: 321–331.

Beaumont, L. J., Pitman, A. J., Poulsen, M., & Hughes, L. 2007. *Where will species go? Incorporating new advances in climate modelling into projections of species distributions*. *Global Change Biology* 13: 1368–1385.

California Department of Fish and Wildlife. 2016, January 10. *Survey and Monitoring Protocols & Guidelines* - California Department of Fish and Wildlife. URL: https://www.dfg.ca.gov/wildlife/nongame/survey_monitor.html.

Carvalho, S. B., Gonçalves, J., Guisan, A., & Honrado, J. P. 2015. *Systematic site selection for multispecies monitoring networks. Journal of Applied Ecology*: n/a–n/a.

Donald, P. F. & Fuller, R. J. 1998. *Ornithological atlas data: a review of uses and limitations*. *Bird Study* 45: 129–145.

Foden, W. B., Butchart, S. H. M., Stuart, S. N., Vié, J.-C., Akçakaya, H. R., Angulo, A., DeVantier, L. M., Gutsche, A., Turak, E., Cao, L., Donner, S. D., Katariya, V., Bernard, R., Holland, R. A., Hughes, A. F., O'Hanlon, S. E., Garnett, S. T., Şekercioğlu, Ç. H., & Mace, G. M. 2013. *Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals*. *PLoS ONE* 8: e65427.

Gibbons, D. W., Donald, P. F., Bauer, H.-G., Fornasari, L., & Dawson, I. K. 2007. *Mapping avian distributions: the evolution of bird atlases: Capsule An increasing proportion of atlases now map patterns of abundance but they are still a minority even though they require no more input of time or fieldworkers*. *Bird Study* 54: 324–334.

Glen, A. S., Cockburn, S., Nichols, M., Ekanayake, J., & Warburton, B. 2013. *Optimising Camera Traps for Monitoring Small Mammals. PLoS ONE* 8. doi: 10.1371/journal.pone.0067940.

Hill, D., Fasham, M., Tucker, G., Shewry, M., & Shaw, P. 2005. *Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring.* Cambridge University Press.

Joseph, L. N., Field, S. A., Wilcox, C., & Possingham, H. P. 2006. *Presence-absence versus abundance data for monitoring threatened species. Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology* 20: 1679–1687.

Kaeslin, E., Redmond, I., Dudley, N., & Food and Agriculture Organization of the United Nations (Eds.). 2012. *Wildlife in a changing climate*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Kays, R., Kranstauber, B., Jansen, P., Carbone, C., Rowcliffe, M., Fountain, T., & Tilak, S. 2009. *Camera traps as sensor networks for monitoring animal communities. Local Computer Networks, 2009. LCN 2009. IEEE 34th Conference on* pp. 811–818. IEEE. URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5355046.

Malcolm, J. R., Markham, A., Neilson, R. P., & Garaci, M. 2002. *Estimated migration rates under scenarios of global climate change*. *Journal of Biogeography* 29: 835–849.

Marmion, M., Parviainen, M., Luoto, M., Heikkinen, R. K., & Thuiller, W. 2009. *Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. Diversity and Distributions* 15: 59–69.

Marquet, P., Abades, S., Armesto, J., Barria, I., Arroyo, M. T. K., Cavieres, L., Gajardo, R., Garín, C., Labra, F., Meza, F., Prado, C., Ramírez de Arellano, P., & Vicuña, S. 2012. *Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático*. Licitación 1588-133-LE09. Centre de Cambio Global, UC, Santiago, Chile.

McComb, B., Zuckerberg, B., Vesely, D., & Jordan, C. 2010. *Monitoring Animal Populations and Their Habitats: A Practitioner's Guide*. CRC Press.

Norris, K. & Pain, D. J. 2002. *Conserving Bird Biodiversity: General Principles and Their Application*. Cambridge University Press.

Parmesan, C. & Yohe, G. 2003. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*. *Nature* 421: 37–42.

Peterson, A. T., Papeş, M., & Eaton, M. 2007. *Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent*. *Ecography* 30: 550–560.

Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C., & Pounds, J. A. 2003. *Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature* 421: 57–60.

Silero, N., Campos, J., Bonardi, A., Corti, C., Creemers, R., Crochet, P.-A., Crnobrnja Isailovic, J., Denoël, M., Ficetola, G. F., Gonçalves, J., Kuzmin, S., Lymberakis, P., de Pous, P., Rodriguez, A., Sindaco, R., Speybroeck, J., Toxopeus, B., Vieites, D. R., & Vences, M. 2014. *Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe*. *Amphibia-Reptilia* 35. doi: 10.1163/15685381-00002935.

Sinclair, S. J., White, M. D., & Newell, G. R. 2010. *How useful are species distribution models for managing biodiversity under future climates? Ecology & Society* 15. URL: http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=17083087&AN=66756444&h=gAQtjVI8WeCeSdoFEm6IWXEDOkUI37HUy0Ly2qKIW3pB1yV5zan3%2BCD%2Fy0BGGGfbVa4Zt%2F3O4K5VZoPOosi04g%3D%3D&crl=c.

Staudinger, M. D., Grimm, N. B., Staudt, A., Carter, S. L., Chapin, F. S., Kareiva, P., Ruckelshaus, M., & Stein, B. A. 2012. *Impacts of Climate Change on Biodiversity, Ecosystems, and Ecosystem Services: Technical Input to the 2013 National Climate Assessment.* p. 296. Cooperative Report to the 2013 National Climate Assessment. URL: http://assessment.globalchange.gov.

Thomas, J. A. 2005. *Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 360: 339–357.

Walther, G.-R. 2010. *Community and ecosystem responses to recent climate change. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365: 2019–2024.

Willis, S. G., Foden, W., Baker, D. J., Belle, E., Burgess, N. D., Carr, J. A., Doswald, N., Garcia, R. A., Hartley, A., Hof, C., Newbold, T., Rahbek, C., Smith, R. J., Visconti, P., Young, B. E., & Butchart, S. H. M. 2015. *Integrating climate change vulnerability assessments from species distribution models and trait-based approaches. Biological Conservation* 190: 167–178.

Xiaojun, K., Qin, L., & Shirong, L. 2011. *High-resolution bioclimatic dataset derived from future climate projections for plant species distribution modeling. Ecological Informatics* 6: 196–204.

Indicador 4.3.1

Nombre del indicador

Fenología de animales

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Se conoce sobre los impactos que el cambio climático puede generar a la biodiversidad, afectando todos los niveles jerárquicos, desde genes, especies, poblaciones hasta comunidades (Walther et al. 2002), alterando relaciones ecológicas y por lo tanto las funciones de los ecosistemas.

El objetivo es identificar cambios en la fenología de animales y comprobar si son atribuibles al cambio climático.

Variables

Atributos fenológicos de algunas especies clave, especialmente en las fechas de reproducción.

Agencia responsable

A determinar en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Resolución espacial

Por determinar, depende de la especie

Unidades en las que se expresa

Por determinar, depende de la especie

Descripción de los datos de origen

Datos de campo: descripción del hábitat, la fisiología, la fenología y las interacciones bióticas (Bagne et al. 2011).

Método y esfuerzo

Al existir pocas metodologías disponibles para la conservación de la biodiversidad bajo cambio climático, Bagne et al. (2011) describen una herramienta que identifica la vulnerabilidad de especies de vertebrados frente al cambio climático.

Formas de presentaciones más efectivas

Límites de la utilidad y precisión

Los cambios en la fenología y la distribución de las especies conducen a cambios en la composición de las comunidades, incluyendo la descomposición de ciertas interacciones y la creación de nuevas interacciones (Ispizua et al. 2012). Por lo tanto, los cambios observados en la fenología no pueden interpretarse sin tener en cuenta el contexto ecológico en el que vive una especie, y sobre todo cómo se ven afectados otros componentes del ecosistema por el cambio climático (Visser y Both 2005)

Periodicidad

Cada año, coincidiendo con las fechas en las etapas fenológicas.

Indicadores estrechamente vinculados

Indicador Índice fenología de plantas

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Bagne, K. E., Friggens, M. M., & Finch, D. M. 2011. *A system for assessing vulnerability of species (SAVS) to climate change.* US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. URL: http://docs.lib.noaa.gov/noaa_documents/NOAA_related_docs/USDA/RMRS-GTR_257.pdf.

Parmesan, C. & Yohe, G. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems.* Nature 421, 37–42 (2003).

Visser, M. E. & Both, C. *Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick*. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 272, 2561–2569 (2005).

Aspizua, R., Barea-Azcón, J.M., Bonet, F.J., Pérez-Luque, A.J. y Zamora, R.J. (coords.). 2012. *Observatorio de Cambio Global Sierra Nevada: metodologías de seguimiento*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 112 pp.

Root, T. L. et al. *Fingerprints of global warming on wild animals and plants.* Nature 421, 57–60 (2003).

Indicador 4.3.2

Nombre del indicador

Mortalidad y crecimiento de especies vegetales

Ámbito: Terrestre

Objetivo

Kelly y Goulden (2008) analizaron los impactos del cambio climático sobre la distribución de la vegetación, donde encontraron una acelerada mortalidad de árboles durante los períodos de sequía y crecimiento del bosque durante períodos atípicamente húmedos. Existen ejemplos sobre eventos de extinciones vinculados a la variabilidad climática. De particular interés son los posibles aumentos de mortalidad de los árboles asociados al estrés fisiológico inducido por el clima e interacciones con otros procesos (plagas de insectos e incendios) (Allen et al. 2010).

El objetivo es identificar cambios en la mortalidad y crecimiento de las plantas y evaluar sin son atribuibles al cambio climático.

Variables

Área o proporción de la población afectada o el número de individuos afectados. Por ejemplo:

- Área y densidad de vegetación de especies indicadoras
- Mortalidad masiva de especies indicadoras de vegetación

Agencia responsable

Universidades; Institutos de Investigación; en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente o Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Resolución espacial

Depende de la especie

Unidades en las que se expresa

Área (km^2), números y/o densidades

Descripción de los datos de origen

Los datos de monitoreo

Método y esfuerzo

Existen numerosas técnicas para observar la mortalidad de los árboles, incluyendo las observaciones a nivel de especies y de satélites con sensores remotos de cambios en la cobertura de ecosistemas. El enfoque más fiable puede combinar varias técnicas, usando observaciones en campo y sensores remotos.

Formas de presentaciones más efectivas

Mapas y tablas

Límites de la utilidad y precisión

Periodicidad

Anual

Indicadores estrechamente vinculados

Con el fin de entender los patrones espaciales y temporales de la mortalidad de los árboles y la extinción del bosque inducidos por el clima, es necesario conocer los impulsores fisiológicos de la mortalidad de los mismos. Se conoce poco sobre los mecanismos que permiten la sobrevivencia de los árboles durante épocas de sequía, ya que intervienen múltiples variables e interacciones con otros factores y especies, desde impactos del clima hasta relaciones con insectos y plagas (Allen et al. 2010). Este indicador debe ser monitoreado en conjunto con otras perturbaciones del bosque como plagas de insectos) o incendios.

Información adicional y comentarios

Propiedad de los datos

Entidad propietaria de los datos:
Contacto:
Mail:

Bibliografía

Kelly, AE and ML Goulden. 2008. *Rapid shifts in plant distribution with recent climate change*. PNAS;105(33): 11823–11826.

Allen, C. D., A.K. Macalady, H. Chenchouni, D. Bachelet, N. Mcdowell, et al.. *A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests.* Forest Ecology and Management, Elsevier, 2010, 259 (4), p. 660 - p. 684.

Otros indicadores a los cuales se les debe desarrollar protocolo son: 2.2.5 Δ *Abundancia descomponedores (hongos);* 4.1.1 Concentración de nutrientes; 4.1.2 Temperatura superficial del mar; 4.1.3 Oxígeno disuelto; 4.1.4 pH; 4.1.5 Alcalinidad; 4.1.6 Vientos predominantes; 4.1.7 Oleaje; 4.1.8 Nivel del mar; 4.2.1 *Eutrofización;* 4.2.2 *Productividad primaria*

Requisitos de hardware y software para la implementación de la red de monitoreo de la biodiversidad: Opciones y recomendaciones

Como parte del diseño es necesario la identificación de los requisitos técnicos (“hardware” y “software”) para implementar la red de monitoreo. Es importante mencionar que existen una gran variedad de herramientas tecnológicas para la colección de datos, las mediciones, los análisis y el almacenamiento de los datos; las cuales se encuentran en constante actualización. El financiamiento necesario para mantener la red puede variar a lo largo de los años, así como la disponibilidad de expertos necesarios para su manutención.

Al analizar las opciones de software y hardware disponibles, es importante tomar en cuenta que la red de monitoreo se plantea como un proyecto a largo plazo. Los sistemas implementados dentro de la red, deben ser construidos para permitir flexibilidad y proporcionar rigurosos protocolos de recolección y análisis de datos que puedan ser replicados (reproducibilidad) con el tiempo, independientemente de las herramientas de software utilizadas. Deben incluirse además, acuerdo a largo plazo que permitan el intercambio de datos y protocolos, así como su almacenamiento.

No existe una única solución en términos de hardware y software, por lo que el presente documento provee una breve descripción de requisitos a considerar a la hora de seleccionar las herramientas necesarias para la implementación de la red. El objetivo no es proporcionar requisitos específicos y detallados para cada actividad de monitoreo, ya que dependerá de las actividades realizadas por cada institución. Se propone un esquema general del proceso de toma de decisiones en la selección de los requisitos tecnológicos: (a) separar el almacenamiento del análisis de los datos, (b) diferenciar los métodos del software utilizado, (c) asegurar varias copias de seguridad en localidades distintas, (d) escalabilidad, incluyendo el análisis que se ejecuta en el escritorio, en el servidor o en la nube, (e) los costos a largo plazo (licencias, soporte hardware y software, conocimientos), (f) descripción de los datos (metadatos) y (g) el intercambio y la difusión de los datos.

Los requisitos y costos del software y del hardware que se necesitan para cada una de las actividades específicas de monitoreo no se discutirán en este documento. Dichos detalles han de ser resueltos por el Ministerio de Medio Ambiente en consulta con los socios implementadores durante la fase de desarrollo del proyecto. El capítulo final proporciona algunas estimaciones provisionales de los costos en términos de requisitos de hardware y software que un equipo de coordinación necesitará para liderar la red de monitoreo de la biodiversidad y representar al Ministerio de Medio Ambiente.

Indicadores y software

A través de los talleres con expertos en los tres sistemas, se seleccionaron una serie de indicadores para medir los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad en Chile. Durante los talleres, se identificaron los criterios de monitoreo e indicadores de biodiversidad. Como se mencionó en la sección previa los indicadores se dividieron en tres grupos en función de la evaluación realizada por las instituciones en cuanto la disponibilidad de ejecución. El primer grupo corresponde a aquellos que ya están siendo monitoreados por ciertas instituciones públicas y pueden adaptarse fácilmente para monitorear cambio climático, con algunas modificaciones de los protocolos ya existentes. Existen además datos históricos de referencia que podrían incluirse dentro de la red de monitoreo.

Cada indicador cuenta con requisitos de software y hardware, dependientes del tipo de datos y análisis. En los siguientes tres cuadros, se lista para cada uno de los indicadores seleccionados, el tipo de datos colectado y el tipo de software necesario (que está relacionado con el tipo de análisis). Se distinguen cuatro grupos principales (1) sistema de información geográfica (GIS) y el software estadístico, (2) software de teledetección (ST), (3) software estadísticos y (4) software especializados para analizar los datos. Este último puede incluir software específicamente dirigida a un nicho específico, por ejemplo, el *software ecológico* para analizar la dinámica de población.

Se identificó un segundo conjunto de criterios, que están también siendo implementados por distintas instituciones públicas, pero que deben ser adaptados para evaluar específicamente los efectos del cambio climático en la biodiversidad. Esto puede requerir una reevaluación del uso de las herramientas existentes. Uno de los criterios que debe incluirse en los indicadores es la compatibilidad en términos de resultados con las redes existentes.

Cuadro 6. Principales requisitos de datos y de software para los indicadores del grupo 1 - los indicadores con viabilidad de implementación en la primera fase de la red de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático.

ID	Indicador	Sistema	Tipo de datos	GIS (1)	ST (2)	Estadístico (3)	Especializado (4)
1.1.1	Δ vegetación de la superficie activa azonal	Humedales	Imágenes de satélite	x	X		
2.1.1	Δ abundancia de especies de árboles y arbustos	Terrestre	Parcelas fijas / transepto			x	x
2.1.2	Δ abundancia de plantas	Terrestre	Parcelas fijas / transepto			x	x
3.1.1	Δ estado de las plagas forestales, vegetación	Terrestre	Parcelas fijas / transepto			x	x
4.1.1	Temperatura de agua (calidad de agua)	Lagos	Datos de los sensores			x	
4.1.2	Turbidez (calidad de agua)	Lagos	Datos de los sensores			x	
4.1.3	Flujo (calidad de agua)	Ríos	Datos de los sensores			x	
4.1.4	Conductividad (calidad de agua)	Ríos	Datos de los sensores			x	
4.1.5	Masa de agua superficial	Humedales	Imágenes de satélite	x			
4.1.6	Glaciares inversas	Terrestre	Imágenes de satélite	x			
4.2.1	Índice de vegetación (fenología de las plantas)	Terrestre	Imágenes de satélite	x			
5.1.1	Balance de agua	Todos los sistemas	Imágenes de satélite	x			
5.1.2	Δ precipitación	Todos los sistemas	Estaciones meteorológicas + datos de satélite	x	x		
5.1.3	Índice de aridez	Terrestre	Datos derivados (de estaciones meteorológicas + datos de satélite)	x	x		
5.1.4	Humedad	Terrestre	Estaciones meteorológicas + datos de satélite	x	x		
5.1.5	Viento	Terrestre	Estaciones meteorológicas	x	x		
5.2.1	Equilibrio térmico	Humedales	Parcelas fijas / transepto	x	x		
5.2.2	Δ temperatura	Humedales / Rios	Estaciones meteorológicas + datos de satélite	x	x		

Nota: (1) sistema de información geográfica (GIS) y el software estadístico, (2) software de teledetección (ST), (3) software estadísticos y (4) software especializados para analizar los datos.

Cuadro 7. Tipo de análisis y requisitos de software para los indicadores del grupo 2 - aquellos indicadores que requieren un mayor esfuerzo debido a la aprobación de las metodologías a nivel interinstitucional y eventualmente podrán desarrollarse en una segunda fase de la red de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático

ID	Indicador	Sistema	Tipo de data	GIS/geo stats	ST	Estadístico	Especializado
1.1.2	Δ distribución de ecosistemas	Terrestre	Imágenes de satélite	x	x		
1.1.3	Δ área de bosque nativo	Terrestre	Imágenes de satélite, la red de parcelas fijas	x	x		
1.1.4	Δ uso de la cobertura del suelo	Terrestre	Imágenes de satélite	x	x		
1.1.5	Δ zona de crianza	Marino	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
1.2.2	Δ incendios forestales	Terrestre	Imágenes de satélite, la red de parcelas fijas	x	x		
2.1.4	Δ riqueza de especies	Marino	Datos de sitios de muestreo			x	x
2.1.5	Δ especies raras	Marino	Datos de sitios de muestreo			x	x
2.1.6	Δ especies endémicas	Marino	Datos de sitios de muestreo			x	x
2.2.6	Δ abundancia de especies vulnerables	Marino	Datos de sitios de muestreo			x	x
2.2.7	Δ biomasa de pescado	Marino	Datos de sitios de muestreo			x	x
2.2.8	Δ abundancia de especies migratorias	Marino	Datos de sitios de muestreo			x	x
2.2.9	Δ abundancia de especies dominantes	Marino	Datos de sitios de muestreo			x	X
3.1.2	Δ límites geográficos de las especies	Marino	Datos de sitios de muestreo			x	x
4.1.1.	Clorofila	Lagos	Imágenes de satélite, la red de estaciones fijas			x	x
4.1 2	Fitoplancton	Lagos	Imágenes de satélite, la red de estaciones fijas			x	x
4.1.3	Macro invertebrados del índice BMWP	Rios	Datos de sitios de muestreo, datos de estaciones fijas			x	x
5.1.1	Mortalidades masivas	Marino	Datos de sitios de muestreo, datos de encuestas			x	x
7.1.1	Varamiento	Marino	Datos de sitios de muestreo, datos de encuestas			x	x
7.2.1	Diversidad de especies capturadas	Marino	Datos de sitios de muestreo, datos de encuestas			x	x

Nota: (1) sistema de información geográfica (GIS) y el software estadístico, (2) software de teledetección (ST), (3) software estadísticos y (4) software especializados para analizar los datos

El tercer grupo de indicadores potencialmente útiles, son aquellos que no se encuentran en implementación por ninguna institución, ni cuenta con protocolos de medición. La selección de las herramientas de software se basa en los requisitos técnicos, la experiencia adquirida por instituciones participantes y el financiamiento requerido para la implementación de los indicadores a largo plazo.

Cuadro 8. Tipo de análisis y requisitos de software para los indicadores del grupo 3 - aquellos indicadores que requieren investigación y desarrollo y que puedan desarrollarse en una tercera fase de la red de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático

ID	Indicador	Sistema	Tipo de datos	GIS/geo stats	ST	Estadística	Especializado
1.1.1	Δ pérdida de suelo	Terrestre	Imágenes de satélite	x	x		
2.1.1	Δ riqueza de especies de peces	Lagos / ríos	Datos de sitios de muestreo, datos de encuestas			x	x
2.1.2	Δ composición de epífitas	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
2.1.3	Δ composición de polinizadores	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
2.2.3	Δ abundancia de epífitas	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
2.2.4	Δ abundancia de polinizadores	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
2.2.5	Δ abundancia descomponedores (hongos)	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
3.1.1	Δ distribución de especies seleccionadas	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
4.1.1	Δ distribución de especies invasoras	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
5.1.1	Concentración de nutrientes	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.1.2	Temperatura de la superficie del mar	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.1.3	Oxígeno disuelto	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.1.4	pH	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x

5.1.5	Alcalinidad	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.1.6	Vientos predominantes	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.1.7	Mar de fondo	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.1.8	Nivel del mar	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.2.1	Eutrofización	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.2.2	Productividad primaria	Marino	Datos de estaciones de muestreo, Sensores remotos			x	x
5.3.1	Fenología de animales	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x
5.3.2	Mortalidad y crecimiento de especies de plantas	Terrestre	Datos de las parcelas, datos de encuestas			x	x

Nota: (1) sistema de información geográfica (GIS) y el software estadístico, (2) software de teledetección (ST), (3) software estadísticos y (4) software especializados para analizar los datos

En el siguiente capítulo, se discute brevemente la selección de los requisitos de software y hardware bajo las diferentes etapas del ciclo de los datos en un marco de monitoreo de la biodiversidad, desde la recolección de los datos hasta su difusión.

