

PROPUESTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA EL SECTOR SILVOAGROPECUARIO DE CHILE

CONSEJO ASESOR MINISTERIAL
CIENTÍFICO SILVOAGROPECUARIO
SUSTENTABLE



Ministerio de
Ciencia,
Tecnología,
Conocimiento
e Innovación

Gobierno de Chile

CONSEJO

Ministro Andrés Couve Correa
Ministro de Ciencia, Tecnología,
Conocimiento e Innovación

Francisco Meza
Pontificia Universidad Católica de Chile
Coordinador Consejo Asesor Ministerial
Científico Silvoagropecuario Sustentable

Secretaría Técnica

Leonardo Muñoz,
Ministerio de Ciencia, Tecnología,
Conocimiento e Innovación
Coordinador Secretaría Técnica

María José Irrazábal,
Ministerio de Agricultura, Oficina de
Estudios y Políticas Agrarias

Daniela Acuña,
Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

María Javiera Hernández,
Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

Oriana Avilés,
Ministerio de Ciencia, Tecnología,
Conocimiento e Innovación

Encargados de Mesas Sectoriales

Mesa Agua y Suelo
José Luis Arumi,
Universidad de Concepción

Daniela González,
Centro de Información de Recursos
Naturales

Mesa Recursos Forestales

Horacio Bown,
Universidad de Chile

Rodrigo Mujica,
Instituto Forestal

Mesa Fruticultura

Mauricio Ortiz,
Centro de Estudios Avanzados en
Fruticultura

Patricio Hinrichsen,
Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Mesa Ganadería

Tamara Tadich,
Universidad Austral de Chile

Marta Alfaro,
Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Mesa Alimentos

Giovanna Muñoz,
Centro de Estudios en Alimentos
Procesados



COMUNIDAD CIENTÍFICA PARTICIPANTE

Eduardo Arellano, Pontificia Universidad Católica de Chile

Rodrigo Arriagada, Pontificia Universidad Católica de Chile

Paola Barba, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Pabla Barra, Leitat Chile

Richard Bastías, Universidad de Concepción

Claudia Bernal, Universidad de la Serena

Sofía Boza, Universidad de Chile

Mauricio Cañoles, UC Davis

Basilio Carrasco, Centro de Estudios en Alimentos Procesados

Jorge Carrasco, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Luis Carter, Universidad Austral de Chile

Claudia Cerda, Universidad de Chile

María Cecilia Céspedes, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Aníbal Concha, Universidad Austral de Chile

Javiera Cornejo, Universidad de Chile

Camila Corvalán, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile

Dylan Craven, Universidad Mayor

María Cristina Diez, Universidad de la Frontera

Cynnamon Dobbs, Universidad Mayor

Erwin Domínguez, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Pablo Donoso, Universidad Austral de Chile

Soledad Espinoza, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Cristian Estades, Universidad de Chile

Juan Pablo Flores, Centro de Información de Recursos Naturales

Andrés France, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Jorge Gironas, Pontificia Universidad Católica de Chile

Álvaro González, Universidad Mayor

Álvaro González, Centro Concha y Toro

Audrey Grez, Universidad de Chile

Christian Hepp, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Rodrigo Infante, Universidad de Chile

Sergio Iraira, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Alfredo Iriarte, Universidad de Talca

Roberto Jara, Universidad de Talca

Rafael Larraín, Pontificia Universidad Católica de Chile

Michel Leporati, Universidad de Talca

Gustavo Lobos, Universidad de Talca



Rafael López-Olivari, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Alfonso Mardones, Universidad Católica de Temuco

Johanna Mártiz, Pontificia Universidad Católica

Lee Meisel, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile

Carolina Merino, Universidad de la Frontera

Cristian Meriño, Universidad de la Frontera

Rodrigo Morales, Universidad Católica del Maule

Cristina Muñoz, Universidad de Concepción

Celso Navarro, Universidad Católica de Temuco

Andrés Nova, Universidad Austral de Chile

Jorge Olave, Universidad Arturo Prat

Ricardo Oyarzun, Universidad de la Serena

José Luis Palacios, Universidad de Santiago de Chile

Claudio Pastenes, Universidad de Chile

Aníbal Pauchard, Universidad de Concepción

María Cecilia Peppi, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

María Teresa Pino, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Roberto Pizarro, Universidad de Talca