Consideraciones para la selección del software y harware en las distintas etapas del ciclo de datos

El monitoreo suele definirse como el proceso de recopilación de información sobre variables específicas a lo largo del tiempo con el fin de hacer inferencias acerca de cambios en las variables (Yoccoz et al. 2001). Un indicador se define como una métrica que representa ese estado de las variables (Jones et al. 2011). El monitoreo de cambios en la biodiversidad implica la colección de datos de fuentes disponibles (Butchart et al. 2010), que incluye la colección de datos de línea base, la síntesis de los datos en un indicador (análisis de datos o descripción), el almacenamiento de los datos (respaldo/protección) y la difusión pública de los datos (Green et al. 2005; Jones et al. 2011). Por lo tanto, la primera etapa en el desarrollo de una red de monitoreo, es la planificación de la gestión de los datos. Existen herramientas disponibles para la planificación, tales como la herramienta de DMP (http: /dmp.cdlib.org/) y la de curación DCC (http://www.dcc.ac.uk/), las cuales ayudan en la creación, revisión y modificación de los planes de gestión de datos.

Como parte de la planificación de la gestión de datos, es necesario considerar los requisitos de software y hardware, y el conocimiento de expertos, necesario para apoyar las diferentes actividades de monitoreo. Tales requisitos pueden ser diferentes en cada etapa del ciclo de datos, o entre diferentes actividades de monitoreo. Algunas consideraciones generales cuando se trata de selección de software son:

- Partir de experiencias existentes o llevar capacitaciones.
- El sistema debe ser construido con flexibilidad, tomando en cuenta que el financiamiento debe contemplar un proyecto a largo plazo.
- Propiedad intelectual versus *open software*
- La compra de hardware y software probablemente es sujeta a normas o directrices al ser un proyecto del sector público y pueden haber acuerdos internacionales que deben tomarse en cuenta. Por ejemplo, el Acuerdo sobre Contratación Pública Gubernamental, de 15 de abril de 1994 de la Organización Mundial de Comercio (OMC, antes GATT).
- Asegurarse de que los insumos de apoyo son de acceso libre, incluyendo los manuales, material de capacitación, ayuda en línea y apoyo técnico de distintos programas. Tomar en cuenta que el software de acceso libre normalmente no cuentan con el soporte del proveedor. Sin embargo, para la mayoría de los programas libres, existe un buen soporte en línea (a través de foros y listas de correo electrónico), el cual suele ser de muy alta calidad, especialmente para programas ampliamente utilizados como R, GRASS o QGIS.
- El personal de las instituciones debe ser capacitado para garantizar la buena ejecución de las plataformas y software seleccionados. No obstante, debe de considerarse el aumento de los costos de la red teniendo personas especialistas en distintos temas (SIG, sensores remotos y estadísticos).
- El sistema debe desarrollarse para el uso de distintos usuarios, tomando en cuenta el tiempo que requieren para aprender a realizar distintos análisis a través de los paquetes estadísticos disponibles. Como tal, está determinada por la interfaz y la calidad y disponibilidad de manuales y tutoriales. Los paquetes que son de *línea de comando*, por ejemplo, SAS y R, pueden ser más poderosos y ofrecer un acceso más rápido y de más profundidad a las nuevas funciones para los usuarios experimentados. Sin embargo, para los nuevos usuarios la interfaz de *línea de comando* trae una curva de aprendizaje empinada.

Se discutirá brevemente algunas consideraciones de software y hardware que deben de considerarse dentro de cada una de las principales etapas del ciclo de datos. Estas no proporcionan una selección real del software y del hardware necesario, ya que dependerá de los detalles específicos de las actividades de monitoreo, el tipo de dato colectado, cuándo, dónde y cómo deben ser colectados (métodos, instrumentos), el procesamiento de los datos, formatos de archivos, normas y reglamentos relacionados a la gestión de los datos (control de versiones, respaldo institucional y protocolos de seguridad de datos) (Michener & Jones 2012). Es importante discutir con anterioridad quien será el responsable de las diferentes actividades de monitoreo, incluyendo la curación y difusión de los datos. Dentro de la red de monitoreo de biodiversidad, cada instituto tendrá funciones definidas y por lo tanto requisitos específicos de hardware y software. Por lo tanto, las negociaciones entre las partes interesadas de las red de monitoreo, deben centrarse en la homologación de los métodos utilizados, los protocolos de intercambio de datos y las responsabilidades del análisis y almacenamiento de los mismos.

Datos de línea de base

Durante años, biólogos y ecólogos han colectado una gran cantidad de información sobre la distribución, abundancia, diversidad y comportamiento de un gran número de especies de animales, plantas y hongos (Dobson 2005). Sin embargo, un problema es que muchos de los registros se encuentran aún en formato de papel, en sitios donde no se puede acceder a la información, ni analizar o compartir (Peterson et al. 2015). En muchas ocasiones, el muestro de variables rara vez se hace bajo los mismos protocolos durante un largo tiempo. Si bien alguno de estos datos podría proporcionar información importante de gran alcance acerca de las formas en que diferentes poblaciones, comunidades y hábitats han cambiado y están cambiando, hay una necesidad apremiante para los ecologistas, biólogos de la conservación y epidemiólogos de adoptar un formato común y globalmente accesible para todo tipo de monitoreo del medio ambiente (Dobson 2005).

La biodiversidad de Chile ha sido estudiada ampliamente, sin embargo, muchos de los datos disponibles en el país, se basan en estudios puntuales realizados a nivel local o regional, por lo que es difícil usarlos como datos de línea base para la red de monitoreo. La mayor parte de los datos (61%) han sido colectados en campo (a nivel de parcela de datos), otra (29%) ha sido coleccionada con procesos automatizados y una parte más pequeña se ha basado en la detección remota (10%). La red de monitoreo propuesta, espera colectar información a partir de datos de sensores remotos y automatización (Cuadro 6-8). En términos de almacenamiento de datos, muchos de los datos sobre la biodiversidad en Chile, especialmente aquellos colectados por universidades, se encuentran almacenadas en hojas de Excel o incluso en papel (MMA et al. 2015). Por otra parte, las instituciones no suelen tener sistemas estandarizados que permiten una mayor eficiencia en la colección y almacenamiento de los datos, resultando en muchos casos en una duplicación de colección de datos y de recursos financieros y humanos utilizados (MMA et al. 2015). Por lo tanto, el reto es unificar los datos procedentes de las colecciones de datos que difieren en el tipo de variables, las unidades de medición, la resolución y el alcance de muestreo.

La colección y preparación de los datos de línea base pueden verse como un ciclo aparte de colecta, calidad y control (QA / QC) de los datos, así como la descripción (metadatos), preservación e integración de los datos (Michener & Jones 2012). De particular importancia es la seguridad de los datos, consistiendo ésta en en la definición de las normas para los formatos, códigos, unidades de medida y metadatos y el control de calidad de los datos. Es aconsejable informar y capacitar a los futuros miembros de la red de monitoreo durante esta fase del ciclo de vida de los datos. En cuanto a los requisitos de software y hardware, esta fase inicial del ciclo de datos incluirá la creación de los sistemas de bases de datos para almacenar los datos, la definición del marco analítico y el almacenamiento de datos y protocolos de intercambio (Jones et al. 2006; Marcial y Hemminger 2010).

Para el primer conjunto de indicadores, descrito anteriormente, existen protocolos y métodos establecidos y disponibles para colectar información, sin embargo, estas iniciativas de monitoreo iniciales, no incluyeron la variable cambio climático en sus mediciones. Por lo tanto, el esfuerzo principal de esta red será interpretar los patrones históricos de los indicadores seleccionados en cuanto a patrones históricos de cambio climático y preparar los datos para su inclusión en las bases de datos de la red de monitoreo de la biodiversidad.

En síntesis a nivel de desarrollo de la línea base de la Red de monitoreo se debe considerar:

- Los costos que implicaría la digitalización de datos históricos existentes y que actualmente se encuentran en formato de papel;
- Además del esfuerzo que implica la colecta, estandarizarlos y verificar su calidad para su posterior uso;
- A la vez se debe evaluar el esfuerzo de interpretar los datos históricos junto a los patrones históricos de cambios en el clima.

Recolección de datos

El primer paso en una red de monitoreo es la colección de datos. La naturaleza de los datos puede variar mucho, por ejemplo, pueden existir datos a nivel de especies o de población colectados en parcelas de muestreo permanentes o datos automatizados con una red de sensores e imágenes de satélite de alta resolución de los niveles y temperatura de agua. En general, la colección de datos puede dividirse en diferentes etapas:

Recolección de datos de campo

El tipo de hardware y software necesario para llevar a cabo la colecta de datos dependerá de la actividad en cuestión. Algunas actividades requieren herramientas especializadas, por ejemplo, aquellas para monitorear la calidad del agua o conocer la abundancia de mamíferos, mientras que otros consistirán en la descarga o la compra de datos a terceros (imágenes de satélite).

Dentro de un sistema de monitoreo, pueden utilizarse múltiples metodologías en diferentes sitios, las cuales pueden cambiar con el tiempo. Es importante homogeneizar las metodologías implementadas y la evaluación de los datos para asegurar la comparación entre sitios a través del tiempo y el espacio. En esta etapa es esencial calibrar las mediciones ya que las observaciones humanas están sujetas a error y sesgo (Innes 1988; Newman et al. 2003; Kercher et al. 2003; Williams et al. 2006).

Para datos colectados en parcelas de campo o durante encuestas, es importante seleccionar la manera en que se van a registrar los datos. Históricamente las observaciones de campo se han realizado utilizando formularios en papel. Recientemente los sistemas de colección de datos móvil (MDC) se han convertido en un método más utilizado, los cuales consisten en el uso de teléfonos móviles, PDAs o tabletas para la programación y colecta de datos. Los MDC son particularmente útiles para la grabación de datos cuantitativos, principalmente para datos de campo ecológicos y de biodiversidad.

Existen muchas aplicaciones de celular que ofrecen funciones para colectar datos de campo, así como otros que permiten personalizar los formularios de muestreo. Las aplicaciones varían en cuanto a la facilidad de uso, costo y especificaciones. La selección de una plataforma de hardware puede limitar las opciones de software, y viceversa. Existen numerosas opciones de software para cualquier actividad (Peters et al. 2015). Todas tienen características diferentes, sin embargo, ninguna plataforma cubre todas las bases, por lo que primero debe definirse la actividad para luego identificar cuáles son las características necesarias para los teléfonos y las plataformas.

El uso de datos móviles (MDC) puede ser más complicado que el uso de formularios de papel. Los sistemas que incluyen un componente de intercambio de datos en tiempo real (datos que se envían en el momento a la base de datos si no hay conexión a Internet) facilitarán en gran medida el control de calidad de los datos y su manejo, no obstante, por lo general son más difíciles y costosos para construir y mantener. Se recomienda configurar los dispositivos antes de llevarlos a campo e incluir estos gastos (de tiempo) dentro del presupuesto, ya que normalmente no son tomados en cuenta. Así mismo, debe considerarse la necesidad de capacitar al personal de campo en el uso de la tecnología móvil.

En conclusión para la implementación de la Red se debe valorar la inclusión de las nuevas tecnologías que permiten la colecta de datos de campo utilizando uso de teléfonos móviles, PDAs o tabletas para lo cual se requerirá además llegar acuerdos en los formularios de campo.

Recuadro 1. Ventajas de utilizar datos móviles (MDC) para la colección de datos.

- La colecta de datos: muestreos en campo o a través de otros medios (imágenes de satélite).
- Manejo de los esfuerzos de colección de datos, por ejemplo, poder identificar a tiempo posibles problemas o retrasos en el proceso.
- Control de calidad de los datos y la capacidad de detectar incoherencias y errores en los datos crudos y prepararlos (por ejemplo, modificando el formato) para su posterior análisis.
- Descripción de los datos: Si los datos crudos van a ser guardados, es necesario describirlos con base en formatos de metadatos ya establecidos (ver la sección de meta-datos).

Recuadro 2. Consideraciones para el software y hardware de MDC

- *Conectividad:* generalmente los datos de monitoreo de recursos naturales son colectados en zonas con mala conexión a Internet. En la mayoría de los casos, las aplicaciones suponen que los dispositivos tienen conexión constante a Internet. Por lo tanto, es importante comprobar que las aplicaciones seleccionadas funcionan totalmente sin conexión. En la mayoría de los casos estos dispositivos serán capaces de transferir los datos tan pronto tengan conexión.
- *GPS y mapeo:* normalmente se necesita registrar la ubicación del sitio de muestreo, o mapear lugares específicos en el campo. En el primero caso, es indispensable un dispositivo que contenga GPS. En el segundo, las aplicaciones deben tener la opción de visualizar mapas y tener la facilidad de editar ciertas características geográficas. La mayoría de las herramientas comerciales incluyen un GPS, pero la calidad y la funcionalidad pueden ser diferentes. Cuando se trata de mapear y editar características espaciales en el dispositivo móvil, las opciones se vuelven limitadas.
- *Especificaciones de hardware:* Dependiendo del tipo de trabajo de campo, se debe tener en cuenta los requisitos de hardware tales como la capacidad de almacenamiento, la potencia de procesamiento y la longevidad de la batería. Por ejemplo, el dispositivo puede necesitar almacenar grandes cantidades de mapas para su uso sin conexión, lo cual podría excluir a los dispositivos baratos de consumo de bajo grado.
- *Robustez:* los dispositivos de colecta de datos suelen ser muy resistentes y pueden ser utilizados en una amplia gama de condiciones. Los dispositivos tradicionales suelen ser mucho más baratos y menos resistentes que sus contrapartes profesionales, ya que no fueron construidos para el uso en campo.
- *Plataforma de software:* En el pasado los dispositivos profesionales de colección de datos fueron construidos para usar Windows Mobile (diferente a la plataforma de Windows Phone). Actualmente todavía se pueden encontrar plataformas de Windows Mobile que se utilizan en dispositivos profesionales ya que ofrecen excelentes opciones para colectar datos. No obstante, tienden a ser muy caros y no permiten el intercambio de datos con otros programas. Actualmente, las aplicaciones se desarrollan para ser utilizadas por los sistemas operativos de dispositivos móviles, Viz, Android, iOS y Windows Phone, las cuales ofrecen plataformas con mayor flexibilidad para soluciones más viables a largo plazo.
- *Seguridad:* En el caso que los datos colectados necesiten ser enviados a través de una red de datos, la codificación de la plataforma deberá ser fuerte y segura.
- *Costos de instalación y mantenimiento del sistema:* Dependiendo de la cantidad de teléfonos requeridos, puede ser más fácil configurarlos todos de antemano. Es necesario incorporar estos costos desde el inicio del proyecto, ya que normalmente no son incluidos en el presupuesto.

Manejo y manipulación de datos

Una vez los datos hayan sido colectados, es necesario realizar una revisión de los mismos y la preparación de los datos para que puedan ser incorporados en las bases de datos respectivos para su análisis. En Recuadro 3, se mencionan algunas pautas generales del manejo de datos. El ingreso de datos de formularios de papel a digital pueden hacerse utilizando herramientas como Excel, OpenOffice o LibreOffice. Las ventajas de las hojas de cálculo es que son flexibles y fáciles de aprender. Sin embargo, también son propensos a errores, ya que no permiten capturar de donde provienen los datos erróneos a la hora de transcribirlos (Jones et al. 2006; Michener & Jones 2012).

Es muy recomendable utilizar un sistema de manejo para la base de datos (Ramakrishnan y Gehrke 2000; Jones et al, 2006; Jones & Michener 2012), ya que facilita el ingreso de los datos en el formato correcto y puede utilizarse para filtrar los errores durante la fase de introducción de datos. Se requieren conocimientos más especializados (administrador y programador de la base de datos) para configurar la base, pero facilita el ingreso en las bases de datos. El uso de celulares para colectar datos es de gran utilidad ya que reduce el tiempo de ingreso de los datos en las plataformas y reduce el error de los datos. Así mismo, permite invertir el tiempo en la revisión y limpieza de los datos más que en el ingreso.

Recuadro 3: Ejemplos de directrices para el manejo de datos

- Se recomienda usar texto sencillo en formato ASCII para nombrar las variables, ya que en algunos idiomas, como el español, se utilizan signos diacríticos los cuales no siempre son compatibles con el software. Además, debe evitarse el uso de espacios en los nombres de los archivos y evitar el uso de ciertos caracteres (Borer et al. 2009).
- En las tablas de datos (ya sea en una hoja de Excel o en una base de datos), las columnas suelen representar las variables y las filas los registros. Por lo que cada célula dentro de cada columna debe contener sólo un tipo de información (texto o numérico, etc.) (Borer et al. 2009).
- Las fechas e información de localidades deben cumplir con las normas estándares de formato. Por ejemplo, las normas para las fechas y horas son provistos por la Organización Internacional de Estándares (ISO 8601; http://www.iso.org/iso/iso8601) y las normas geoespaciales son proporcionados por el Open Geospatial Consortium (OGC).

La integración entre los dispositivos móviles y la base de datos puede basarse en diferentes componentes (por ejemplo, software de dispositivos móviles, software de intercambio de datos, bases de datos), que pueden estar estrechamente integradas o combinadas en un sistema débilmente acoplado. Dependiendo de los diferentes componentes en tales sistemas, es importante tomar en cuenta los costos adicionales de desarrollo de software y de mantenimiento. Por ejemplo, el Open Data Kit (ODK; https://opendatakit.org/) es un conjunto de herramientas de código abierto integrado para diseñar formas, configurar un servidor (con la base de datos) y conectar el dispositivo al servidor. La inversión de un sistema integrado de datos móviles para la colecta de datos y plataformas para su almacenamiento, incluye la compra de hardware (teléfonos / PDAs / Tabletas), además del costo de la instalación y mantenimiento del servidor.

Deben considerarse costos adicionales de tiempo de conexión, baterías y cargadores, ya sean solares o dispositivos externos de GPS así como la capacitación requerida para instalar el sistema.

Control de calidad

La red de monitoreo de biodiversidad debe tener múltiples puntos de control de calidad, antes, durante y después del muestreo de campo (Michener & Jones 2012). En principio, el mejor mecanismo de control de calidad de datos es el desarrollo de protocolos estándares, la codificación coherente (por ejemplo, nombres de sitios, las etiquetas de las especies, poblaciones, etc.), claridad sobre las unidades de medidas utilizadas y un esquema adecuado de metadatos. Esto facilita la integración de los datos a nivel nacional (Michener 2006; Michener & Jones 2012). La adopción de un sistema de colecta de datos a través de dispositivos móviles (MDC), junto con un programa que almacene y prepare los datos obtenidos de terceros (por ejemplo, imágenes de satélite), facilitarán en gran medida una garantía de calidad y control.

Para lograr una mayor integración de la Red a nivel nacional controlando la calidad de los datos, el desarrollo de nombres de sitios o etiquetas de especies, poblaciones o ecosistemas por ejemplo debería provenir de los estándares ya establecidos por ejemplo en el Sistema de Inventario de Especies o el Registro Nacional de Áreas Protegidas y Sitios Prioritarios.

Análisis de los datos

Los Cuadros 6-8 en la sección 5. Indicadores y software, muestran tres tipos principales de software requeridos, SIG/ software de geo-estadística, softwares generales de estadística y sensores remotos (RS). En el Cuadro 8 se mencionan una serie de paquetes de software de las tres categorías mencionadas anteriormente. Debido a que muchos de los paquetes de SIG también ofrecen funcionalidad en RS, estas dos categorías se combinan en un solo cuadro. En cada una de estas categorías, se muestran muchas aplicaciones de uso individual o autónomo, diseñados para satisfacer necesidades específicas. Aquí, se consideran sólo los paquetes estadísticos generales, que brindan toda la funcionalidad para llevar a cabo el análisis de los indicadores seleccionados.

SIG / Sensores Remotos (RS)

Las metodologías necesarias para las actividades de sensores remotos descritas en el Cuadro 6, se detallan en el informe 'Fichas metodológicas' publicado por el Ministerio de Ambiente de Chile (MMA) y el Centro de Inteligencia Territorial (MMA 2015). Muchos de los softwares de RS y de SIG pueden ser utilizados para este enfoque, no obstante, dependerá del conocimiento disponible, los costos y requisitos de formato de los datos. Para funciones más especializadas (posiblemente requeridas para los indicadores del Cuadro 7 o 8) los paquetes de SIG como ArcGIS, QGIS, GRASS, uDig y gvSIG pueden ampliarse con módulos o complementos adicionales, o mediante la integración con otro software. Por ejemplo, QGIS integra varios otros paquetes de software SIG, incluyendo GRASS, SAGA y otros módulos estadísticos y geoespaciales de Python, mientras que todos los paquetes de software mencionados anteriormente ofrecen una integración con R u otros lenguajes de script.

Los informes anteriormente señalados establecen recomendaciones que deben ser considerados en la implementación final de la Red.

Cuadro 9. Softwares de procesamiento de imágenes y sistemas de información geográfica, comerciales (C) y de libre acceso (LA). Los precios son aproximaciones

Software	Sistema de computadora	Uso	SIG	RS	Costos (US$)	Descripción
ArcGIS (Esri)	Windows	C	x		1.500	ArcGIS Desktop permite analizar datos y escribir el conocimiento geográfico para examinar las relaciones, hacer predicciones y tomar decisiones.
AutoCAD	Windows	C	x		5.000	AutoCAD Map 3D está dirigido a la creación de mapas y la planificación de infraestructura. También sirve como una herramienta de gestión que opera con datos de CAD (computer aided design) y SIG (sistema de información geográfica).
ENVI	Windows	C		x	Desconocido	Utilizado para el análisis de imágenes, la explotación y el análisis hiperespectral.
ERDAS Imagine	Windows	C		x	Desconocido	ERDAS Imagine es una aplicación de detección remota con capacidades de edición de gráficos raster, diseñado para aplicaciones geoespaciales.
IDRISI (Clark Laboratories)	Windows	C	x	x	300	IDRISI es una herramienta de software fácil de usar con una interfaz amigable que permite al usuario procesar imágenes con cerca de 300 módulos para el análisis y la visualización de la información espacial digital.
MapInfo (Pitney Bowes)	Windows	C	x		5.000	Una aplicación de 64 bits con capacidad de análisis de raster, para crear, analizar y compartir información espacial
Maptitude (Caliper Corporation)	Linux, Unix, Mac OSX, Windows	C	x		700	Maptitude es un programa de software de mapas que permite a los usuarios ver, editar e integrar mapas. El software y la tecnología están diseñados para facilitar la visualización geográfica y el análisis de datos.
MicroImages (TNTgis)	Windows, MacOSX	C	x	x	5000	TNTmips software es un sistema completo de información geográfica (SIG) que permite trabajar con prácticamente cualquier tipo de datos geoespaciales incluyendo imágenes, superficies de terreno, y el mapa de datos con atributos de base de datos asociados.

Software	Sistema de computadora	Uso	SIG	RS	Costos (US$)	Descripción
SuperGIS (Supergeo Technologies Inc)	Windows	C	x		Desconocido	SuperGIS Desktop es una plataforma para el geoprocesamiento y visualización, edición, administración, consulta y análisis de datos geográficos.
DIVA-GIS	Windows, MacOSX	LA	x		0	DIVA-GIS es un programa de computadora para el mapeo y análisis de datos geográficos en varias escalas.
GeoDa	Windows, MacOSX, Linux	LA	x		0	GeoDa es un paquete de software gratuito que lleva a cabo el análisis espacial de datos, geovisualización, autocorrelación espacial y modelado espacial.
Global Mapper (Blue Marble)	Windows, MacOSX, Linux	LA	x		0	Global Mapper es una herramienta de mapeo que permite editar, crear y borrar información de asignación. Esta herramienta de mapeo permite muchas operaciones a través de distintos formatos y capas de información de mapeo.
GRASS GIS	Windows, MacOSX, Linux	LA	x	x	0	Un SIG completo, utilizado para el manejo y análisis de datos geoespaciales, procesamiento de imágenes, gráficos y producción de mapas, modelado espacial y visualización.
gvSIG	Windows, MacOSX, Linux	LA	x		0	gvSIG se utiliza para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar información geográfica referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión, con una plataforma móvil
ILWIS	Windows, MacOSX, Linux	LA	x	x	0	Una herramienta para vectores, raster e imágenes de satélite. El programa cuenta con características útiles como puntos para crear mapas, líneas de mapas de segmentos, segmentos de área cerrada para los mapas de polígonos, operaciones espaciales de mapas raster, etc.
JUMP GIS (OpenJUMP)	Windows, MacOSX, Linux	LA	x		0	OpenJUMP es un SIG basado en Java. Esta herramienta SIG utiliza estándares de *Geographic Markup Language* (GML), *Web Map Service* (WMS), y *Web Feature Service* (WFS).

Software	Sistema de computadora	Uso	SIG	RS	Costos (US$)	Descripción
OrbisGIS	Windows, MacOSX, Linux	LA	x		0	OrbisGIS es un SIG de código abierto multiplataforma; una plataforma de modelado integrado que contiene las herramientas analíticas para el cálculo de los diversos indicadores a diferentes escalas espaciales y temporales
QGIS (Quantum GIS)	Windows, MacOSX, Linux	LA	x		0	QGIS es una aplicación que proporciona la visualización, edición y análisis de datos. QGIS es un proyecto oficial del Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).
SAGA GIS	Windows, Linux	LA	x		0	SAGA GIS es un programa informático gratuito utilizado para editar datos espaciales.
Spring GIS	Windows, Linux, Online	LA	x	x	0	SPRING es un SIG de punta que incluye la detección remota con un sistema de procesamiento de imágenes, que prevé la integración de datos raster y vectores de representaciones en un único entorno.
uDig	Windows, MacOSX, Linux	LA	x		0	uDig es un marco de aplicaciones de escritorio, construido con tecnología de Eclipse Rich Client (RCP).
Whitebox Geospatial Analytical Tools (GAT)	Windows, MacOSX, Linux	LA	x	x	0	Whitebox GAT es un paquete de software SIG y detección remota para aplicaciones generales de análisis geoespacial y visualización de datos
R	Windows, MacOSX, Linux	LA	x		0	Aunque principalmente una plataforma para el cálculo estadístico, ofrece funciones espaciales avanzadas a través de paquetes dedicados. Además, se integra bien con otros sistemas de información geográfica, incluyendo QGIS, GRASS y ArcGIS.

Los paquetes estadísticos

Hay varios paquetes de software estadísticos disponibles para llevar a cabo los análisis necesarios para la implementación de una red de monitoreo. El Cuadro 10 da una idea general de la mayoría de los paquetes disponibles. Una de las consideraciones al seleccionar un paquete estadístico es la gama de procedimientos estadísticos ofrecidos. R, SAS, Stata y SPSS, de mayor a menor importancia, ofrecen una amplia gama de procedimientos estadísticos entre los paquetes de software. Sin embargo, cabe destacar que cada paquete ofrece análisis estadísticos específicos. Por lo tanto, a la hora de seleccionar un software, se debe evaluar cuales funciones estadísticas serán requeridas y escoger el mejor software que ofrezca las funciones necesarias. Por ejemplo, para analizar series de tiempo para vincular tendencias del cambio climático sobre patrones de cambio en la biodiversidad, se requieren softwares muy específicos, lo que reduce las opciones de softwares adecuados (Cuadro 11).

Cuadro 10. Paquetes estadísticos de uso general, incluyendo softwares comerciales (C) y de libre acceso (LA)

Producto	Sistema de computadora	Uso	Interfaz	Lenguajes de script
GenStat		C	CLI/GUI	
JMP	Windows, MacOS	C	GUI/CLI	JMP Lenguaje Scripting
MATLAB	Windows, MacOS, Linux	C	CLI/GUI	
NCSS	Windows	C	GUI	
SAS	Windows, MacOS, Linux, UNIX	C	CLI & GUI	SAS lenguaje
SigmaXL	Windows, MacOS	C	GUI	
SPlus	Windows, Linux, UNIX	C	CLI	
SPSS	Windows, MacOS, Linux	C	CLI/GUI	R, Python, SaxBasic
Stata	Windows, MacOS, Linux, UNIX	C	CLI/GUI	ado, Mata
WPS	Windows, MacOS, Linux, UNIX	C	CLI/GUI	SAS lenguaje
XLSTAT	Windows, MacOS	C	GUI	VBA
R	Windows, MacOS, Linux, BSD, UNIX	LA	CLI/GUI	R lenguaje, Python (por RPy)

Otro criterio de importancia para considerar a la hora de seleccionar un paquete, es la facilidad y flexibilidad de importación de datos hacia los softwares. SAS, SPSS, R y Stata, son capaces de importar conjuntos de datos producidos por todos los paquetes estadísticos, junto con Excel, Access, DBase, etc. R puede importar e interactuar con varios softwares SIG, como QGIS, GRASS y ArcGIS. No todos los sistemas comerciales son capaces de importar datos R, lo que significa que tendrían que ser exportados a un archivo de texto primero. R probablemente tiene la mejor capacidad de importación de datos, seguido por SAS, SPSS y Stata. Sin embargo, dependerá en última instancia del tipo de datos y formatos en los que los datos están disponibles.

Cuadro 11. Disponibilidad de análisis de series temporales en algunos de los principales paquetes estadísticos de uso general

Producto	Análisis de series temporales					
	ARIMA	GARCH	Unit root test	Cointegration test	VAR	Multivariate GARCH
GenStat						
JMP	x					
MATLAB	x	x	x	x	x	
NCSS	x					
SAS	x	x	x	x	x	x
SigmaXL						
SPlus		x			x	
SPSS	x					
Stata	x	x	x	x	x	x
WPS	x					
XLSTAT	x		x			
R	x	x	x	x	x	x

Criterios importantes que deberían ser considerados en la implementación de la Red a nivel nacional para evaluar el software seleccionado incluyen la funcionalidad, el desempeño, la escalabilidad, la concesión de licencias y la normativa.

Funcionalidad - La mayoría de los paquetes de software mencionados en el Cuadro 4, proporcionan una amplia gama de funciones y son adecuados para análisis simples y avanzados. Incluyen funciones necesarias para realizar distintos análisis asociados a los indicadores. En algunos casos las funciones no están disponibles en el paquete básico, pero pueden obtenerse por separado como paquetes o módulos adicionales. Es importante hacer una cuidadosa evaluación de costos adicionales. Por ejemplo, ArcGIS es uno de los programas más extensos de análisis espacial, no obstante, algunas herramientas de modelado y análisis espacial más avanzadas, solo están disponibles en extensiones que hay que comprar por separado (ArcGIS Spatial Analyst). Algunas funciones también pueden estar disponibles a través de complementos gratuitos y scripts proporcionados por la comunidad.

La funcionalidad no sólo está determinada por la disponibilidad de métodos y herramientas. Las funciones deben ser descritas con suficiente detalle para dar una comprensión completa de cómo usarlas. En muchos casos, los softwares no cuentan con suficiente información sobre sus funciones y metodologías disponibles. Generalmente, los de libre acceso proporcionan suficiente información de sus funciones, contrario a los paquetes comerciales, donde no brindan suficiente información y por lo tanto, el usuario se vuelve dependiente del proveedor.

Otro criterio a considerar es la capacidad de automatización de tareas. Dentro de una red de monitoreo, la manipulación y análisis de datos son parte de una rutina diaria, y por lo tanto deben ser automatizadas cuanto sea posible. En general, la automatización es más fácil de realizar usando un lenguaje de script. Algunos paquetes mencionados (ArcGIS, GRASS, QGIS) también ofrecen constructores de modelo en el que una serie de tareas repetitivas se puede combinar utilizando diagramas de flujo o herramientas similares.

La adaptabilidad y escalabilidad - La escalabilidad es la capacidad de aumentar la funcionalidad y/o la capacidad de las aplicaciones del sistema de información (espacial) mediante la ampliación, la migración, la actualización o la adición de funciones mejoradas a la implementación básica. Teniendo en cuenta los objetivos a largo plazo de una red de monitoreo, los sistemas deben tener la capacidad de incorporar una funcionalidad adicional o mejorada que pueda ser utilizada en el futuro. Un buen indicador de la extensión de un sistema es el ecosistema de complementos y scripts disponibles, la disponibilidad de los lenguajes de scripting y los tipos de interfaz (por ejemplo, la interfaz de línea de comandos (CLI), el panel de control de usuario (GUI), *Application programming interface* (API)).

Un sistema de información espacial propuesto debe ser compatible con el sistema operativo y las normas utilizadas por los interlocutores pertinentes en la red de monitoreo de la biodiversidad. Para un mayor grado de adaptabilidad y escalabilidad para futuros desarrollos en los sistemas de software y hardware, puede ser deseable utilizar el software que se ejecuta en todos los principales sistemas (UNIX, Windows, MacOS, Linux). Por ejemplo, la mayoría de los usuarios utilizarán el sistema operativo Windows, pero en algunos casos, será necesario usar otros sistemas operativos de mayor rendimiento, como Unix o Linux. Un buen ejemplo es el uso del software R, el cual se ejecuta en todos los sistemas operativos más importantes, pero si requiere de mayor capacidad de memoria para realizar tareas más complejas, puede usarse el sistema Linux. Además, programas como R y GRASS son muy adecuados para ser ejecutados de forma remota en sistemas Linux.

Desempeño - El desempeño es un criterio importante dentro de aplicaciones espaciales y de detección remota. El rendimiento de las aplicaciones de software se rige por su diseño, velocidad, configuración del hardware y las redes en las que se ejecutan. Para analizar los indicadores del Cuadro 3, probablemente computadoras sencillas (por ejemplo, RAM ≥ 12 GB, 4-8 núcleos, 2TB de memoria para la retención de 1 año) serán suficientes para su análisis. No obstante, para extensos conjuntos de datos espaciales, puede ser necesario migrar a sistemas de computación de alto rendimiento (HPC).

Algunas aplicaciones de software hacen pleno uso de los recursos de hardware disponibles, tales como procesadores de doble núcleo y tarjetas de alta definición. Por ejemplo, en todos los casos, los sistemas de 64 bits son preferibles, especialmente para las aplicaciones que requieren de mucha memoria. Aunque el software de 32 bits generalmente se ejecutará en sistemas de 64 bits, el desempeño se verá afectado. Además, no todos los softwares son idóneos para funcionar en sistemas de computación en paralelo o en otros sistemas de alto rendimiento.

Cabe señalar que, mientras que el software SIG y RS son generalmente diseñados para manejar grandes conjuntos de datos, no todos los paquetes estadísticos cuentan con esa capacidad. SAS tiene la capacidad de manejar extensas bases de datos mientras que R originalmente era considerablemente inferior. Actualmente, se han ido eliminando mucha de las limitaciones de memoria para el uso de grandes bases de datos.

Múltiples usuarios, diferentes requisitos - Es importante reconocer que los requisitos de software pueden variar dentro de la misma organización o equipo. Por ejemplo, dentro del equipo de coordinación de la red de monitoreo de biodiversidad (explicado más adelante), las especialistas de detección remota y SIG pueden necesitar un conjunto de

herramientas más avanzadas, mientras que otros requerirán un simple visualizador de datos para consultar mapas. Esto requiere una infraestructura donde se puede acceder a los datos para distintos usos, incluyendo el acceso directo utilizando el software SIG o interfaces de mapas basados en la web. Esto se discute con más detalle en las secciones de almacenamiento de datos y el intercambio de datos.

Control de calidad y garantía – La metodología y forma de implementación del software utilizado debe ser descrita en detalle para permitir su replicabilidad. Por tal motivo, los análisis deben ser automatizados en cuanto sea posible, lo cual además facilitará, la generación de metadatos de los conjuntos de datos resultantes y el monitoreo de la procedencia de los datos (Simmhan et al. 2005; Glavic y Dittrich 2007). Ver también la sección sobre metadatos.

Almacenamiento de datos

El sistema del software utilizado para el manejo de la base de datos (DBMS (Database Management Software) por sus siglas en inglés) es sin duda uno de los componentes más importantes dentro de la red de monitoreo de biodiversidad. Proporciona un sólido sistema de almacenamiento de datos y facilita en gran medida el control de calidad, respaldo y control de distintas versiones e intercambio de datos (Recuadro 4). Para proyectos relativamente complejos como las redes de monitoreo de biodiversidad, que deben hacer frente a un conjunto heterogéneo de datos de diferentes fuentes, un buen DBMS es un requisito importante. El desarrollo y mantenimiento de bases de datos de ésta índole, es complejo y requiere conocimientos de alto nivel y por lo tanto hay que considerar los costos asociados a su función (tanto en el desarrollo de las bases de datos e implementación de la fase inicial, como en el manejo de las bases de datos y el mantenimiento durante el proyecto).

Recuadro 4. Ventajas de un sistema DBMS

- Un DBMS ofrece un sólido sistema de almacenamiento de datos y hace que sea fácil de incorporar controles de calidad de datos durante la importación de los mismos.
- Las tablas de datos de distintas fuentes pueden unirse o fusionarse en una sola base de datos, facilitando la integración y la búsqueda de los datos.
- Acceso eficiente de datos: Un DBMS utiliza una variedad de técnicas sofisticadas para almacenar y recuperar datos de forma eficiente.
- Integridad y seguridad de los datos: Si los datos siempre se acceden a través de los DBMS, éste puede tener restricciones de uso de los datos y crear límites de acceso de la visibilidad de los datos para diferentes usuarios.
- Administración de datos: la centralización de los datos puede proporcionar mejoras en el sistema cuando los datos son compartidos por varios usuarios.
- Acceso concurrente y la recuperación después de un accidente de computadora: El sistema de manejo de datos permite el acceso de varias personas al mismo tiempo y en el caso de fallos en la computadora, el sistema hace un respaldo y protege contra pérdidas de información.

Los DBMS de acceso libre más conocidos son MySQL, PostgreSQL y SQLite. Algunas de las opciones más populares son propietarias de Microsoft SQL Server (MSSQL), IBM DB2 y la base de datos Oracle. La selección e implementación de un sistema de manejo de base de datos, puede ser un proceso complejo (Ramakrishnan y Gehrke 2000) y debe tomar en cuenta la experiencia y los sistemas existentes de las instituciones involucradas.

Cuadro 12. Ejemplos de sistemas de manejo de bases de datos generales. El uso se refiere a softwares comerciales (C) y de libre acceso (LA). El límite de tamaño indicado puede ser determinado por los requisitos del sistema operativo (OS) y del hardware

DBMS	OS	Uso	Interfaz	Componente espacial	Tamaño	Costos (US$)
Advantage Database Server	Windows, UNIX	C	API & SQL	Sí	Ilimitado	Desconocido
IBM DB2	Windows, Mac OS, Linux, UNIX	C	GUI & SQL	Sí	Ilimitado	Gratis para uso no comercial
Microsoft SQL Server	Windows	C	GUI & SQL	Sí	524,272 TB	$600 a $10.000
Oracle	Windows, Mac OS, Linux, UNIX	C	API & GUI & SQL	Sí	Ilimitado	Descarga gratuita para sin fines de lucro
Sybase Adaptive Server Enterprise	Windows, Mac OSX, Linux, BSD, UNIX	C	SQL	Sí	Ilimitado	Desconocido
Teradata	Windows, Linux, UNIX		SQL	?	Ilimitado	Desconocido
MySQL	Windows, Mac OSX, Linux, BSD, UNIX	LA	GUI & SQL	Sí (Solo las tablas MyISAM)	Ilimitado	$600-$6000
PostgreSQL	Windows, Mac OSX, Linux, BSD, UNIX	LA	API & GUI & SQL	Sí (PostGIS)	Ilimitado	
SQLite	Windows, Mac OSX, Linux, BSD, UNIX	LA	API & SQL	Sí (SpatiaLite)	128 TB	

Criterios para la selección de un DBMS

Muchos de los criterios mencionados anteriormente para los paquetes de software también aplican a la hora de seleccionar un sistema de manejo de base de datos. A continuación se enumeran una serie de criterios para considerar (Ramakrishnan y Gehrke 2000):

- **La capacidad de crecimiento:** el sistema debe tener la capacidad de crecer para apoyar el incremento anual de los datos. La capacidad de almacenamiento del sistema y la limitación inicial de tener recursos necesarios para invertir en una infraestructura de hardware para una mayor memoria de almacenamiento, responde a la necesidad de buscar soluciones de almacenamiento en la nube (ver sección de soluciones en la nube).
- **Seguridad:** Es importante tener en cuenta el riesgo físico al que pueden exponerse los datos (riesgo de incendio, robo, etc.), así como de piratería y corrupción. Las soluciones de seguridad involucran diferentes tipos o categorías de controles, tales como técnicos, de procedimiento/administrativos y físicos.
- **Respaldo y archivado:** con respecto al criterio mencionado anteriormente, es necesario discutir si los datos son almacenados internamente en la institución o son protegidos por un proveedor externo (en la nube). Cuando las bases son almacenadas a lo interno, hay que considerar mantener varias copias en distintas ubicaciones (ver, por ejemplo, Ramakrishnan y Gehrke 2000) y deben seguir las políticas de almacenamiento de datos y prácticas existentes de la institución. Al contrario, cuando son almacenados por un proveedor externo (en la nube), hay que tomar en cuenta los gastos extras de respaldo y de recuperación de los datos.
- **Integración:** el sistema de base de datos debería integrarse con otros sistemas de software, como SIG/RS, programas estadísticos y repositorios web e interfaces que proporcionan acceso remoto. En teoría, todos los sistemas de bases de datos mencionados en el Cuadro 7 pueden cumplir con esta función, no obstante, dependiendo de la solución los costos pueden diferir considerablemente.
- **Base de datos generales versus específicos:** En el Cuadro 7 se enumeran distintos tipos de DBMS generales. Existen también sistemas específicos, el más relevante es la geodatabase ArcSDE de ESRI (útil para la red de monitoreo de biodiversidad al tener un fuerte componente espacial). Las ventajas del paquete es que presenta una perfecta integración con usuarios de ESRI, un buen desempeño y la capacidad para exponer funciones de base de datos subyacentes, tales como vistas espaciales e índices. Un inconveniente es que el acceso a los componentes espaciales de los datos, sólo es posible mediante la tecnología de ArcSDE y por lo tanto requiere de licencias. En la versión más reciente de ArcGIS (≥ 10.2), existen herramientas alternativas para la conexión de ArcMap con otros DBMS espacialmente habilitados como PostGIS (http://mappinggis.com/2013/06/como-conectar-arcgis-con-postgis/).

Requisitos de hardware

Con la finalidad de tener un buen desempeño de la base de datos, se requiere una selección adecuada de hardware y software. Dependiendo del tipo de datos, los servidores deben ser capaces de abordar varios gigabytes hasta terabytes. Los servidores de las bases de datos generalmente tienen distintos requisitos de hardware con respecto a los del software. En la mayoría de los casos, tienen una alta demanda en cuanto al acceso de lectura de los datos del disco y de la memoria. Los servidores de base de datos deben proporcionar un alto nivel de seguridad en el caso de fallos del hardware, mientras que proporciona un buen rendimiento de lectura/escritura. Una solución muy recomendable es utilizar sistemas de RAID (por sus siglas en inglés*: redundant array of independent disks*). Existen varios niveles de RAID, cada uno con una combinación distinta de tolerancia a fallos y de velocidad, por ejemplo, RAID 5 proporciona un buen compromiso entre velocidad y seguridad. Otras consideraciones de hardware son el tipo de disco duro (almacenamiento magnético o de SSD), opciones del sistema de archivos y la memoria RAM disponible.

Otra opción es usar servidores de bases de datos centralizados. El mejor modelo dependerá de las capacidades de inversión en la infraestructura, principalmente en las expectativas de crecimiento a futuro de la base de datos. Idealmente, un sistema distribuido reduce el riesgo de pérdida accidental de datos, a expensas de un mayor costo de implementación y mantenimiento. Un enfoque alternativo o complementario es alquilar la infraestructura de hardware requerida (IAAS, ver el capítulo de soluciones en la nube). Es importante tener en cuenta que en la mayoría de los casos se guiarán por las prácticas existentes y pautas de la organización y de sus reglamentos. A nivel de la Red se debe empezar revisando los requerimientos de que ya dispone el Ministerio a nivel del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

Almacén de base de datos

La red de monitoreo de biodiversidad tendrá múltiples socios responsables de las diferentes actividades de monitoreo y colecta de diferentes tipos de datos. Un enfoque consiste en desarrollar unas bases de datos integradas verticalmente que almacenen los datos colectados por los diferentes investigadores. Tal sistema puede ser utilizado para cumplir con un tema común (Jones et al. 2006) y proporcionar acceso a los datos a los diferentes socios a través de una interfaz basada en la web. Ejemplos incluyen archivos de datos centralizados tales como GenBank (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/) y VegBank (http://vegbank.org/vegbank/index.jsp). Otros proporcionan un acceso distribuido de la red para los datos contenidos en varios servidores compatibles. Un ejemplo es GBIF (Global Biodiversity Information Facility) para datos biológicos (http://www.gbif.org/). Este tipo de bases de datos por lo general son más complejos, ya que necesitan homogeneizar datos de múltiples fuentes de investigación independientes (Jones et al. 2006). En el contexto de la red de monitoreo de biodiversidad, esto significa la reconciliación de los datos colectados por diferentes indicadores y actores.

El desafío del modelo de almacenamiento adoptado dentro del marco de monitoreo, es la complejidad de lidiar con diferentes tipos de datos (espaciales, de parcelas, de sensores remotos) y temas (cambio de uso de la tierra, poblaciones de plantas y animales, calidad del agua). Otro obstáculo son las responsabilidades que tiene cada institución dentro de la red, en cuanto a la colecta de datos, análisis y almacenamiento.