Danae Riquelme, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Lisandro Roco, Universidad Austral

Yasna Rojas, Instituto Forestal

Claudia Rojas, Universidad de O'Higgins

Rafael Rubilar, Universidad de
Concepción

Christian Salas, Universidad Mayor

Rodrigo Salazar, Centro de Estudios en
Alimentos Procesados

Francisco Salazar, Instituto de
Investigaciones Agropecuarias

Francisco Sales, Instituto de
Investigaciones Agropecuarias

Haroldo Salvo, Centro de Genómica
Nutricional Agroacuícola

Andrés Schwember, Pontificia
Universidad Católica de Chile

Daniel Soto, Universidad de Aysén

Alejandra Sterh, Universidad de
Concepción

Paula Toro, Universidad de O'Higgins

Julien Vanhulst, Universidad Católica del
Maule

Benoit Viguiet, Universidad de O'Higgins

Jorge Villaseñor, Universidad de Talca

Hermine Vogel, Universidad de Talca

Pamela Williams, Universidad de
Concepción

Erick Zagal, Universidad de Concepción

María Elvira Zúñiga, Centro Regional de
Estudios en Alimentos Saludables

Andrés Zurita, Instituto de
Investigaciones Agropecuarias

CONTENIDOS

01	SUSTENTABILIDAD DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO EN CHILE	08
	1.1. DEFINICIONES Y MARCOS CONCEPTUALES	09
	1.2. ROL DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA EN LA SUSTENTABILIDAD DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO EN CHILE	13
	1.3. ASESORÍA CIENTÍFICA AL GOBIERNO PARA DEFINIR LA SUSTENTABILIDAD	17
02	INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN AGUA Y SUELO	21
	2.1. INTRODUCCIÓN	23
	2.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD SECTORIAL RECOMENDADOS POR DIMENSIÓN	30
03	INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA EL DESARROLLO FORESTAL	39
	3.1. INTRODUCCIÓN	41
	3.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD SECTORIAL RECOMENDADOS POR DIMENSIÓN	46

04	INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN FRUTICULTURA	109
	4.1. INTRODUCCIÓN	111
	4.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD SECTORIAL RECOMENDADOS POR DIMENSIÓN	113
05	INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN GANADERÍA	127
	5.1. INTRODUCCIÓN	129
	5.2. INDICADORES SUGERIDOS PARA EL SECTOR GANADERO NACIONAL	133
	5.3. INDICADORES PARA LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	137
	5.4. INDICADORES PARA LA DIMENSIÓN ECONÓMICA	143
	5.5. INDICADORES PARA LA DIMENSIÓN SOCIAL	149
	5.6. HUELLA HÍDRICA	162
06	INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA EL SECTOR ALIMENTOS	166
	6.1. INTRODUCCIÓN	168
	6.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD	171
	6.3. GLOSARIO	187

1.

Sustentabilidad del sector Silvoagropecuario en Chile

Citar capítulo como:

Meza, F., Muñoz, L., Acuña. D., Avilés, O., 2022. Sustentabilidad del sector Silvoagropecuario en Chile. En Meza, F., Muñoz, L., Acuña. D., Avilés, O. Eds. Propuesta de Indicadores de Sustentabilidad para el Sector Silvoagropecuario de Chile.

1.1. DEFINICIONES Y MARCOS CONCEPTUALES

El principio de sustentabilidad se estableció como un pilar fundamental de desarrollo durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) celebrada en Río de Janeiro en 1992. Esta reunión marcó un hito histórico en el avance de acuerdos ambientales multilaterales, donde 180 Jefes de Estado comenzaron a efectivamente incorporar el concepto de “sustentabilidad” en el desarrollo de sus propias naciones. En dicha conferencia se acuerdan 27 principios relacionados con la “sustentabilidad” que se materializan en un programa mundial conocido como Agenda 21. En Río 1992 se realiza entonces el primer intento por combinar desarrollo económico con objetivos de conservación bajo el principio de “sustentabilidad”, que fuera transversal a las distintas naciones.