Base de datos orientados en los Metadatos

En el contexto de la red de monitoreo de biodiversidad, las instituciones encargadas de distintos conjuntos de datos, tendrán la responsabilidad de almacenar los datos, mientras que la red de monitoreo, dirigido por el Ministerio de Medio Ambiente, desarrollará y mantendrá el metadato que describe todos los conjuntos de datos en una única base de datos. Una ventaja de este enfoque es que facilita el almacenamiento de datos usando diferentes modelos de datos en un solo sistema. Además, promueve la escalabilidad ya que la adición de nuevos conjuntos de datos requerirá únicamente la adición de las descripciones de los metadatos. Una desventaja es que la integración real de los diferentes conjuntos de datos puede ser compleja (Jones et al. 2006). Las tecnologías como *Simple Object Access Protocol* (SOAP) servicios de Web o *Representational State Transfer* (REST) ayudan con la integración y el intercambio de datos (Pautasso et al. 2008), mientras que la adopción de nuevos enfoques de metadatos funcionales (Gil et al. 2010) y semánticos (Michener 2006), que podrían mejorar el procesamiento y análisis de los datos, requiere de nuevas inversiones y de personal capacitado.

Muchos de los portales de datos en línea son basados en metadatos u ofrecen un enfoque híbrido en el que los datos pueden almacenarse opcionalmente por el proveedor del portal de datos. Ejemplos incluyen el portal de paisaje (http://landscapeportal.org/), del UNEP-WCMC con información de conservación específica del país (http://www.unep-wcmc.org/#?country=CL), Geonetwork del FAO (http://www.fao.org/geonetwork/), y el portal de datos

públicos Chilenos (http://datos.gob.cl/group). Ejemplos de portales de datos ambientales y ecológicos corresponden al DataOne (https://www.dataone.org/), y al portal Neon (http://www.neonscience.org/). Ver Michener (2015) para una descripción de portales de datos para datos ecológicos.

Como parte de las bases de datos orientadas en los metadatos, una acción importante es el desarrollo de identificadoras digitales de objetos (DOIs por sus siglas en inglés) o el *Open Researcher and Contributor ID* (ORCID). Los identificadores de objetos digitales (DOIs) son cadenas de caracteres estandarizados utilizados para identificar de forma exclusiva objetos digitales, tales como citaciones, conjuntos de datos e información de ubicación como *uniform resource locators* (URL). ORCID es un código alfanumérico para identificar de forma permanente y sin ambigüedades los seres humanos, tales como autores de artículos de revistas científicas y creadores de conjuntos de datos, y permitir a los científicos recibir la atribución apropiada para sus creaciones académicas. Esto es importante ya que los nombres propios no son ni únicos ni permanentes. La existencia de los DOI y ORCID hace posible que los autores sean asociados de manera permanente y de forma única a los productos resultantes de sus trabajos creativos como publicaciones (por ejemplo, libros, artículos de revistas) así como el código de software, productos de datos, páginas web y presentaciones (Michener 2015).

Metadatos

Es esencial aumentar la interoperabilidad de las bases de datos a través de la adopción de normativas y de los metadatos asociados. Los productos de las bases de datos no pueden volver a utilizarse a menos que el contexto, estructura, métodos de colección y procesamiento, y la calidad de los datos estén suficientemente documentados. En los metadatos se resume la información básica de los datos, lo que puede facilitar la búsqueda y análisis de los datos de manera más eficiente. El desarrollo de un metadato es más eficaz cuando los investigadores están constantemente documentando las actividades de colección de datos, procesamiento y análisis. Existen varios esquemas de metadatos y normas desarrolladas en todas las disciplinas (Cuadro 8), las cuáles no siempre son fáciles de combinar, ya que a menudo tienen su propio vocabulario, taxonomía y listas estandarizadas de términos usados para asignar valores a las propiedades de los metadatos. Para mantener la interoperabilidad entre sistemas (por ejemplo, la capacidad de dos o más sistemas para intercambiar información y usarla sin requerir manipulación especial) los metadatos deben expresarse en un idioma común utilizado por todos los actores.

Es importante tomar en cuenta los requisitos necesarios para el intercambio de información con otras iniciativas u organizaciones nacionales o internacionales dedicados al monitoreo de la biodiversidad. En Chile se debe tomar en cuenta las directrices existentes para el intercambio de datos (open), publicados en http://kitdigital.gob.cl/recursos-de-desarrollo/.

Recuadro 5. Metadatos

Los metadatos son la cantidad mínima de información que debe ser suministrada al investigador para transmitir la naturaleza y el contenido de los datos. Incluyen las siguientes categorías:

- **Qué:** título y la descripción del conjunto de datos
- **Por qué:** justificación de la colecta de datos y sus usos
- **Cuándo:** cuándo se creó el conjunto de datos y los ciclos de actualización
- **Quién:** origen, proveedor de datos y el usuario final de los datos
- **Adónde:** extensión geográfica basada en latitud / longitud, coordenadas, nombres geográficos o áreas administrativas
- **Cómo:** cómo se construyó la base de datos y cómo acceder a los datos

Metadatos geoespaciales

Han evolucionado varios estándares de metadatos junto con herramientas que apoyan la creación y manejo de los metadatos. La mayoría de los formatos adoptados en las principales bases de datos se basan originalmente en las normas ISO 15836 hasta 2009, NISO Z39.85 y IETF RFC 5013. Otro estándar ampliamente usado es el Estándar de Contenido para Metadatos Geoespaciales Digitales (del Comité Federal de Datos Geográficos [FGDC]), que sirvió de base para el estándar ISO 19115 por el Comité Técnico de la Organización Internacional de Normalización (ISO) (Michener 2015).

Metadatos ecológicos

Dentro de las ciencias ecológicas, los estándares más utilizados son los metadatos del Ecological Metadata Language (EML) y el núcleo Darwin (Darwin Core). El Darwin Core es esencialmente una serie documentada de tablas con un archivo de metadatos que describen el contenido de la base de datos y proporciona la terminología utilizada, datos de campo, unidades de medición, la fuente de los datos, etc. El EML es una especificación desarrollada para la ecología bajo el patrocinio de la Ecological Society of America (Michener et al., 1997), y se basa en la norma ISO 19139 que define los esquemas XML para la ISO 19115 de los países.

Existen herramientas personalizadas para la creacion de metadatos, las cuales ofrecen la ventaja que son orientadas hacia normativas y convenciones existentes. Algunos ejemplos se proporcionan en el Cuadro 13 y 14.

Los metadatos deben ser almacenados, ya sean incorporados o separados de los datos. Aquellos que son incorporados dentro de los datos, facilitan el intercambio mientras los que están separados resultan en un mejor manejo de los datos. Los metadatos pueden ser almacenados en un formato legible o en números binarios. Al estar en un formato legible, permite al usuario mayor facilidad para su uso y no requieren de programas especializados para descifrar la informacion. Por otra parte, estos formatos son raramente optimizados para la capacidad de almacenamiento, tiempo de comunicación y la velocidad de procesamiento. Un formato de metadatos binario permite mayor eficiencia en todos esos aspectos, no obstante, requiere bibliotecas especiales para convertir la información binaria en un contenido legible. La mayoría de los editores de metadatos actuales son parte del almacenamiento de los datos y de una plataforma de intercambio.

Idealmente, los metadatos deben crearse siempre que se generen, recopilen, colecten, borren o se actualicen los datos. Los metadatos deben estar estrechamente vinculados al proceso de trabajo de los datos, si los datos cambian con frecuencia (por ejemplo, datos de sensores), los metadatos deben ser actualizados constantemente. El manejo de los metadatos debe diseñarse para asegurar que los metadatos sean añadidos adecuadamente y dispongan de mecanismos para optimizar su eficiencia.

Cuadro 13. Ejemplos de metadatos estandarizados, desarrollados para distintas disciplinas

Nombre	Enfoque	Descripcción
CSDGM	Datos geográficos	*Content Standard for Digital Geospatial Metadata mantenida por el Federal Geographic Data Committee* (FGDC).
Darwin Core	Biología	*Darwin Core* es una especificación de metadatos que incluye información de la ocurrencia geográfica de las especies y la existencia de especímenes en colecciones.
DDI	Archivado y ciencias sociales	*Data Documentation Initiative* es un esfuerzo internacional para establecer un estándar para la documentación técnica de datos de las ciencias sociales.
DIF	Conjuntos de datos científicos	*Directory Interchange Format* – un formato descriptivo y estandarizado para el intercambio de información acerca de los conjuntos de datos científicos.
DOI	Recursos conectados en red	*Digital Object Identifier* – proporciona un sistema para la identificación y la gestión de la información ("contenido") en las redes digitales, ayudando con la persistencia y la interoperabilidad semántica.
Dublin Core	Recursos conectados en red	*Dublin Core* – estándar de metadatos interoperables en línea con recursos conectados a la red.
EML	Ecología	*Ecological Metadata Language* es una especificación desarrolladoa para la ecología.
ISO 19115	Datos geográficos	ISO 19115:2003 información geográfica – estándar de metadatos que define como describir la información geográfica y los servicios asociados, incluyendo contenidos, compras espacio-temporales, calidad de datos, acceso y derechos de uso. Mantenido por el comité de ISO/TC 211.
ISO 23081	Administración de registros	ISO 23081 – especificación técnica de tres partes que define el metadato necesario para administrar los registros. Parte 1 aborda los principios, parte 2 aborda las cuestiones conceptuales y de implementación, y parte 3 delinea un método de autoevaluación.
ISO/IEC 11179	Organizaciones	ISO/IEC 11179 – estándar que describe los metadatos y las actividades necesarias para administrar los elementos de datos en un registro para crear una comprensión común de los datos entres los elementos de organización y entre organizaciones.
NISO MIX	Imágenes	NISO Metadatos para imágenes en un esquema XML para un conjunto de elementos de datos técnicos necesarios para gestionar colecciones de imágenes digitales.
RDF	Recursos web	Método general para la descripción conceptual o el modelado de información que se implementa en los recursos web, utilizando una variedad de formatos de sintaxis.

Cuadro 14. Ejemplos de editores de metadatos desarrollados para distintas disciplinas

Software	Estándar	Descripción
ArcGIS 10	Multiple	Las aplicaciones de ArcGIS Desktop almacenen los metadatos utilizando un esquema de propiedad (pero documentado públicamente)
EPA Metadata Editor	FGDC	EME es un editor simple de metadatos geoespaciales que permite a los usuarios crear y editar los registros que cumplen con los requisitos de metadatos de la EPA y del Federal Geographic Data Committee (FGDC)
GeoNetwork	Multiple	GeoNetwork proporciona herramientas para la gestión y publicación de metadatos sobre los datos espaciales y los servicios relacionados
Morpho	EML	Software de gestión de datos destinado a la generación de metadatos en formato EML. Morpho es una parte del *DataONE Investigator Toolkit*, y por lo tanto pensado para facilitar el intercambio y la reutilización de datos entre ecólogos y científicos del medio ambiente.
Mapbender	Multiple	*Mapbender* es un marco geoportal para gestionar los servicios de mapas y características estándar proporcionando todas las herramientas necesarias para editar, gestionar y publicar los metadatos asociados
MapInfo Manager	Multiple	La herramienta de gestión de metadatos de Pitney Bowes permite a las organizaciones construir, mantener y gestionar catálogos centralizados de datos espaciales, facilitando búsquedas, acceso y utilización de datos
Metadata Wizard	FGDC	*Metadata Wizard* diseñado como un recurso para ayudar a los usuarios de datos geoespaciales con la creación y edición de metadatos
pycsw	Multiple	pycsw es una implementación del servidor OGC CSW, permitiendo la publicación y descubrimiento de metadatos geoespaciales
USGS Online Metadata Editor	FGDC	Una herramienta diseñada para facilitar la documentación del conjunto de datos haciendo preguntas al usuario acerca de sus datos usando un lenguaje libre de jerga
MetaVista	FGDC	Herramienta para crear metadatos compatibles con el estándar de metadatos de 1998 del Federal Geographic Data Committee (FGDC), o 1999 Biological Data Profile del National Biological Information Infrastructure (NBII) para el estándar FGDC. Los metadatos se emiten en formato XML (Rugg, 2004)

Desafíos

La importancia de los metadatos ha sido reconocida desde hace mucho tiempo, especialmente en la comunidad geoespacial, pero su adopción e implementación enfrenta algunos retos que tendrán que ser abordados en la fase de desarrollo de cualquier proyecto. Gil et al. (2010) enumeran una serie de retos, de los cuales, los presentados a continuación pueden ser considerados de relevancia en el contexto de la red de monitoreo de biodiversidad.

- **Costos:** el establecimiento de un programa de manejo de metadatos es costoso, no sólo en términos de requerimientos de infraestructura y de capacitación, sino también en términos de tiempo del personal. Estos gastos tienen que ser presupuestados de manera explícita.
- **Los incentivos para crear metadatos:** la falta de un mecanismo de recompensa directa para los investigadores y los proveedores de datos reduce la prioridad de la creación de metadatos. A menudo se destacan los beneficios indirectos, tales como el aumento de citas en documentos cuyos datos sean accesibles al público, el aumento en la elaboración y divulgación de síntesis basadas en metadatos. Sin embargo, es incierto si estos beneficios indirectos por si solos son suficientes. En el marco de un proyecto a largo plazo, como la red de monitoreo de biodiversidad, es necesario que haya un compromiso para proporcionar fondos suficientes para cubrir los costos de generación de metadatos (sobre todo el tiempo del personal).
- **La calidad de los metadatos:** Desde el punto de vista de la integración de datos, cualquier registro incompleto o inexacto evita la agregación automática (Lagoze et al. 2006). Por lo tanto, la capacitación y la revisión de la calidad de los metadatos tienen que ser parte del proceso; para garantizar los estándares, evitar metadatos incompletos y asegurar que esté incluida toda la información requerida (incluyendo, por ejemplo, las anotaciones con el lugar y la fecha). En cuanto a metadatos provenientes de otras épocas que utilizan software y hardware distinto al actual, puede ser necesario un esfuerzo adicional para limpiar y mejorar la calidad.
- **La granularidad o nivel de detalle del metadato:** Especificaciones con granularidad inadecuada obstaculizan el proceso de la integración de metadatos. Por ejemplo, el FGDC agrupa todos los investigadores principales y los propietarios de un estudio científico en un solo campo. Otras normas, como EML, separan campos por múltiples personas u organizaciones que administran un estudio. Un mayor grado de granularidad facilita procesamientos como la comparación de registros, la integración y el análisis correcto, pero la introducción de datos se llevará más tiempo.
- **Campos del metadato con especificaciones ambiguas:** especificaciones con ambigüedades dentro de los metadatos conduce a un uso inconsistente. Esto incluya el uso de múltiples unidades de medición de los datos colectados.
- **Dispersión de información:** La dispersión de información presenta un reto a la integración. La información descentralizada es uno de los principales obstáculos para los analistas de intercambio de información entre diferentes sistemas computacionales. Existen tecnologías disponibles para ayudar al intercambio de información y de datos (por ejemplo, SOAP o los servicios REST), pero la selección de las tecnologías y su implementación pueden ser un reto y requieren una planificación cuidadosa, como parte del plan general de base de datos y el intercambio de datos.
- **Sistema de control de versiones:** como los datos en los sistemas de bases de datos, un metadato no sólo crece con la inclusión de nuevos registros, sino también pueden cambiar en el tiempo, en términos de contenido, formato y forma. Se requiere un sistema de control de versiones para mantener el registro y el acceso los cambios.

Intercambio de datos

El intercambio de datos es la práctica de poner los datos a la disposición para el uso de otros. Los ecólogos, así como otros investigadores, están generando y compartiendo cada vez más inmensas cantidades de datos como parte de la investigación. Los datos también se utilizan fuera del contexto de la investigación. Muchos actores usan datos disponibles para la toma de decisiones, la gestión de los recursos naturales, la educación y otros fines. Sin embargo, existen numerosas limitaciones legales reales y percibidas a la hora de compartir datos; tales como diferentes enfoques internacionales y gubernamentales acerca de los derechos de autor, la complejidad de los derechos de propiedad intelectual y cuestiones de confidencialidad y la incertidumbre acerca de la ley (Michener, 2015). Por lo tanto, los protocolos de intercambio de datos necesitan ser definidos para asegurar un intercambio de información adecuado y bien documentado. El intercambio de datos consta de dos componentes principales. Uno de ellos es el intercambio de datos entre los socios de una red; el otro es la divulgación de los resultados del proyecto a una audiencia más amplia.

Intercambio de datos dentro de la red

El intercambio efectivo de información es un componente clave para el exitoso funcionamiento de la red, pero a menudo se hace difícil por diferentes enfoques organizativos. Con el fin de iniciar el proceso de intercambio de información, es importante que todos los socios sean capaces de comprometerse con el intercambio de la información. Por lo tanto, un protocolo de intercambio de información tiene como objetivo proporcionar un marco de referencia para el intercambio de información con un propósito definido. La mayoría de las organizaciones de investigación y gubernamentales, hoy en día, cuentan con protocolos de intercambio de datos. Un protocolo puede proporcionar las bases sobre porqué es necesario el intercambio de información, los principios que regulan el intercambio y como apoyan la funciones de la institución dentro de la colaboración. La función de un protocolo de intercambio de información, por tanto, sólo debe incluir el nivel de información necesaria para llegar a un acuerdo en principio. No debe apuntar a detallar cada requisito que comparten entre las agencias nombradas ya que más adelante se verá respaldada por acuerdos que establecen detalles específicos de los datos.

Recuadro 6. Lista de verificación para el desarrollo de un protocolo de intercambio de información

Justificación
- El propósito del acuerdo

Responsabilidades y aspectos legales
- Las organizaciones que formarán parte del acuerdo; sus roles y responsabilidades
- La condición del uso de los datos facilitados, tanto antes como después de que hayan sido entregados
- El cumplimiento de las políticas y regulaciones nacionales e institucionales
- La duración del acuerdo
- Firmas de los socios

Detalles de formato e intercambio de datos
- Información (tipos de datos) que será compartida
- Formato de los datos

Detalles técnicos
- Las medidas para garantizar que exista la seguridad adecuada para proteger los datos
- Mecanismos para el intercambio (portal de datos, FTP)
- Mecanismos para proporcionar retroalimentación sobre los problemas de acceso y calidad de los datos

Los datos pueden ser compartidos de distintas maneras, a través de: 1) correo electrónico, 2) protocolo de red FTP o 3) portales web que ofrecen acceso directo a las bases de datos. Esta última ofrece la forma más eficiente y segura para compartir datos, con posibilidades de incluir mecanismos automáticos de control de calidad de datos, mecanismos de retroalimentación y la creación de informes al administrador de las bases de datos y otros miembros del equipo. No obstante, requiere de financiamiento para el diseño y desarrollo del sistema, así como del mantenimiento del mismo.

Intercambio de datos con distintos actores

La red de monitoreo es responsable de proporcionar un resumen del estado de la red y de los cambios observados en los indicadores de biodiversidad seleccionados a las instituciones involucradas y a las convenciones internacionales de biodiversidad y cambio climático, así como al público en general. Estos datos pueden consistir de, tablas, gráficos, mapas e informes. Los acuerdos institucionales permitirán o no que los datos e información sea compartida en un sitio web del proyecto o en la página del Ministerio de Medio Ambiente.

Dada la naturaleza de la información, debería ser posible proporcionar datos geoespaciales y mapas de las distribuciones de las especies en la web. La infraestructura necesaria de software y hardware para proporcionar mapas en la web, son de bajo costo y existen múltiples herramientas de libre acceso y comerciales (incluyendo las herramientas de software en el Cuadro 9). Cabe señalar la importancia de seleccionar adecuadamente el servidor de internet, ya que afectará la facilidad de proporcionar mapas en la web, dado que muchas de las herramientas para la creacion de los mapas para la web funcionan únicamente con lenguaje Linux. Los mapas de la web pueden combinar fuentes de datos distribuidos utilizando estándares abiertos e interfaces de programación de aplicaciones documentadas (APIs por sus siglas en ingles). Esto hace que sea posible compartir datos espaciales a los socios de la red, sin tener que mantener copias de los datos.

Deben de existir lineamientos que aseguren suficiente capacidad de memoria en los servidores para mantener los datos compartidos. Es importante considerar el tamaño de los conjuntos de datos que serán almacenados en los servidores y el financiamiento requerido para su compra inicial y su mantenimiento.

Soluciones en la nube *(cloud)*

Cloud Computing es sin duda uno de los avances más significativos en las tecnologías informáticas actuales. Esta conformada por un grupo de tecnologías que permiten acceso a una red bajo demanda a un conjunto compartido de recursos informáticos (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente disponibles y liberados con un mínimo de esfuerzo administrativo o de interacción con un proveedor de servicio (http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing). Una ventaja perceptible de almacenamiento en la nube para un instituto o proyecto, es que elimina los costos iniciales y la necesidad de mantener las instalaciones de computación y software y por lo tanto permite una respuesta rápida y elástica a las necesidades de computación (Hashem, et al. 2015). Algunas desventajas están relacionadas a cuestiones de privacidad y de control y dependencia de una buena conexión a Internet.

Cloud computing puede dividirse en tres grupos: software como un servicio (SAAS por sus siglas en ingles), plataforma como un servicio (PaaS por sus siglas en ingles) e Infraestructura como un servicio (IaaS por sus siglas en ingles). Las principales características se mencionan en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Categorias del cloud computing

	PAAS	SAAS	IAAS
Descripción	PaaS es una plataforma de computación que permite la creación rápida y fácil de aplicaciones web y sin la complejidad de tener que comprar y mantener el software y la infraestructura que lo apoya.	Aplicaciones que funcionan sobre una infraestructura en la nube, ofrecida por el proveedor de la nube como un servicio a través de Internet	El equipo de hardware (servidores, almacenamiento, redes y sistemas operativos) como un servicio bajo demanda.
Ejemplos	Google Apps Engine, Microsoft Azure, Apprenda, Stackato, OpenShift, Apache Stratos,	Google docs, Gmail, Lifemapper, Zoho aplicaciones	Flexiscale, Amazon's EC2, Rackspace
Ventajas	Donde varios programadores colaboran o donde otros necesitan interactuar con el proceso de programación.	Escalamiento dinámico y rápido con un costo variable. Adecuado para aplicaciones que solo se utilizan para un corto plazo o al haber mucha demanda.	Escalamiento dinámico y rápido con un costo variable. Útil cuando el capital a invertir en el hardware es limitado o necesario para mover gastos de capital a gastos de operación.
Desventajas	El uso del lenguaje puede dificultar traslados a otros proveedores (dependencia de un proveedor). Menos adecuado donde el lenguaje o enfoques de propiedad tendrían un impacto en el proceso de desarrollo.	Menos adecuados para aplicaciones que requieren un procesamiento extremadamente rápido de datos en tiempo real. El control de datos recae en terceros (hay que estar al tanto de la dependencia de un proveedor). Depende de un buen acceso a Internet.	El control de terceros durante el almacenamiento y procesamiento de datos. Dependerá de un buen acceso a Internet.

Las soluciones de Infraestructura como un servicio (IAAS), pueden ser de interés para una red de monitoreo de biodiversidad para el almacenamiento de conjuntos de datos colectados por la red. Tal solucion podria ser además muy ventajoso si los datos son compartidos con otros usuarios, o disponibles para el público en general, lo que requiere no sólo la capacidad de almacenamiento, sino también una infraestructura de Internet rápida y confiable (capacidad de ancho de banda). Un ejemplo es el movimiento de conjuntos de datos climáticos (http://www.ccafs-climate.org/) del CGIAR (un consorcio de centros internacionales de investigación agrícola) en la nube, utilizando los Servicios Web de Amazon (AWS).

Existe un número creciente de proveedores de software que ofrecen el software como un servicio (SAAS), como una alternativa de ofertas tradicionales de software de escritorio. Por ejemplo, ESRI Online y productos similares de libre aceeso, como MangoMap, GISCloud, MapBox y CartoDB, permiten accesar, crear, editar, analizar y compartir mapas, aplicaciones y datos geoespaciales desde cualquier lugar del mundo. Para evaluar las diferentes opciones de software (ver los capítulos anteriores) en términos de costos, flexibilidad, control, funciones requeridas y opciones de migración de datos, se está volviendo cada vez más importante considerar las ventajas y desventajas de las soluciones SAAS.

Es importante notar que la red de monitoreo de biodiversidad (o más específicamente, las instituciones involucradas), puede proporcionar aplicaciones de web para ser utilizadas por los socios del proyecto o el usuario general. Por ejemplo, algunas aplicaciones basadas en la web pueden ser construidos (o las herramientas existentes pueden ser empleadas) para facilitar la subida de datos y las descripciones de los metadatos en la base de datos compartida. La red también puede ofrecer herramientas que permiten a los usuarios acceder a los conjuntos de datos colectados por la red y combinarlas en nuevos conjuntos de datos (*data mash-up*). Un ejemplo es el *Landscape Portal* (http://landscapeportal.org/), donde los usuarios pueden crear mapas basadas en diferentes niveles de línea base disponibles en el portal. Otro ejemplo es *Lifemapper* (http://lifemapper.org/), que ofrece el acceso a los datos de diferentes fuentes y la capacidad de cálculo para crear modelos de distribución de especies, lo cual es accesible a través de aplicaciones tales como una interfaz basada en la web o aplicaciones de cliente (escritorio) como un plugin para el software de QGIS (Williams, et al. 2015).

Necesidades de software y hardware – pasos para la primera fase

En la propuesta actual del proyecto de monitoreo de biodiversidad, la adquisición de datos y la recopilación, análisis y custodia de información de los indicadores, serán llevadas a cabo por las instituciones socias de la red. Por lo tanto, los requisitos de hardware y software serán proporcionados por las instituciones socias como parte de su plan de gestión de datos. La primera fase del proyecto se centra en los indicadores mencionados en el Cuadro 5, los cuales ya están siendo implementados y se supone que existen protocolos y métodos estándares para la toma de datos. No obstante, es aconsejable llevar a cabo un inventario de los requisitos de software y hardware para identificar los posibles elementos que faltan en la infraestructura de software y hardware disponibles para los socios.

Inventario del software utilizado por las instituciones involucradas

Como parte de la fase de planificación y desarrollo del proyecto, se debe hacer un inventario del software utilizado por los miembros de la red. Esto incluye un inventario de los protocolos de los indicadores, la recopilación, análisis y almacenamiento de los datos. El objetivo es identificar:

- Si la implementación y los datos actuales corresponden a los estándares establecidos por el proyecto. Esto afecta tanto a las normas de calidad como también a los formatos de datos requeridos.
- El grado en que las tareas son o pueden ser automatizados (esto se refiere a la introducción de datos, control de calidad y análisis de datos) utilizando los programas actuales.
- Mejoras que podría hacerse en la colecta de datos de campo mediante el uso de datos móviles. Si la tecnología de datos móviles va ser incorporada, es importante hacer un inventario del paquete de software requerido (software del móvil + software del servidor para obtener los datos). Es importante considerar las ventajas ofrecidas por las soluciones basadas en la nube y considerar las opciones existentes para movilizar los datos de un software a otro para evitar una dependencia de un único proveedor.
- Necesidades y oportunidades para una mayor integración de softwares entre los diferentes pasos del ciclo de datos.
- Estar atentos a problemas técnicos que obstaculicen el intercambio eficiente de datos lo cual podría exigir la construcción de herramientas (en línea) que faciliten el intercambio de datos (subida de datos, generación de metadatos, control de calidad).
- Capacidades existentes y la necesidad de desarrollar nuevas capacidades en el uso de softwares requeridos, incluyendo su mantenimiento (TI). Es necesario conocer la infraestructura disponible para el almacenamiento y respaldo de datos y comprobar si cumplen con los estándares de calidad y con los objetivos a largo plazo del proyecto.
- Prácticas y protocolos actuales de la creación de metadatos y si cumplen con los estándares de metadatos necesarios establecidos por el proyecto.

Cabe resaltar la importancia de considerar todos los puntos anteriores en los convenios de intercambio de datos entre las instituciones y el Ministerio de Medio Ambiente.

Inventario del hardware utilizado y requerido por las instituciones involucradas

Requisitos que deben de tomarse en cuenta a la hora de seleccionar el hardware adecuado para las instituciones:

- Las instituciones serán responsables de colectar los datos, almacenarlos y analizarlos así como de subirlos a la base de datos de la red.
- El Ministerio de Medio Ambiente será responsable del mantenimiento de la plataforma de la base de datos que contiene: (1) los metadatos y enlaces a los diferentes conjuntos de datos/bases de diversas instituciones y (2) resumen de la información y resultados de los indicadores muestreados.
- Con base en los dos puntos anteriores, un inventario deberá ser implementado independientemente de las limitantes que existen para la ejecución del monitoreo y de la capacidad del hardware disponible para que las instituciones almacenen los datos.

Requisitos de software y hardware para el equipo técnico de coordinación

El proyecto será coordinado por un equipo de especialistas designados por el Ministerio de Medio Ambiente (Figura 3). Este equipo incluirá a especialistas en el ámbito de la ecología marina, ecología terrestre, ecología de agua dulce, hidrología y climatología. Además se incluirá un grupo de especialistas técnicos, con un profesional en el manejo de las bases de datos, un administrador Técnico de la red y un experto en sensores remotos y SIG. A continuación se describen las responsabilidades generales del equipo, con el objetivo de identificar los requisitos de software y hardware correspondientes a cada uno de los miembros del equipo. Es recomendable hacer un inventario de las capacidades requeridas que necesitará el equipo.

Figura 3. Equipo de Coordinación de la Red

Especialistas en el tema

Los especialistas serán responsables de la coordinación de las actividades de monitoreo, incluyendo la colección y análisis de los datos con los miembros de la red. Además, estarán encargados de hacer un resumen de los resultados y comunicar los resultados al Ministerio y a las otras partes interesadas en un tiempo definido.

Requisitos de Hardware: computadores personales estándar de escritorio o portátiles.

Requisitos de Software: Office, navegadores, softwares, programas estadísticos, un software que permita el acceso a las bases de datos (software especializado o través de una interfaz en la web) y un software en SIG para acceder a datos espaciales.

Coordinador nacional de la red

El Coordinador Nacional tendrá como responsabilidades las relaciones interinstitucionales en relación a coordinaciones y negociaciones. Tendrá como responsabilidad la ampliación de la red, el posicionamiento y crecimiento estratégico, las relaciones con la comunidad nacional y la representación de la misma ante foros y comités nacionales.

Administradores de las bases de datos

El administrador de las bases de datos será responsable de construir o supervisar la construcción del sistema de manejo de la base de datos, donde serán almacenados los datos colectados por el proyecto y de la construcción de la infraestructura para el intercambio de datos entre las instituciones involucradas. Además, tendrá que proporcionar soporte al administrador de la red en la construcción de un portal web que proporcione acceso a los datos y a la información generada por el proyecto.

Requisitos de hardware: computador o portátil estándar más un servidor de datos. Las especificaciones del servidor de los datos dependerán de la memoria requerida, pero debe ser capaz de manejar grandes conjuntos de datos espaciales. Por ejemplo, los requisitos mínimos para un servidor de datos para ejecutar el servidor de ArcGIS, son una memoria RAM de 4-8 GB y 5.5 GB de espacio disponible en el disco (esto no incluye el espacio de almacenamiento de los datos) (http://server.arcgis.com). Otros grupos de software tendrán requisitos de software similares. Ver el capítulo de soluciones en la nube en relación con soluciones IAAS y SAAS.

Instalaciones de respaldo: Un respaldo de la base de datos es de vital importancia; idealmente deberían haber varias copias de respaldo de los datos. El respaldo podría estar en la nube, en un servidor físico en múltiples lugares, en otras instituciones involucradas en la red o en una combinación de los tres.

Requisitos de software: El software requerido para la base de datos (depende de los DBMS seleccionados para este proyecto) y herramientas para el manejo de la base de datos.

Administrador de SIG / Sensores Remotos (RS)

Se espera que los análisis de los datos espaciales se realicen en su mayoría por los socios del proyecto. Las responsabilidades del administrador SIG/RS consistirán en: (1) coordinar diferentes actividades de SIG/RS de las instituciones, (2) combinar los diferentes conjuntos de datos espaciales y los productos entregados por las instituciones asociadas y (3) resumir la información colectada a través de mapas y otros productos directamente útiles para los tomadores de decisiones y otros grupos de interés.

Requisitos de hardware: una estación de trabajo con mucha potencia. En el Cuadro 16 se mencionan los requisitos mínimos para poder ejecutar ArcGIS.

Requisitos de software: softwares de SIG, entre ellos ArcGIS e IDRISI proporcionan soluciones adecuadas.

Administrador técnico de la red

Las funciones del administrador de la red consistirán en proporcionar la infraestructura de la red y las herramientas necesarias para: (i) apoyar el intercambio de datos entre las instituciones y el Ministerio de Medio Amiente y (ii) mantener un sitio web/portal para compartir datos e información con distintos actores, en particular con el público en general.

Requisitos de hardware: computadora personal más un servidor (similar al servidor de datos mencionado anteriormente, o un servidor de red independiente que reúna los datos desde un servidor de la base de datos). El hardware debe soportar un servidor de mapeo en la web.

Requisitos de software: (1) sistema de gestión de contenido web (WCMS), (2) softwares para crear mapas en línea, incluyendo software de mapas del servidor (por ejemplo, Geoserver, Mapserver o servidor de ArcGIS) y las herramientas para construir aplicaciones de mapas en la web (por ejemplo, OpenLayer, Leaflet, Google Maps API).

Asesoría legal

La Red debe contar con una Asesoría Jurídica de tiempo parcial que aporte principalmente en el desarrollo de los convenios de intercambio de datos y otros requerimientos normativos.

Cuadro 16. Requisitos de hardware para ArcGIS

Hardware	Apoyado y recomendado
Velocidad de CPU	2.2 GHz mínimo ; Hyper-threading (HHT) o Multi-core
Plataforma	x86 o x64 con extensiones de SSE2
Memoria/RAM	2 GB mínimo o se recomienda de 8 GB
Propiedades de visualización	24-bit profundidad de color
Resolución de pantalla	1024 x 768 mínimo recomendado a tamaño normal (96 dpi)
Espacio de intercambio (*swap space*)	Determinado por el sistema operativo; 500 MB mínimo.
Espacio del disco	2.4 GB
	Se puede llegar a necesitar hasta 50 MB de espacio en el disco en el directorio de sistema de Windows (normalmente C:\Windows\System32). Se puede ver la necesidad de espacio en disco para cada uno de los componentes 10.3 en el programa de instalación.
	Si se utiliza ArcGlobe, puede ser necesario espacio de disco adicional. ArcGlobe creará archivos de cache cuando se utiliza.
Adaptor de video/gráficos	64 MB RAM mínimo, 256 MB RAM o se recomienda más de esto. NVIDIA, ATI, y Intel chipsets apoyado.
	Acelerador de gráficos capaz de 24-bit
	Se requiere OpenGL versión 2.0 de tiempo de ejecución mínimo, y se recomienda Shader Model 3.0 o más.
	Asegurarse de utilizar el controlador más reciente disponible.
Hardware de networking	Una TCP/IP, Network Card, o Microsoft Loopback Adapter simple es necesario para el administrador de licencias.

Basado en: http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/get-started/system-requirements/arcgis-desktop-system-requirements.htm).

Elementos finales para el diseño final e implementación de la Red de Monitoreo de Biodiversidad y Cambio Climático

La necesidad de una red de monitoreo de la biodiversidad

Chile presenta una geografía extremadamente variada, marcada estructural y funcionalmente por la presencia Los Andes, La Cordillera Costera, el Desierto de Atacama, el Océano Pacífico y el Continente Antártico. El país posee una enorme longitud y una extensa e intrincada zona costera y marina, además de un elevado gradiente altitudinal, que va de cerca de los 7000 m en Los Andes para descender abruptamente hasta el nivel del mar y luego profundizar hacia

los fondos marinos. Por estas razones Chile está dotado de una gran diversidad de ecosistemas terrestres, marinos, costeros, de aguas continentales e insulares, los cuales, además, presentan importantes grados de endemismo. Una amplia proporción del país se ubica, de hecho, en el denominado hotspot de Lluvias Invernales y Bosque Templado Lluvioso. Otra parte se ubica en el Hotspot de Los Andes Tropicales[6].

Así también, Chile posee una amplia red de áreas protegidas terrestres y está avanzando de manera importante en la incorporación de ecosistemas marinos a las áreas protegidas. Este sistema, que aún presenta déficits de protección, resguarda un patrimonio natural de enorme valor estratégico para el país, tanto en el presente como en el futuro. En un contexto de presiones crecientes, derivadas del cambio global, y claramente reconocidas por las instancias nacionales[7] y globales[8], esta biodiversidad resguardada en las áreas protegidas es un mecanismo esencial de adaptación. Por último, Chile constituye un laboratorio natural único para el monitoreo de la biodiversidad. En consecuencia, es de vital importancia para el país, evaluar periódicamente la condición (salud) de la biodiversidad nacional, especialmente en un contexto de presiones antropogénicas crecientes.

A lo anterior hay que agregarle que La población chilena depende de la biodiversidad en múltiples formas, tanto al nivel nacional, como regional y local. La economía de Chile está vinculada fuertemente a la salud y estado de conservación biodiversidad. En efecto, la Biodiversidad es una componente transversal relacionada directa o indirectamente con las actividades productivas y sectoriales del país. Entre tales actividades cabe mencionar la pesca, la agricultura, el sector forestal, la ganadería, la minería, el transporte, el desarrollo urbano, la gestión de residuos, la industria, la generación de energía, la salud, el suministro de agua, la gestión de riesgos, entre otros. Algunas actividades se basan en la extracción de especies con valor económico las cuales son luego comercializadas como alimentos o materias primas de procesos productivos (pesca, agricultura, sector forestal), otras dependen de los llamados “servicios ecosistémicos”, tales como la producción de agua para procesos industriales (minería, energía, industria). Algunas se sustentan en la belleza escénica y en la diversidad de paisajes (turismo, salud, actividades al aire libre, deportes, recreación). Las actividades sectoriales generalmente se materializan a través de proyectos de desarrollo e intervenciones que frecuentemente presionan o amenazan los espacios naturales ricos en biodiversidad. Estas presiones y amenazas sobre las especies y los ecosistemas pueden verse agravadas considerando los efectos futuros del cambio climático y del crecimiento demográfico. En tal sentido, es del todo pertinente dotarse de una red de monitoreo de la biodiversidad que posibilite conocer periódicamente su condición y permita una toma de decisiones oportuna, transparente y con conocimiento de causa por parte de la política pública, respecto de su conservación y uso sustentable. Su ausencia equivale a tomar decisiones inciertas y sesgadas.

Esta red no sólo sería útil para la institucionalidad ambiental pública sino también para un conjunto de actores involucrados en el desarrollo de proyectos e intervenciones privadas, sujetos a estándares ambientales y escrutinios sociales cada vez más exigentes.

Tomando en cuenta las constataciones referidas, y, además, el hecho que el país posee un conjunto de instituciones públicas y académicas robustas, resulta paradójico que Chile no cuente con una red integral de monitoreo de su

6 http://www.conservation.org/How/Pages/Hotspots.aspx

7 Estudio MMA-Universidad de Chile (2013), en marco del Plan de adaptación para la conservación de la Biodiversidad. Informa sobre el estrés climático al que se verá sometida los ecosistemas en escenarios climáticos al 2030 y 2050. Por su parte, el trabajo de MMA-IEB (2010), sobre vulnerabilidad de la biodiversidad mediterránea al cambio climático, reporta sobre posibles desplazamientos de ecosistemas y especies en escenarios de cambio climático. Por su parte, el Estudio MMA-IEB (2013) da cuenta del estado de conservación de los ecosistemas chilenos, indicando que cerca del 55% se encuentra con algún grado de amenaza.

8 Perspectivas de la Biodiversidad al 2050 (OCDE), Biodiversity Outlook de la Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica.

biodiversidad. Hasta la fecha, las acciones de evaluación efectuadas desde la política pública responden más bien a requerimientos puntuales, caso a caso, que a una lógica sistemática y estandarizada de monitoreo. Existe una gran dispersión de esfuerzos que no es compatible con los requerimientos actuales, con nuestra condición de país OCDE[9] y con los marcos jurídicos que nos rigen. En relación con los mandatos del MMA, cabe mencionar aquellos provenientes del artículo 70 de la Ley 19300, en sus letras j, k, ñ y u, los que no se pueden ejecutar, o bien ello es sólo posible muy parcialmente, en ausencia de una red de monitoreo de la biodiversidad[10].

Marco normativo relacionado a la Red de Monitoreo

El marco normativo relacionado a la gestión de información de biodiversidad inicia con la lectura del Artículo 1 de la Ley No 20285. Acceso de Información Pública publicada en agosto del 2008 el cuál menciona como objetivo: *Regular el principio de transparencia de la función pública, el derecho de acceso a la información de los órganos de la Administración del Estado, los procedimientos para el ejercicio del derecho y para su amparo, y las excepciones.* Así mismo la Ley N° 19.300. Sobre Bases Generales del Medio Ambiente señala el mandato de *Mantener un sistema nacional de información ambiental, desglosada regionalmente, de carácter público*. En este aspecto la Red de Monitoreo de la Biodiversidad constituiría la fuente principal de la información que debería alimentar el sistema nacional de información ambiental.

A lo anterior se debe adicionar lo planteado en el Proyecto de Ley[11] que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y que en su Artículo 4° referido al Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas señala: *Créase el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas como un servicio público funcionalmente descentralizado, dotado de personalidad jurídica y de patrimonio propio, sujeto a la súper vigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente* y que dentro de sus funciones y atribuciones (Artículo 6) estaría; *(a) Implementar redes de monitoreo para conocer el estado de conservación de la biodiversidad del país y sus componentes, de manera sistemática y gradual; (b) Elaborar informes sobre el estado de la biodiversidad, como insumo al informe sobre el estado del medio ambiente y el reporte consolidado que debe elaborar el Ministerio del Medio Ambiente; (c) Elaborar y administrar los inventarios de especies y de ecosistemas marinos, terrestres y acuáticos continentales*.

9 Algunas recomendaciones de la Evaluación de Desempeño Ambiental (OCDE-CEPAL, 2005), si bien no lo señalan de manera explícita, claramente requieren de una red de monitoreo de la biodiversidad. Así, por ejemplo, la **Recomendación 17** señala: Hacer más énfasis en el manejo del agua para la protección de los ecosistemas acuáticos; mejorar la integración de las consideraciones ambientales en el manejo del agua estableciendo un régimen sólido para los caudales ecológicos mínimos y normas biológicas sobre la calidad del agua. Por su parte la **Recomendación 50 indica:** Dar continuidad a las iniciativas nacionales y bilaterales en las áreas de investigación, seguimiento y manejo sustentable de los ecosistemas marinos (pesquerías sustentables, prevención de contaminación marina, entre otros); fortalecer la prevención de los vertidos de petróleo y las capacidades de mitigación.

10 Artículo 70 Ley 19300: j) Elaborar y ejecutar estudios y programas de investigación, protección y conservación de la biodiversidad, así como administrar y actualizar una base de datos sobre biodiversidad.
k) Elaborar los estudios necesarios y recopilar toda la información disponible para determinar la línea de base ambiental del país, elaborar las cuentas ambientales, incluidos los activos y pasivos ambientales, y la capacidad de carga de las distintas cuencas ambientales del país.
ñ) Elaborar cada cuatro años informes sobre el estado del medio ambiente a nivel nacional, regional y local. Sin embargo, una vez al año deberá emitir un reporte consolidado sobre la situación del medio ambiente a nivel nacional y regional. Estos informes incluirán datos sobre la calidad del medio ambiente, así como un resumen ejecutivo que sea comprensible para el público en general.
u) Administrar la información de los programas de monitoreo de calidad del aire, agua y suelo, proporcionada por los organismos competentes, cuando corresponda.

11 Boletín N° 9.404-12. Proyecto de ley, iniciado en mensaje de S.E. la Presidenta de la República, que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Mensaje N° 161-362

Además, norma que *El Servicio elaborará y administrará inventarios de ecosistemas, los cuales constituirán un instrumento de gestión para el monitoreo de la biodiversidad y la planificación territorial. Estos tendrán carácter permanente y público y deberán actualizarse cada cuatro años; que Dichos inventarios considerarán los ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos continentales, incluidos los humedales;* y *que Respecto de los inventarios de glaciares, que administra la Dirección General de Aguas, el Servicio podrá utilizar dicha información para priorizar la gestión e implementar medidas de conservación sobre glaciares* (Artículo 67. Inventarios de ecosistemas). *También señala que El Servicio mantendrá un inventario de especies de plantas, algas, hongos y animales, de carácter permanente y público* (Artículo 68. Inventario de especies).

Finalmente en el Artículo 69 (Requerimiento de información) se señala que *El Servicio podrá requerir a otros órganos de la Administración del Estado, incluido el Ministerio del Medio Ambiente, la información necesaria para elaborar y mantener los inventarios actualizados.* A la vez establece que *El Servicio implementará sistemas de monitoreo y de seguimiento ambiental de los ecosistemas terrestres, marinos y acuáticos continentales, así como de las especies* (Artículo 79. Sistemas de monitoreo y seguimiento ambiental de la biodiversidad) y señala que *El Servicio colaborará con el Ministerio del Medio Ambiente en la elaboración de un informe sobre la condición de los ecosistemas en el país. Dicho informe integrará la información aportada por todos los servicios competentes* (Artículo 80. Informes sobre estado de los ecosistemas)

Dimensiones de la Red de Monitoreo

La implementación de la red de monitoreo implica reconocer que esta debe ser construida a partir de una Dimensión Organizacional, Tecnológica y de Función.

En la Dimensión Organizacional se reconoce que la Red es multisectorial cuyos socios cooperan en la toma, el análisis y la difusión de información sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. En la Dimensión Tecnológica el Sistema de Información deberá ser multisecular para la captura, el monitoreo y el análisis de datos geo-referenciados con capacidad predictiva y de alerta temprana sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, incluyendo futuros escenarios climáticos. En relación a la función debe ser una herramienta estratégica para:

- La toma de decisiones en materia de políticas públicas e iniciativas privadas, y manejo de conservación y protección de la biodiversidad a nivel de especies y ecosistemas (sector público (p.e.: servicio de biodiversidad y áreas protegidas); sector privado, ONG)
- La generación de conocimiento mediante la evaluación de la información disponible y la identificación y dirección de estudios nuevos (sector académico)
- Orientar la toma de decisiones en materia de estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático (sector público, privado, productores locales)

Objetivos de la Red

El proceso de implementación de la Red llevara necesariamente a la discusión de sus objetivos, no obstante se sugieren los siguientes para comenzar la discusión acerca de las metas y objetivos de la Red.

- Contribuir con información periódica y estandarizada para cálculo de indicadores sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos del país en un contexto de cambio climático.
- Proporcionar señales (alerta temprana) respecto de la situación vulnerabilidad de la biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, en escenarios de cambio climático, y generar orientaciones de manejo a diversos sectores productivos y del ámbito público.
- Poner a disposición zonificaciones y antecedentes que guíen la toma de decisiones sobre el emplazamiento de proyectos públicos y privados.
- Proporcionar bases de información para el diseño o actualización de planes de manejo de áreas protegidas.
- Contribuir al monitoreo del impacto de determinados proyectos y al seguimiento de las medidas de restauración, mitigación y compensación asociadas.
- Identificar ecosistemas o especies que requieren medidas particulares de protección.
- Evaluar el impacto de la Política pública en biodiversidad y proponer orientaciones para mejorar su efectividad.
- Contribuir al monitoreo global de la biodiversidad en el contexto de la adaptación al cambio climático.
- Identificar de áreas sinérgicas con alto potencial de secuestro de carbono
- Difundir y crear conciencia pública.

Principios marco de la Red

Al igual que los objetivos durante la implementación se deberán establecer Principios para el diseño y futuro de la implementación para lo cual se sugieren los siguientes:
Asentada en la Institucionalidad Ambiental.

- Orientada a objetivos de política pública en Biodiversidad y Cambio CLimático.
- Crecimiento gradual y mejoramiento continuo.
- Interoperabilidad a diferentes niveles y escalas, sobre la base de estándares y criterios claros. Local, regional, nacional, internacional. Intersectorial.
- Calidad conocida en distintas etapas. Trazabilidad.
- Captura de las iniciativas existentes que sean viables, costo/efectivas y colaborativas. No reinventar la rueda.
- Certidumbre respecto de disponibilidad/periodicidad de información.
- Cooperación transparente y bajo protocolos definidos.

Tareas de la Red

La ejecución de las tareas es organizada y liderada por la Unidad de Coordinación con la colaboración de los socios (Figura 4). Entre las tareas identificadas hasta ahora están:

- Revisa los indicadores, sugiere indicadores nuevos y supervisa su formalización
- Identifica líneas de investigación para nuevos indicadores
- Identifica requerimientos de implementos, equipos, hardware, software, para mejorar la adquisición de datos en terreno, facilitar el tratamiento de la información y la restitución
- Promueve las coordinaciones y arreglos institucionales para las transferencias y uso compartido de la información
- Adquisición de datos primarios en terreno

- Almacenaje de datos
- Procesamiento, análisis y meta-análisis de datos
- Generación de productos oficiales basados en indicadores (tablas, mapas, gráficos),
- Generación de reportes institucionales o insumos para información oficial
- Generación de recomendaciones para la Toma de decisiones
- Compartir información
- Difundir información
- Entre otros.

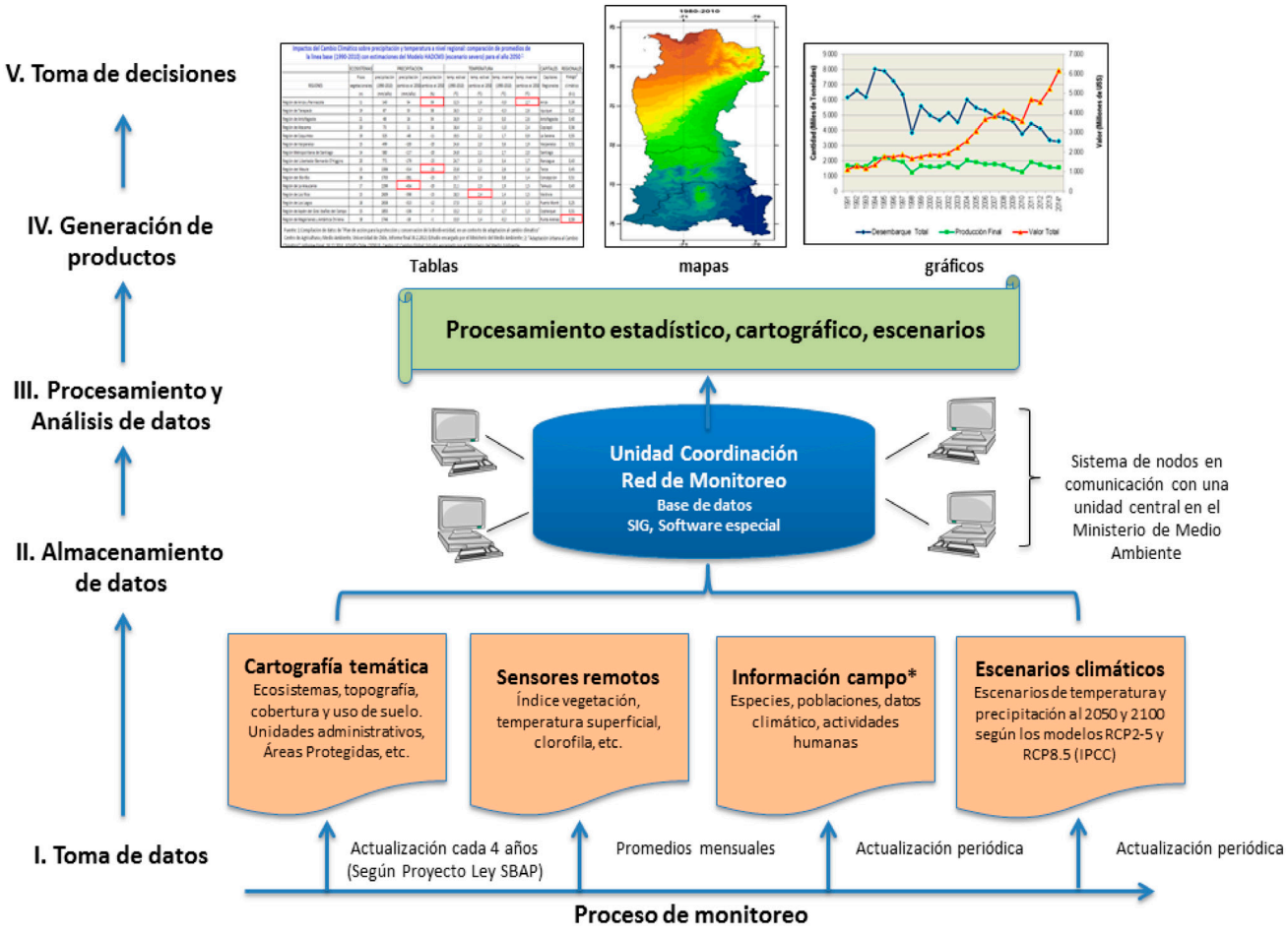


Figura 4. Proceso de monitoreo y tareas de la Red Institucional de Monitoreo de la biodiversidad y cambio climático

Socios potenciales

Durante el proceso desarrollado diversas Instituciones públicas y Académicas participaron activamente en las discusiones técnicas mostrando a la vez una apertura para ser parte de la red, no obstante, manifestaron una serie de condiciones y pasos que deberían cumplirse para formalizar su participación entre las que encuentran:

a. Se debe crear un comité de coordinación central para que la red empiece a funcionar
b. Es necesario definir el modelo de gobernanza que va a adquirir la red de monitoreo y especificar cómo el ente coordinador realizará la organización de la red, el cual debe ser de carácter adaptativo y con una estructura flexible.
c. Se debe trabajar con convenios o acuerdos firmados entre instituciones para que el traspaso de datos sea más eficiente y menos burocrático, preferiblemente con acuerdos a largo plazo con el fin de seguir un proceso continuo de intercambio de información
d. Los protocolos entre las instituciones y el MMA deberán ser específicos e individualizados a nivel institucional. A pesar que los datos son públicos, cada institución tiene restricciones en cuanto a la difusión y uso de los datos
e. Es importante clarificar cuáles son las instituciones oficiales de los datos que se muestrean (criterio de oficialidad). El MMA debe tener la capacidad de atraer e incluir dentro de la red a aquellas instituciones que manejan datos
f. Es importante que la información colectada dentro de la red tenga un respaldo legal para la toma de decisiones y que sus resultados sean vinculantes con la política pública con el fin de orientar decisiones
g. Se deben personas focales o un comité de seguimiento de cada institución que permita darle seguimiento a las decisiones tomadas por la red y continuidad al proceso de formación de la red
h. La red debe trabajar en la inclusión no solo de las instituciones de gobierno y la academia sino también de la sociedad civil que hace gestión de biodiversidad

Socios públicos

Ministerio del Medio Ambiente (MMA), División de Recursos Naturales Renovables y Biodiversidad (DRNRD-MMA): Órgano del Estado encargado de asesorar al ministro y al ministerio en materias relacionadas con la conservación de la biodiversidad. Genera alineamiento y acciones para la protección, conservación, uso sustentable y el manejo de los recursos naturales de manera sustentable tanto en el territorio como en aguas continentales y marinas. Colabora con los organismos competentes en la formulación de las políticas ambientales para el manejo, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales renovables e hídricos y la preservación de la naturaleza (www.portal.mma.gob.cl/). Es el principal órgano en materia de generación y reporte de información ambiental a nivel público nacional, incluida aquella referida a biodiversidad y cambio climático. Además es la instrucción bajo cuyo alero se encontrará el futuro Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, que contempla entre sus atribuciones el desarrollo de sistemas de monitoreo de la biodiversidad. Por lo tanto es el ente que lidera la red hasta que esta se consolide en el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas.

Instituto Forestal de Chile (INFOR): Instituto Tecnológico de Investigación del Estado de Chile, adscrito al Ministerio de Agricultura, el cual tiene como objetivo *"Crear y transferir conocimientos científicos y tecnológicos de excelencia para el uso sostenible de los recursos y ecosistemas forestales, el desarrollo de productos y los servicios derivados; así como, generar información relevante para el sector forestal, en los ámbitos económico, social y ambiental*". Entre sus Áreas de investigación esta: i) Inventario y Monitoreo de Ecosistemas Forestales, ii) Información y Economía Forestal, iii) Silvicultura y Manejo de ecosistemas forestales nativos y exóticos y iv) Tecnología y Productos de Madera (www.infor.gob.cl/)

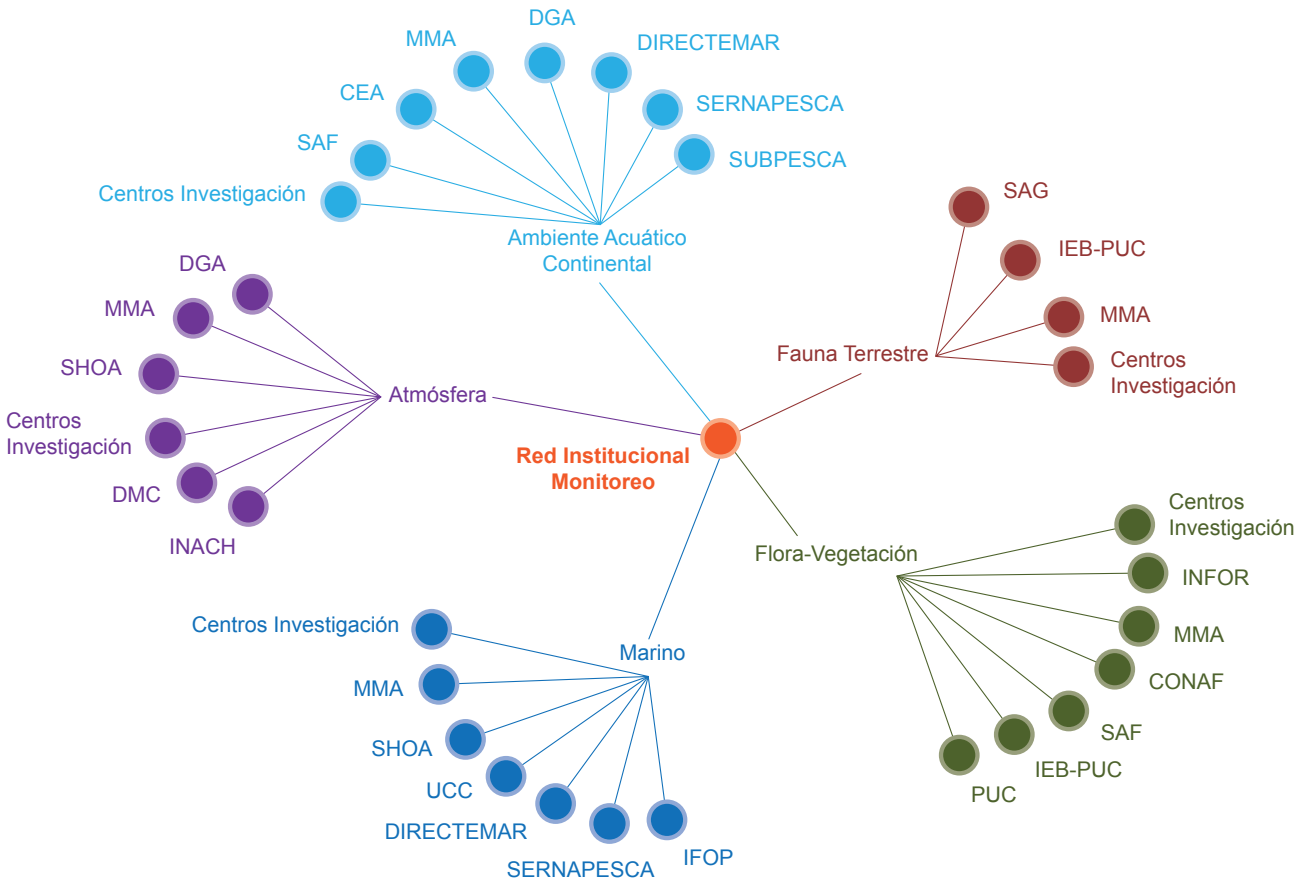


Figura 5. Red Institucional de Monitoreo de la biodiversidad y cambio climático potencial

Servicio Aero fotogramétrico-Fuerza Aérea de Chile (SAF): Organismo técnico y oficial del Estado para la obtención y procesamientos de imágenes en el ámbito aeroespacial. Se encuentran a la vanguardia en el uso y operación de sistemas remotos para la captura de datos y en el procesamiento y difusión de imágenes e información geoespacial, posibilitando el análisis y toma de decisiones, tanto para la defensa como para otros ámbitos del desarrollo nacional. Dentro de las funciones del servicio se encuentran: (1) Concentra sus esfuerzos en la generación de productos y entrega de servicios vinculados con la Percepción Remota y en especial con la aerofotogrametría y cartografía aeronáutica; (2) Tomar fotografías del territorio nacional; (3) Elaborar la cartografía aeronáutica del país; (4) Efectuar trabajos Aero fotogramétricos y mantener un archivo con más de 600 mil fotogramas aéreos (www.saf.cl/).

Corporación Nacional Forestal (CONAF): Entidad de derecho privado dependiente del Ministerio de Agricultura, cuya principal tarea es administrar la política forestal de Chile y fomentar el desarrollo del sector. Su misión es: *"Contribuir al manejo sustentable de los bosques nativos, formaciones xerofíticas y plantaciones forestales mediante las funciones de fomento, fiscalización de la legislación forestal-ambiental y la protección de los recursos vegetacionales, así como a la conservación de la diversidad biológica a través del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, en beneficio de la sociedad"* (www.conaf.cl/).

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG): Organismo oficial del Estado de Chile, encargado de apoyar el desarrollo de la agricultura, los bosques y la ganadería, a través de la protección y mejoramiento de la salud de los animales y vegetales. Realiza además, acciones para conservar y mejorar los recursos naturales renovables, que afectan la producción agrícola, ganadera y forestal, preocupándose de controlar la contaminación de las aguas de riego, conservar la flora y fauna silvestre y mejorar el recurso suelo, con el fin de prevenir la erosión y mantener su productividad (www.sag.cl/).

Instituto de Fomento Pesquero (IFOP): Corporación de Derecho Privado, sin fines de lucro, cuyo rol público es apoyar al desarrollo sustentable del sector pesquero y acuícola del país. El IFOP promueve que el Estado cuente con: (1) Información necesaria para administrar y regular la captura de los recursos; (2) Establecer un manejo integrado de las pesquerías; (3) Desplegar un modelo de gestión y asistencia técnica; (4) desarrollar una acuicultura y pesca sustentable; (5) Resguardar el patrimonio científico documental (www.ifop.cl/).

Servicio Hidrográfico Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA): Organismo oficial del Estado en materias de hidrografía, oceanografía y cartografía náutica. Es además la autoridad a cargo de fijar la hora oficial de Chile. Tiene por misión proporcionar los elementos técnicos, las informaciones y la asistencia técnica, destinados a dar seguridad a la navegación, sea ésta, fluvial, lacustre o marítima. Contribuye al desarrollo y fomento de otras actividades afines, tales como las investigaciones oceanográficas, que sean de interés para el país, la que desarrolla y promueve para establecer los diferentes fenómenos que se producen en el ambiente marino (www.shoa.cl/).

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA): Organismo público chileno dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, y cuya misión es fiscalizar el cumplimiento de las normas pesqueras y de acuicultura, proveer servicios para facilitar su correcta ejecución y realizar una gestión sanitaria eficaz, a fin de contribuir a la sustentabilidad del sector y a la protección de los recursos hidrobiológicos y su medio ambiente (www.sernapesca.cl/).

Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR): Organismo de la Armada de Chile, mediante el cual el Estado ya nombrado cautela el cumplimiento de las leyes y acuerdos internacionales vigentes en relación al territorio marítimo chileno, para proteger la vida humana en el mar, el medio ambiente, los recursos naturales y regular las actividades que se desarrollan en el ámbito acuático de su jurisdicción, con el propósito de contribuir al desarrollo marítimo de Chile (www.directemar.cl/).

Dirección General de Aguas-Ministerio de Obras Públicas (DGA): Organismo del Estado encargado de promover la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación eficiente; y proporcionar y difundir la información generada por su red hidrométrica y la contenida en el Catastro Público de Aguas, con el objeto de contribuir a la competitividad del país y mejorar la calidad de vida de las personas. Sus funciones son; (1) Planificar el desarrollo del recurso hídrico en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento; (2) Constituir derechos de aprovechamiento de aguas; (3) Investigar y medir el recurso hídrico; (4) Mantener y operar el servicio hidrométrico nacional, proporcionar y publicar la información correspondiente (5) Propender a la coordinación de los programas de investigación que corresponda a las entidades del sector público, así como de las privadas que realicen esos trabajos con financiamiento parcial del Estado (6) Ejercer la labor de policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación; (7) Supervigilar el funcionamiento de las Organizaciones de Usuarios, de acuerdo con lo dispuesto en el Código de Aguas (www.dga.cl/).

Dirección meteorológica de Chile (DMC): La Dirección Meteorológica de Chile es organismo dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil, es el ente responsable del quehacer meteorológico en el país, cuyo propósito es satisfacer las necesidades de información y previsión meteorológica de todas las actividades nacionales. Sus funciones son; (1) Realizar actividades de investigación, conducentes al desarrollo y aprovechamiento de la meteorología en todos los campos de la actividad nacional; (2) Participar conjuntamente con organismos de gobierno, en el estudio de las aplicaciones de la meteorología en los distintos ámbitos del quehacer nacional; (3) Establecer y mantener relación con organismos meteorológicos de otros países e instituciones científicas internacionales, con el fin de optimizar la gestión y proyección de la Dirección Meteorológica de Chile en el exterior; (4) Supervisar técnicamente los Centros Meteorológicos Regionales; y (5) Administrar el Banco Nacional de Datos Meteorológicos (http://www.meteochile.gob.cl/).

I**nstituto Antártico de Chile (INACH):** Este Instituto tiene como Misión Cumplir con la Política Antártica Nacional, incentivando el desarrollo de la investigación científica, tecnológica y de innovación en la Antártica, siguiendo cánones internacionales, participando efectivamente en el Sistema del Tratado Antártico y foros internacionales relacionados, fortaleciendo a Punta Arenas como puerta de entrada al Continente Blanco, realizando acciones y actividades de divulgación y valoración del conocimiento antártico en la comunidad nacional, y asesorando a la autoridad en materias antárticas (http://www.inach.cl/).

Servicio Nacional de Geología y Minería: "El Servicio Nacional de Geología y Minería es el organismo técnico a cargo de generar y disponer de información de geología básica y de recursos y peligros geológicos del territorio nacional, para el bienestar de la ciudadanía y al servicio de los requerimientos del país, y de regular y fiscalizar el cumplimiento de estándares y normativas en materia de seguridad y propiedad minera, para contribuir al desarrollo de una actividad minera sustentable y socialmente responsable"(http://www.sernageomin.cl/

Sector académico: La participación de la Academia en el desarrollo de la Red de monitoreo se vuelve fundamental en aspectos como la definición y desarrollo de metodologías de los indicadores que así lo requieren, el desarrollo de herramientas para el reanálisis de datos históricos así como el desarrollo de escenarios futuros basado en el cambio probable futuro del clima. A la vez, es fundamental que con el establecimiento de prioridades de investigación por parte de la red se promueva dentro de los entes responsables de asignar fondos estatales el acceso a investigadores de la Academia para que apoyen el desarrollo de la Red. Centros como el El Instituto Milenio de Ecología y Biodiversidad (IEB) de la Universidad de Chile y los Centros de Investigación de la Universidad Católica de Chile que acompañaron esta primera fase del proceso constituyen actores fundamentales para el desarrollo de la Red, sin quitar el merito de la inclusión de Centros Academicos del país que se quieran integrar en el futuro cercano al desarrollo de la Red.

Sector privado y No Gubernamental: El desarrollo en el corto plazo debe involucrar al sector privado y no gubernamental ya que se vuelve fundamental principalmente porque queda pendiente el desarrollo de indicadores de la parte sociocultural ya que durante el proceso de esta primera fase si bien el 100% de los entrevistados considera que los indicadores socioculturales son necesarios, se propusieron muy pocos tipos de indicadores posibles de incorporar a la red, lo que deja fuera una gran gama de información respecto a percepción y gestión sobre la biodiversidad. Es de suma relevancia que la red de monitoreo considere indicadores que permitan hacer seguimiento a las medidas y respuestas que toma la sociedad para conservar y recuperar el medio ambiente. Los indicadores socioculturales son una herramienta clave que permite medir el avance de las políticas públicas implementadas, y evaluar en qué medida estas están cumpliendo el objetivo de promover cambios de actitud frente a la conservación de la biodiversidad.

Relación de la red de monitoreo con otras inciativas dentro del Ministerio de Ambiente

La División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Ambiente se encuentra conceptualizando el Sistema Integrado de Información de Biodiversidad el cuál a su vez estará integrado al Sistema Nacional de Información Ambiental del Ministerio. De tal manera que la Red de Monitoreo de la Biodiversidad y Cambio Climático viene a constituirse en parte de ese esfuerzo como un ente que recopila y consolida información pertinente en un marco conceptual para el seguimiento de la biodiversidad y el cambio climático proveniente de otras instituciones, organizaciones, Centros de Investigación y Sociedad. La figura siguiente muestra un diagrama de la posición de la Red dentro de los esfuerzos del Ministerio por consolidar la gestión de Información de biodiversidad.

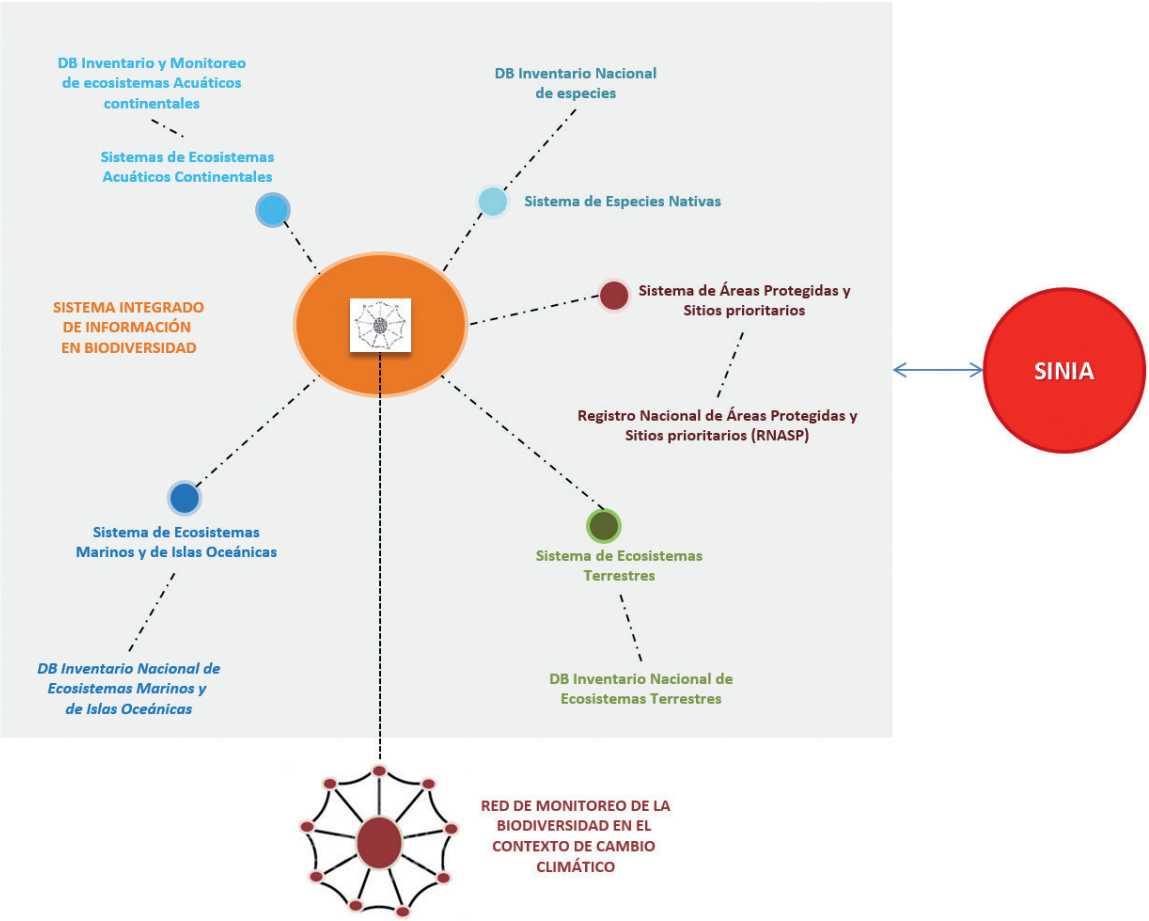


Figura 6. Red de Monitoreo de la biodiversidad y cambio climático dentro del Marco del Sistema Integrado de Información en Biodiversidad

Conclusiones y Recomendaciones

Gobernanza de la Red

- La red de monitoreo debe tener como base: 1) Una institucionalidad, conformada por varias instituciones con roles definidos; 2) Una planificación con visión y objetivos claros; 3) Aspectos logísticos desarrollados para la búsqueda, adquisición y clasificación de la información; 4) Análisis de los indicadores (generación, estandarización y homologación de s datos y elaboración de informes); y 5) Una difusión de los resultados de la red enfocado a la toma de decisiones, formulación y evaluación de proyectos.
- Se recomienda que los convenios institucionales para el intercambio de información dentro de la red entre el MMA y las instituciones participantes sean específicos para cada institución involucrada en la red de monitoreo por la diferenciación que existe en los mandatos legales.

- La red debe tener entre sus objetivos el fortalecimiento organizacional entre y dentro de las instituciones involucradas.
- Se recomienda que la información colectada no quede en manos de una sola entidad
- Para una mejor gestión y consolidación de la Red se recomienda la conformación de un comité coordinador entre entes públicos y privados y que a a vez cuente con un comité científico responsable de velar por la calidad de los datos y brinde asesoría de alta calidad
- A nivel Institucional de los miembros de la red se recomienda nombrar personas focales o un comité de seguimiento de cada institución que permita darle seguimiento a las decisiones tomadas por la red y apoyar el proceso de formación y consolidación de la red
- Las Instituciones miembros de la Red deben de mostrar un compromiso de participación a largo plazo
- Es importante considerar que las conclusiones derivadas del análisis de información por parte de la red tenga una normativa legal que la vincule a la la toma de decisiones y que sus resultados sean vinculantes con la política pública con el fin de orientar decisiones.
- Es necesario definir el modelo de gobernanza que va a adquirir la red de monitoreo y especificar como el ente coordinador realizará la organización de la red, el cual debe ser de carácter adaptativo y con una estructura flexible.
- Con el fin que exista intercambio entre la política pública y la ciencia, se recomienda que la academia acompañe la consolidación de la Red y que brinde entre otras cosas el apoyo de definición de metodologías de los indicadores
- En la implementación de la Red se debe procurar incluir no solo a la academia o las instituciones del gobierno, sino además, a la sociedad civil.

Intercambio de Información

- Se recomienda además del desarrollo de los protocolos a nivel de indicador, se desarrolle una normativa pública que consolide el intercambio de datos con el fin de asegurar que la información sea utilizada de manera segura, transparente e integral.
- Se recomienda que las instituciones sean las responsables de la revisión, análisis de los datos y del intercambio del indicador y no de los datos crudos
- Los protocolos de intercambio de datos e información entre las instituciones y el MMA deberán ser específicos e individualizados. A pesar que los datos son públicos, cada institución tendrá restricciones en cuanto a la difusión y uso de los datos. Los indicadores deben ser: reproducibles, simples, de bajo costo y que representen el estado de conservación del ecosistema. Los indicadores deben además ser vinculantes con organismos internacionales, con el fin que pueda darse una integración y comparación con otras iniciativas.
- Es importante clarificar cuáles son las instituciones que a nivel de Estado son responsables de los datos oficiales del país (Criterio de oficialidad a nivel de Indicador).
- Se recomienda que la red incluya no solo homologación de datos sino también armonización de datos
- Es importante reflejar de manera clara dentro de los protocolos de intercambio de información, las responsabilidades que van a tener cada actor dentro de la red.
- Se recomienda trabajar en la estandarización de los datos provenientes de distintas instancias, sin descuidar el objetivo propio de cada institución
- Es importante trabajar con convenios o acuerdos firmados entre instituciones para que el traspaso de datos sea más eficiente y menos burocrático, preferiblemente con acuerdos a largo plazo con el fin de seguir un proceso continuo de intercambio de información.

Gestión de datos e Indicadores

- La biodiversidad de Chile ha sido estudiada ampliamente, sin embargo, muchos de los datos disponibles de diversidad en el país, se basan en estudios puntuales realizados a nivel local o regional, por lo que es difícil usarlos como datos de línea base para la red de monitoreo.
- Con base en las experiencias de las distintas instituciones que realizan monitoreo, se concluye que las fichas técnicas de los indicadores propuestos requieren de una mayor revisión en la redacción de los objetivos e incorporación de información y protocolos de experiencias existentes en el país.
- Se concluye que la mejor metodología que puede utilizarse para una red de monitoreo a nivel nacional, corresponde al uso de imágenes satelitales, ya que gran cantidad de indicadores pueden ser analizados bajo ésta metodología por ser de libre acceso y presenta una manera más eficiente de abarcar grandes extensiones.
- La medición del cambio del uso del suelo es realizada por distintas instituciones, lo cual se recomienda una estandarización de las metodologías y realizar una medición anual del indicador.
- Se recomienda conocer cuáles indicadores están siendo monitoreados por las instituciones, e incorporar sus metodologías dentro de los protocolos de los indicadores que se proponen para la red de monitoreo.
- El país cuenta con mucha información colectada a lo largo de los años por lo que recomiendan tomar en cuenta partir de los indicadores propuestos realizar re-análisis de datos.
- En algunas actividades como la actividad pesquera o la evaluación de impacto ambiental se reconocen oportunidades para la toma de datos por lo que se debe involucrar a la empresa privada y otras instancias gubernamentales que podrían ser parte de la Red en el futuro
- Debido a los cambios en la identificación de especies (problemas de sinonimia), se debe involucrar en la Red al Museo de Historia Natural de Chile
- Ninguna institución realiza monitoreo de macroinvertebrados bentónicos, por lo que es de suma importancia abordar la metodología que debe utilizarse, las potenciales instituciones para su medición y el análisis de sus datos.
- Considerar la trazabilidad de los datos dentro de la red de monitoreo
- Se recomienda analizar con distinto enfoque el sistema oceánico-costero del oceánico-marino, ya que los efectos del cambio climático son variables sobre estos ecosistemas.
- La selección de los sitios de muestreo deben incluir áreas con y sin influencia humana.
- Existen muchas instituciones fuera del país que cuentan con información climática. El desafío consiste en fortalecer capacidades institucionales en el análisis de la información y reducir el esfuerzo en el muestreo de las variables.
- Se recomienda no solo trabajar con indicadores, sino además incorporar modelos y proyecciones que permitan de manera más estratégica inserir en las políticas públicas.
- Las instituciones públicas deben ser las responsables de realizar los monitoreos a largo plazo, mientras que las universidades de realizar investigación, proponer umbrales para los indicadores y generar modelos que permitan tomar decisiones.
- Se recomienda crear nodos temáticos (multidisciplinarios) dentro de la red de monitoreo: i) nodo académico, orientado a los protocolos y modelos que permitan brindar información a la política pública, ii) nodo metodológico, dedicado a proponer metodologías para monitorear servicios ecosistémicos, que puedan ser aplicadas por las instituciones públicas y iii) nodo de bienestar social, dedicado a incorporar la variable cambio climático dentro del bienestar social.

Pasos a seguir

El establecimiento e implementación de la Red de Monitoreo de la Biodiversidad en el Contexto del Cambio Climático en Chile esta propuesto ejecutarse en tres fases (Figura 7). Este reporte muestra los resultados de la primera fase que tuvo como objetivos; (1) Definir indicadores priorizados y sus estándares; (2) Identificar socios y áreas de colaboración; (3) Identificar arreglos de implementación indicador por indicador; (4) Contar con una propuesta robusta, realista y atractiva de diseño.

Los pasos a seguir de acuerdo a los resultados del presente proceso requieren avanzar en el desarrollo de acuerdos / contratos detallados creados sobre las responsabilidades de los diferentes socios para la recolección de datos (i), (ii) el análisis de datos, (iii) el almacenamiento de datos y (iv) el intercambio de datos y elaboración de informes. Esto significa que los protocolos de los indicadores seleccionados deben seguirse desarrollando a nivel institucional. Dado que muchos de estos primeros indicadores se basan en el seguimiento de las actividades que ya se llevan a cabo, se requiere avanzar en desarrollar aquellos nuevos indicadores que vinculan estrechamente el tema de gestión de la biodiversidad y el cambio climático.

Figura 7. Fases propuestas para el establecimiento y operación de la red de monitoreo de biodiversidad en un contexto de cambio climático en Chile

De seguido algunos pasos que son necesarios antes de iniciar la operación de la Red, o bien pueden ser considerados como los primero que hay que hacer antes de iniciar la fase de la implementación de la red. En el cuadro 17 se mencionan los otros elementos esenciales a llevar a cabo cuando se inicien la fase segunda y tercera.

A) Equipo Coordinación

El primer paso debe ser nombrar el equipo coordinador dentro del Ministerio para iniciar el trabajo de organización a lo interno y de coordinación con los socios identificados en el proceso. La figura siguiente muestra los pasos iniciales que deben darse para la de implementación de la Red de Monitoreo.

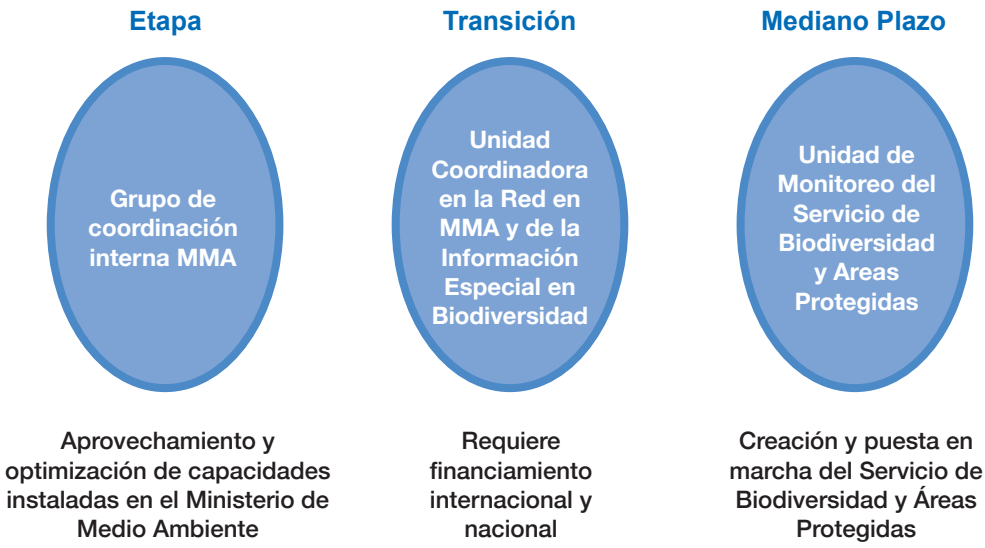


Figura 8. Pasos para el inicio de la implementación de la Red de Monitoreo.

A la vez se han identificado una serie de acciones tempranas que deben ponerse en marcha;

Primera Acción: Activación de un grupo de trabajo a lo interno del Ministerio del Medio Ambiente cuyas funciones son; Coordinar la continuidad del proceso, avanzar en las coordinaciones institucionales y en la creación de un Comité de la Red y un Plan de trabajo.

Segunda Acción: El Ministerio del Medio Ambiente prepara una propuesta técnica y financiera para la implementación de la Red en el mediano y largo plazo donde se tomen en cuentas aspectos como:

- Decisiones finales de diseño
- Costeo preliminar de la Red
- Arreglos institucionales
- Funcionamiento del comité de gestión
- Líneas base, datos de referencia
- Implementación de los indicadores
- Necesidades de capacitación, hardware, software, estaciones
- Investigación para generar protocolos de nuevos indicadores
- Asesorías en materia legal y técnica de información, intercambio de datos, transparencia

B) Comité Técnico

El Equipo de coordinación debe definir los participantes con los cuáles se va a iniciar la implementación de la Red para constituir un Comité Técnico cuya función inicia estableciendo planes de trabajo que conduzca a pasar a la segunda etapa de implementación de la Red.

C) Planes de trabajo

El Ministerio invita oficialmente a los socios identificados y participantes en el presente proceso para desarrollar la propuesta de implementación de cada indicador. Las "fichas técnicas" del presente informe proporcionan un primer esquema, que en algunos casos tienen que ser resueltas con mayor detalle. A la vez, como parte de la invitación, el ministerio debería incluir una propuesta de directrices sobre el protocolo de intercambio de datos y los requisitos de metadatos.

D) Los datos de referencia

Hay una necesidad de establecer los datos de referencia, incluyendo la identificación de lo que ya está disponible, en qué formato, y lo que posiblemente falta. Descripción de la línea de base debe incluir puntos relacionados a llenar vacíos de datos o a la necesidad de reanálisis de datos. Este paso podría ser considerado como una primera fase del proyecto, que se llevará a cabo por un equipo base administrador de la Red dentro del ministerio y los socios. Este proceso implica considerar a nivel de cada indicador la toma en consideración de los siguientes elementos mostrados en el cuadro siguiente.

Cuadro 17. Criterios considerar a nivel de cada indicador en la fase de datos de referencia

Indicador	Donde	Cuándo (periodicidad)	Con qué instrumentos	Con qué recurso humano	Capacidades ya instaladas	Brechas financieras y en recurso humano	Costo diferencial
Ámbito Terrestre							
Indicador 1							
Indicador 2							
Indicador 3…							
Ámbito Acuático continental							
Indicador 1							
Indicador 2							
Indicador 3…							
Ámbito Marino							
Indicador 1							
Indicador 2							
Indicador 3…							

E) Infraestructura para el intercambio y almacenamiento de datos

Como se mencionó en el presente documento, hay varias opciones para la forma en que se almacenarán los datos de la red y quién lo hará, el Ministerio o cada uno de los Socios de la Red. Por ejemplo, el almacenamiento se hará en servidores en el ministerio o en la nube, siguiendo enfoques de almacén de datos o base de datos de metadatos. Por lo tanto, para poder comenzar a implementar la red, el Ministerio necesita hacer un inventario de los recursos y las opciones y decidir sobre el mejor enfoque para el almacenamiento e intercambio de datos, incluyendo quién lo ejecutará. Esto será una decisión político/ institucional ya que tiene que ver sobre la jurisdicción de seguridad de los datos.

En base a esto, el equipo necesita establecer / desarrollar la infraestructura para recoger y almacenar la información / datos que se va a entregar por los socios del proyecto / ministerio. Esto incluye (i) la parte técnica como la creación de las bases de datos, portales web, etc., que permitan a los socios entregar fácilmente la información requerida en el formato correcto, y el proyecto o para almacenar los datos. También incluye (ii) el establecimiento de los protocolos de intercambio y almacenamiento de datos, incluidos los protocolos de metadatos.

Cuadro 18. Fases propuestas para el establecimiento y operación de la red de monitoreo de biodiversidad en un contexto de cambio climático en Chile con sus mecanismos esenciales y financiamiento

Fase	Mecanismo esencial	Financiamiento
I. Diseño de la red (eliminación de barreras)	▪ Definir indicadores priorizados y su estándares ▪ Identificar socios y áreas de colaboración ▪ Identificar arreglos de implementación indicador por indicador ▪ Contar con una propuesta robusta, realista y atractiva de diseño	Financiamiento CTCN
II. Implementación temprana del sistema de Monitoreo. Marco Legal y Normativo	▪ Continuar los arreglos de implementación y alianzas ▪ Desarrollo de capacidades para gestionar la red ▪ Equipamiento (equipos, programas) ▪ Marcha blanca de la red y generación de sus primeros productos	Se debe gestionar financiamiento nacional e internacional
III. Consolidación Institucional en el largo plazo	▪ Mantener o ampliar el flujo de financiamiento ▪ Ampliar las capacidades del sistema ▪ Fortalecer las capacidades de gestión en todos los niveles ▪ Extender beneficio de la red de nuevos actores	Se espera se consolide financiera e institucionalmente en el seno del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas

Referencias generales

Ahumada M, Aguirre F, Aguirre, Contreras M, Figueroa, A. 2011. *Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos.* Gobierno de Chile, División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, la Unidad de Gestión Ambiental del Departamento de Protección de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero y el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas. 49 p.

ANA. 2011. *Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos autoridad nacional del agua* – DGCRH. Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua. 34 p.

.A.J., P.J. Zarco-Tejada, G. Sepulcre-Cantó, E. Fereres, F.J. Villalobos. 2009. *Estimación de conductancia estomática y detección de estrés hídrico en vegetación mediante imágenes térmicas de alta resolución espacial obtenidas con un vehículo aéreo no Tripulado (UAV).* In: Teledetección: Agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, 23-26 de septiembre de 2009. pp. 25-28. Editores: Salomón Montesinos Aranda y Lara Fernández Fornos.

Best, S., 2008. *Modelos de evaluación del estrés hídrico para un viñedo.* IV Jornadas de Riiego y Fertirriego. 4-5 Deciembre 2008, Medoza, Argentina.

Borer, E.T., Seabloom, E.W., Jones, M.B., & Schildhauer, M. 2009. *Some Simple Guidelines for Effective Data Management. The Bulletin of the Ecological Society of America* 90: 205–214.

Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P.W., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.-F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L., Minasyan, A., Morcillo, M.H., Oldfield, T.E.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vie, J.-C., & Watson, R. 2010. *Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. Science* 328: 1164–1168.

Caselles, E., C. Pitarch y V. Caselles. 2012. *Determinación del nivel freático del agua subterránea de una isla mediante imágenes del altímetro ASTER,* Revista de Teledetección 37, 5-8

Castro Ríos, R, C. Verdugo. 2014. *Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada de Villalobos, altiplano Región de Atacama*. Informe Final. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile

Chuvieco, E., Salas, F. J., Aguado, I., Cocero, D. y Riaño, D. 2001. *Estimación del estado hídrico de la vegetación a partir de sensores de alta y baja resolución,* GeoFocus (Artículos), n 1, p. 1-16

Contreras Manuel. (2015). *Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Componente Biodiversidad de Aguas Continentales*. Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN)

Departamento de pesquerías, 2005. *Antecedentes técnicos para establecer medidas de protección (veda) a especies ícticas nativas en aguas continentales*. Informe técnico (R. Pesq.) N°100. Gobierno de Chile, Subsecretaria de pesca. 19 p.

Díaz, J.D.G., A.I.M. Rivas. 2012. *Caracterización del índice de aridez en México usando dos alternativas de estimación de la evapotranspiración potencial y escenarios de cambio climático*. 8º Congreso de la Asociación Española de Climatología, Salamanca, España; 09/2012

Dobson, A. 2005. *Monitoring global rates of biodiversity change: challenges that arise in meeting the Convention on Biological Diversity (CBD) 2010 goals*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 229–241.

Dwyer, S.F. 2003. *Water balance measurements and computer simulations of landfill covers. Dissertation,* The University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico.

Echeverría, C, Huber, A., Taberlet, F. 2007. *Estudio comparativo de los componentes del balance hídrico en un bosque nativo y una pradera en el sur de Chile*. BOSQUE 28(3): 271-280

E. Kalbus, F. Reinstorf, and M. Schirmer. 2006. *Measuring methods for groundwater – surface water interactions: a review.* Hydrol. Earth Syst. Sci., 10, 873–887.

Estévez, J., Baena, N. R., & Zafra, P. G. 2007. *Distribución de la aridez en los regadíos de Andalucía. Agricultura: Revista agropecuaria,* (899), 634-636

Fornari, E.M. 2012. *Relaciones entre los niveles freáticos y variables hidrometeorológicas en un área de llanura.* Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas – Universidad Nacional del Litoral. 12 p.

García, S.G., Baille, A., González, M.M., Martínez, V., Urrea, M., Hernández, Z., Nortes, P., Tanguy, M. 2007. *Desarrollo y aplicación de indicadores de alerta temprana frente a sequías a escala regional desde MODIS.* In Martin (Edt) TELEDETECCIÓN - Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional

Gil, I.S., Hutchison, V., Frame, M., & Palanisamy, G. 2010. *Metadata Activities in Biology*. Journal of Library Metadata 10: 99–118.

Gobierno de España. 2008. *Teledetección aplicada a la detección temprana del estrés hídrico en cubiertas vegetales.* Ficha de la tecnología, Gobierno de España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 5 p.

Gobierno de Guatemala. 2010. *Procedimientos de contingencia por variabilidad climática*. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres Secretaría Ejecutiva. 70 p.

Glavic, B., & Dittrich, K.R. 2007. *Data Provenance: A Categorization of Existing Approaches*. In *BTW*, pp. 227–241. Citeseer.

Gray, D.M., A.K. Mahapatra. 1966. *A method of measurement of the ground water table and soil hydraulic conductivity.* Canadian Agricultural Engineering, January, 25-36

Green, R.E., Balmford, A., Crane, P.R., Mace, G.M., Reynolds, J.D., & Turner, R.K. 2005. *A Framework for Improved Monitoring of Biodiversity: Responses to the World Summit on Sustainable Development. Conservation Biology* 19: 56–65.

Hashem, I.A.T., Yaqoob, I., Anuar, N.B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S.U. 2015. *The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues*. Information Systems 47: 98–115.

IDEAM. 2004. *Guía para el monitoreo y seguimiento del agua*. Bogotá, Colombia.

IMTA. 2008. *Elaboración de balances hídricos por cuencas hidrográficas y propuesta de modernización de las redes de medición en Costa Rica. Balances hídricos mensuales, oferta y demanda*. Departamento de Aguas del Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica.

Innes, J.L. 1988. *Forest health surveys: problems in assessing observer objectivity*. *Canadian Journal of Forest Research* 18: 560–565.

INFOR, 2014. *Los recursos forestales en Chile. Informe final. Inventario continuo de bosques nativos y actualizacion de plantaciones forestales*. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura - El Instituto Florestal, Santiago, Chile. 53 p.

Juan Armesto, Marcia Tambutti, Sebastián Abades, Benjamín Castro, 2015. *Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Componente Biodiversidad Terrestre. Santiago-Chile*: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN)

Jones, J.P.G., Collen, B., Atkinson, G., Baxter, P.W.J., Bubb, P., Illian, J.B., Katzner, T.E., Keane, A., Loh, J., Mcdonald-Madden, E., Nicholson, E., Pereira, H.M., Possingham, H.P., Pullin, A.S., Rodrigues, A.S.L., Ruiz-Gutierrez, V., Sommerville, M., & Milner-Gulland, E.J. 2011. *The Why, What, and How of Global Biodiversity Indicators Beyond the 2010 Target. Conservation Biology* 25: 450–457.

Jones, M.B., Schildhauer, M.P., Reichman, O.J., & Bowers, S. 2006. *The new bioinformatics: integrating ecological data from the gene to the biosphere. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 519.

Junta de Andalucía. 2008. *Indicador de estrés hídrico global de la vegetación.* Ficha de Indicador: Estrés Hídrico Global de la vegetación

Kercher, S.M., Frieswyk, C.B., & Zedler, J.B. 2003. *Effects of sampling teams and estimation methods on the assessment of plant cover. Journal of Vegetation Science* 14: 899–906.

Lagoze, C., Krafft, D., Cornwell, T., Dushay, N., Eckstrom, D., & Saylor, J. 2006. *Metadata aggregation and automated digital libraries: A retrospective on the NSDL experience.* In Proceedings of the 6th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries, pp. 230–239. ACM.

Marcial, L.H., & Hemminger, B.M. 2010. *Scientific data repositories on the Web: An initial survey. Journal of the American Society for Information Science and Technology* 61: 2029–2048.

Marquet, P.A.A.M., Labra, F., Abades, S., & Cavieres, L. 2011. *Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático.* Gobierno de Chile, Ministerio de Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Martin M.S., Bahamóndez C.V., Quiroz I. M., Peña O.I.; Barrientos, M. 2009. *Manual de Operaciones en Terreno.* Gobierno de Chile, INFOR, Ministerio de Agricultura. Horizontal Producciones Digitales Ltda.

Michener, W.K. 2015. *Ecological data sharing. Ecological Informatics* 29, Part 1: 33–44.

Michener, W.K. 2006. *Meta-information concepts for ecological data management*. *Ecological Informatics* 1: 3–7.

Michener, W.K., & Jones, M.B. 2012. *Ecoinformatics: supporting ecology as a data-intensive science*. *Trends in Ecology & Evolution* 27: 85–93.

MMA.2014. *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Santiago, Chile: Departamento de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente.

MMA.2014a. *Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad*. Santiago, Chile: Departamento de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente.

MMA. 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales. ID n° 608897-12-le15. Fichas metodológicas*. Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN), Santiago, Chile.

MMA. 2015. *Construcción de indicadores ambientales nacionales a partir de información proveniente del análisis de imágenes satelitales, Informe N°2*. Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 43 p.

MMA, CATIE, CTCN. (2015a). *Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Tomadores de Decisión*. Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN

MMA, CATIE, CTCN. (2015b). *Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Componente Biodiversidad Marina*. Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN)

MMA, CATIE, CTCN. (2015c). *Memoria I Taller Nacional. Diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad terrestre, acuática y marina en el contexto del cambio climático. 14-15 julio 2015*.Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN)

MMA, CATIE, CTCN. (2015d). *Diagnóstico sobre la disponibilidad de información y análisis de vacíos para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad de aguas continentales, marina y terrestre en un contexto de cambio climático en Chile: Informe de Síntesis 2015.* Santiago-Chile: Ministerio de Ambiente de Chile (MMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Climate Technology Centre and Network (CTCN)

Muestreo para Aguas Subterráneas. 2008. I*nstructivo muestreo aguas subterráneas.* Gobierno de Chile, Direccion General de Aguas, Laboratorio Ambiental, LADGA-IM-02, Versión: 01. 18 p.

Muestreo para Aguas Subterráneas. 2014. *Instructivo muestreo aguas superficiales*. Gobierno de Chile, Direccion General de Aguas, Laboratorio Ambiental, LADGA-IM-01, Versión: 01. 18 p.

Newman, C., Buesching, C.D., & Macdonald, D.W. 2003. *Validating mammal monitoring methods and assessing the performance of volunteers in wildlife conservation—"Sed quis custodiet ipsos custodies ?" Biological Conservation* 113: 189–197.

Ordoñez Gálvez, J.J. 2011. *Cartilla técnica: Balance hídrico superficial. Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico.* Sociedad Geográfica de Lima, Peru. ISBN: 978-9972-602-75-7

Page, L.M. 2015. *iDigBio, NSF's National Resource for Advancing Digitization of Biodiversity Collections*. In 2015 AAAS Annual Meeting (12-16 February 2015), AAAS.

Pautasso, C., Zimmermann, O., & Leymann, F. 2008. *Restful web services vs. big'web services: making the right architectural decision.* In Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web, pp. 805–814. ACM.

Peterson, A.T., Soberón, J., & Krishtalka, L. 2015. *A global perspective on decadal challenges and priorities in biodiversity informatics. BMC Ecology* 15.:

Peters, C., Schreiber, D., Guay, M., & Stephanie Baedell. 2015. *The ultimate guide for forms and surveys*. Zapier.

Pertovt, L. E., Rivas, R., Juliano, S., Gustavo, W. C. O., & Vives, L. 2008. *Análisis de condicionantes ambientales del estrés hídrico de la vegetación en el sur de Brasil mediante imágenes NOAA-AVHRR*. Boletín Geológico y Minero, 119(1), 119-124.

Ramakrishnan, R., & Gehrke, J. 2000. *Database management systems*. Osborne/McGraw-Hill.

Ramirez, B., Jamamilli, R.A., Arcila, P.J. 2010. Índices *para evaluar el estado hídrico en los cafetales*. Cenicafe 61(1): 55-66.

Rivas R., Houspanossian, J. 2006. *Obtención de mapas de estrés hídrico a partir de datos captados por los sensores AVHRR y MODIS.* VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea – Septiembre, 2006- Asunción, Paraguay

Rivas, R., P. Weinzettel, E.Usunoff. 2005. *Resultados preliminares de la estimación del estrés hídrico a partir de temperatura de superficie y NDVI.* Actas II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de Hidrología Subterránea-Relación aguas superficiales-aguas subterráneas: 195-202.

Rugg, D.J. 2004. Creating FGDC and NBII metadata with Metavist 2005.

Sepulcre-Cantó, G., P.J. Zarco-Tejada, J.C. Jiménez-Muñoz, J.A. Sobrino, E. de Miguel, J. Díaz y F.J. Villalobos.2005. *Detección de estrés hídrico en olivar mediante datos hiperespectrales y térmicos del sensor AHS.* In: XI Congreso Nacional de Teledetección, Teledetección, Avances en la Observación de la Tierra, M. Arbelo, A. González, J.C. Pérez (Eds.), pág.: 53-56, Tenerife, 21-23/9/2005.

Simmhan, Y.L., Plale, B., & Gannon, D. 2005. A survey of data provenance techniques. *Computer Science Department, Indiana University, Bloomington IN* 47405

Sokolov, A.A., Y.T.C. Chapman. 1974. *Methods for water balance computations. An international guide for research and practice.* Published by Unesco, Studies and Reports in Hydrology, no. 17.

Troyo-Diéguez, E., Aguirre-Gómez, A., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, L. F., & García-Hernández, J. L. (2014). *Calibración y aplicación del índice de aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zonas áridas*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 26(1).

UNESCO, 2006. *Evaluación de los Recursos Hídricos. Elaboración del balance hídrico integral por cuencas hidrográficas*. Documentos Técnicos del PHI-LAC, Nº4.

University of Connecticut. *Unknown. Introduction to Environmental Measurements. Chapter 5. Groundwater and Groundwater Measurement Methods – CE/ ENVE 320-04*. In: SYLLABUS for Environmental Measurements in Natural Sistemas, School of Engineering at University of Connecticut.

Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J.J., Corcuera, L., Sisó, S., Gil-Pelegrín, E. 2004. *Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. En: Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Páginas 163-190. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.

Vaughan, P. (2001), *Estimación de contenido de humedad de la vegetación mediante espectro-radiometría*, Trabajo de investigación tutelado, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Spain.

Williams, N., Stewart, A., & Papadopoulos, P. 2015. *Virtualizing Lifemapper Software Infrastructure for Biodiversity Expedition.* arXiv preprint arXiv:1509.06695

Williams, I.D., Walsh, W.J., Tissot, B.N., & Hallacher, L.E. 2006. *Impact of observers' experience level on counts of fishes in underwater visual surveys. Marine Ecology Progress Series* 310: 185–191.

Yoccoz, N.G., Nichols, J.D., & Boulinier, T. 2001. *Monitoring of biological diversity in space and time. Trends in Ecology & Evolution* 16: 446–453.

Anexos

Anexo 1 – Elementos clave para un sistema de monitoreo de biodiversidad

	Geográfico	Elementos clave	Preguntas clave	Información requerida
Ecosistemas	Regional	Distribución dinámica espacial	¿Cuál es el impacto del cambio climático en la distribución de especies y en los servicios ecosistémicos?	Serie temporal de la distribución de los ecosistemas terrestres y acuáticos
				Series de tiempo de indicadores de servicios ecosistémicos (disponibilidad de agua, salinidad, contenido de carbono, producción primaria neta)
				Series de tiempo con estimaciones cuantitativas de los principales servicios ecosistémicos
				Información (modelos, estadísticas, hipótesis) que vincula el nivel o la calidad de los servicios ecosistémicos con variables climáticas
	Local	Distribución dinámica espacio-temporal de servicios ecosistémicos	¿Cuáles son los cambios esperados (pérdidas) en los servicios ecosistémicos y cómo afectan las poblaciones locales?	Series de tiempo con mediciones de servicios ecosistémicos en sitios seleccionados (“hotspots” de cambios)
				Información de la importancia/contribución de los servicios ecosistémicos para las poblaciones locales
Especies	Regional y local	Dinámica espacio-temporal de tamaños de la población	¿Cuáles son los cambios esperados, más allá de las fluctuaciones normales, en el tamaño de las poblaciones de especies de importancia económica?	Series temporales del tamaño de la población de las especies seleccionadas
Genes	Regional y local	Diversidad genética intra-específica	¿Cuáles son los cambios esperados en la diversidad genética intra-específica?	Análisis de la estructura genética de la población de especies económicamente importantes y de interés científico
				Estimaciones de los posibles cambios en la genética de poblaciones de especies y poblaciones seleccionadas

Adaptado del cuadro 4.3 del informe de diagnóstico (MMA, CATIE, CTCN 2015a).

Anexo 2 – Elementos clave para un sistema de monitoreo de servicios ecosistémicos en el contexto de cambio climático

	Geográfico	Elementos clave	Preguntas clave	Información requerida
Producción y disponibilidad de agua, alimentos y suelos	Regional/local	Disponibilidad de agua	¿Cuáles son los cambios (pérdidas) esperados en los recursos hídricos?	Monitoreo de la disponibilidad actual y futuros cambios en los recursos hidrológicos
		Disponibilidad de pesca y acuicultura	¿Cuáles son los cambios esperados en las poblaciones de peces?	Monitoreo de la disponibilidad actual y los futuros cambios en los recursos pesqueros
		Erosión de suelos	¿Qué nivel de erosión de suelo se puede esperar?	Monitoreo de la disponibilidad actual y los futuros cambios en las tasas de erosión de suelos
Agua y regulación atmosférica	Regional/local	Capacidad de absorción de CO_2	¿Dónde fortalecer esfuerzos de aforestación/ deforestación?	Identificación de áreas con necesidad o con oportunidades para la aforestación/reforestación
		Inundación	¿Dónde hay una necesidad de gestión de cuencas para evitar inundaciones bajo climas actuales y futuros?	Identificación de cuencas donde la inundación es un problema potencial bajo escenarios climáticos actuales y futuros.
Recreación	Regional/local	Actividades turísticas	¿Cuál es el impacto del cambio climático sobre el turismo nacional e internacional?	¿Cuáles actividades turísticas pueden agravar el efecto del cambio climático sobre la biodiversidad?
			¿Qué medidas de mitigación podrían disminuir los efectos del cambio climático?	Identificación de medidas de mitigación para disminuir el impacto de las actividades turísticas en la diversidad biológica

Adaptado del cuadro 4.3 del informe de diagnóstico (MMA, CATIE, CTCN 2015a)

Anexo 3 – Leyes, políticas y directrices chilenas relacionadas a datos e información

A través del presente proceso de han identificado diversas Leyes, Normas y recomendaciones relacionadas al manejo de datos e información ambiental.

Instrumento	Fecha publicación	Objetivo
Ley No 20285. Acceso de Información Pública	20 de agosto del 2008	*Regular el principio de transparencia de la función pública, el derecho de acceso a la información de los órganos de la Administración del Estado, los procedimientos para el ejercicio del derecho y para su amparo, y las excepciones.* (Art.1)
Ley N° 19.300. Sobre Bases Generales del Medio Ambiente	9 de marzo de 1994	*El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales Establezcan sobre la materia.* (Art.1)
Proyecto de ley, iniciado en mensaje de S.E. la Presidenta de la República, que crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.	Sin Publicar	Se menciona el **Principio de transparencia:** *Es deber del Estado facilitar el acceso a la información sobre biodiversidad y especialmente, el conocimiento sobre los servicios ecosistémicos y su valoración.* Y el desarrollo del **Monitoreo y Plataformas de información.** Art 79 y 80
Creación de Comité Interinstitucional de Información Ambiental. Resolución Exenta No179, Ministerio del Medio Ambiente	15 marzo 2012	*Proveer y validar información ambiental, requerida para dar cumplimiento a los deberes que en esta materia corresponden al Ministerio del Medio Ambiente y al Estado de Chile de acuerdo a la normativa nacional e internacional vigente.*
Creación de Comité de Información Ambiental. Resolución Exenta No423, Ministerio del Medio Ambiente	23 mayo 2012	*Proveer y validar información ambiental, requerida para dar cumplimiento a los deberes que en esta materia corresponden al Ministerio del Medio Ambiente de acuerdo a la normativa nacional e internacional vigente.*
OCDE C(98) 67/Final	3 April 1998	Recommendation of the Council on Environmental Information
OCDE C(90) 165/ Final	31 January 1991	Recommendation of the Council on Environmental Indicators and Information

Anexo 4 – Aspectos a considerar en los términos de referencia para el desarrollo de la línea base de la primera fase

El desarrollo de la línea base de la Red de Monitoreo estará basada en el conjunto de indicadores que mostraron vialidad de implementación como primera fase a partir de la evaluación que se hiciera de disponibilidad de datos y experiencia de los potenciales miembros Instituciones de la red y deberán tomarse en cuenta los siguientes términos de referencia:

1. Con base en los diagnósticos se logró evidenciar que a lo largo de los años se ha colectado una gran cantidad de información sobre la distribución, abundancia, diversidad y comportamiento de un gran número de especies de animales, plantas y hongos. Sin embargo, un problema es que muchos de los registros se encuentran aún en formato de papel por lo que se requiere identificar los datos requeridos como línea base y estimar los costos para ponerlos en formato digital
2. Las series de datos útiles como línea base colectadas por las Instituciones dentro de sus iniciativas de monitoreo no incluyeron la variable cambio climático en sus mediciones. Por lo tanto, el esfuerzo principal a la hora de establecer la línea base de esta red será interpretar los patrones históricos de los indicadores seleccionados en cuanto a patrones históricos de cambio climático y preparar los datos para su inclusión en las bases de datos a diseñar
3. Revisar con los participantes en la Red las fichas técnicas de los indicadores de manera que se establezcan los objetivos e incorpore información y protocolos de la experiencia institucional
4. Con base al estado de los datos y su utilidad en la implementación de los indicadores se deberá diseñar un modelo de base de datos que gestione dicha información
5. Llevar a cabo un inventario del software utilizado por los miembros de la red. Esto incluye un inventario de los protocolos de los indicadores, la recopilación, análisis y almacenamiento de los datos.
6. Realizar un inventario de los requisitos de software y hardware para identificar los posibles elementos que faltan en la infraestructura de software y hardware disponibles para los socios.
7. Si la implementación y los datos actuales no corresponden a los estándares establecidos por la red se deberá proponer el procedimiento de estandarización y homologación de datos
8. Identificar y proponer aquellas tareas que son o pueden ser automatizados (esto se refiere a la introducción de datos, control de calidad y análisis de datos) utilizando los programas actuales.
9. Proponer mejoras que podría hacerse en la colecta de datos de campo mediante el uso de datos móviles. Si la tecnología de datos móviles va ser incorporada, es importante hacer un inventario del paquete de software requerido
10. Evaluar las ventajas ofrecidas por las soluciones basadas en la nube y considerar las opciones existentes para movilizar los datos de un software a otro para evitar una dependencia de un único proveedor.
11. Identificar las necesidades y oportunidades para una mayor integración de softwares entre los diferentes pasos del ciclo de datos.
12. Identificar potenciales problemas técnicos que obstaculicen el intercambio eficiente de datos lo cual podría exigir la construcción de herramientas (en línea) que faciliten el intercambio de datos (subida de datos, generación de metadatos, control de calidad).
13. Establecer las capacidades existentes y la necesidad de desarrollar nuevas capacidades en el uso de softwares requeridos, incluyendo su mantenimiento (TI) por parte de los miembros de la red y administradores de la misma.
14. Proponer prácticas y protocolos actuales para la creación de metadatos que cumplen con los estándares de metadatos necesarios establecidos por la red.

Abreviaturas y acrónimos

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CEA	Centro Ecología Aplicada
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CTCN	Climate Technology Centre and Network
DGA	Dirección General de Aguas-Ministerio de Obras Públicas
DIRECTEMAR	Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
DMC	Dirección meteorológica de Chile
IEB-PUC	Instituto de Ecología y Biodiversidad-Pontificia Universidad de Chile
INACH	Instituto Antártico de Chile
IFOP	Instituto de Fomento Pesquero
INFOR	Instituto Forestal de Chile
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
PUC	Pontificia Universidad de Chile
SAF	Servicio Aero fotogramétrico-Fuerza Aérea de Chile
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SERNAPESCA	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SHOA	Servicio Hidrográfico Oceanográfico de la Armada de Chile
SUBPESCA	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
UCC	Universidad Católica de Chile

Este informe muestra los resultados obtenidos del proceso para el diseño de una red de monitoreo de la biodiversidad y cambio climático en Chile. El reporte aborda el Marco conceptual, los indicadores propuestos, los protocolos para el Manejo de datos, los estándares de calidad y requerimientos de Software y Hardware que deben ser considerados en su implementación. Este informe es un producto de asistencia técnica desarrollado en Chile por el Centro y Red de Tecnología del Clima (CRTC), en estrecha cooperación con colaboradores nacionales provenientes de entidades Gubernamentales, Universidades y Organizaciones no gubernamentales. El objetivo de esa misión fue dar apoyo técnico para el diseño de la Red nacional de monitoreo de biodiversidad y cambio climático en Chile, con el objetivo que apoye a fortalecer las estrategias de adaptación al cambio climático.

CRTC promueve el desarrollo acelerado y la transferencia de tecnologías del clima para el desarrollo eficiente con bajo consumo de energía y de carbono y resiliente al clima. Como brazo operativo de la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, el CRTC forma parte del Programa del Ambiente de las Naciones Unidas en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial; además, cuenta con el respaldo de once instituciones socias en todo el mundo. El Centro utiliza la capacidad de estas instituciones, así como una red internacional de instituciones de investigación y del sector privado y de la sociedad civil, para brindar asistencia técnica y construcción de capacidades a solicitud de los países en vías de desarrollo.

Para más información, visítenos en http://www.ctc-n.org.

CTCN
CLIMATE TECHNOLOGY CENTRE & NETWORK

UNEP

UNIDO

CTCN Secretariat
UN City, Marmorvej
DK-2100 Copenhagen, Denmark
+45 4533 5372
www.ctc-n.org
ctcn@unep,org

UNFCCC.CTCN

UNFCCC_CTCN

Norwegian Ministry of Foreign Affairs

Comisión Europea

DANIDA

Canada

METI
Ministry of Economy, Trade and Industry

Ministry of the Environment
Government of Japan
環境省

FORMIN.FINLAND.FI
MINISTRY FOR FOREIGN AFFAIRS OF FINLAND

Comhshaol, Pobal agus Rialtas Áitiúil
Environment, Community and Local Government

Governments of Switzerland and Germany