Por actividad silvoagropecuaria entendemos que es un conjunto de actividades que incluye la producción vegetal, ganadería, actividades silvícolas y las cadenas productivas y logísticas asociadas.

El sector agropecuario en Chile aporta un 3,54% del PIB del país, además destaca el crecimiento del sector agropecuario el cual se ha abierto a mercados internacionales, facilitado por los tratados de libre comercio. Chile se ha impuesto el desafío de lograr un desarrollo rural sostenible, que permita la obtención de rentabilidades económicas, pero de manera socialmente justa y ambientalmente amigable (FAO, 2021). No sólo los mercados internacionales demandan productos de origen animal y vegetal que sean sostenibles, sino que esto también es una necesidad levantada por la sociedad chilena, la cual está cada vez más preocupada del origen e impacto de los productos pecuarios. Esto genera la necesidad de contar con sistemas que permitan al país autoevaluarse en términos de sostenibilidad de su sector pecuario, para así poder detectar de manera temprana amenazas a la sostenibilidad y a su vez tomar decisiones basadas en evidencia que permitan avanzar en la implementación y desarrollo de políticas de sostenibilidad para el sector.

No cabe duda de que la agricultura juega un papel central en el desarrollo sostenible de los países. Su posición fundamental como proveedor de nutrición humana da forma a la economía global y la relación de la sociedad con el mundo natural. Sin embargo, se ha asociado a la actividad silvoagropecuaria como detrimental de las funciones básicas de los

ecosistemas, situación que se ha diagnosticado como una consecuencia de sistemas productivos no sustentables, esto es, con extracción de elementos del medio ambiente sin reposición de éstos (ODEPA, 2019).

De acuerdo a la FAO, el concepto de sustentabilidad aplicado al sector, significa asegurar los derechos y bienestar humano sin disminuir la capacidad de los ecosistemas de la tierra para mantener la vida. Es multidimensional, pues comprende simultáneamente integridad ambiental, bienestar social, resiliencia económica y buena gobernanza. Según The Society of American Foresters, se define manejo sustentable como un enfoque ecológico de la gestión de recursos naturales a nivel de paisaje que combina procesos de orden social, físico, económico y biológico, para asegurar la sustentabilidad de ecosistemas saludables y que al mismo tiempo provean valor, bienes y servicios. Similarmente, FAO lo define como la responsabilidad (stewardship) y uso de los ecosistemas de una manera y a una tasa que mantenga su biodiversidad, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y su potencial para satisfacer ahora, y en el futuro, funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes a nivel local, nacional y global, sin generar efectos adversos.

Según Kanter et al (2019) los indicadores son las unidades fundamentales del análisis de las unidades agrícolas y deben transmitir información confiable relevante para la evaluación y la toma de decisiones. Los indicadores pueden ser mediciones directas de un solo factor (por ejemplo, rendimiento de cultivos), estimaciones modeladas que requieren datos y relaciones estadísticas de varias mediciones (por ejemplo, erosión del suelo de la cuenca), o compuestos de varios índices subyacentes (por ejemplo, Índice de empoderamiento de la mujer en la agricultura – Alkire et al., 2013). Los criterios para considerar en la selección de indicadores incluyen 1) confianza en que los vínculos entre los indicadores y lo que pretende representar son bien entendidos, inequívocos y sensibles, 2) confiabilidad y precisión de la información transmitida, y 3) la facilidad y el costo de monitorear el indicador a lo largo del tiempo (Pannell y Glenn, 2000). Además, los indicadores deben ser sensibles a tensiones tanto naturales como antropogénicas en el sistema, que anticipan cambios inminentes, y predictivo de cambios que pueden evitarse con acciones de gestión (Dale y Beyeler 2001).

Se han propuesto muchos indicadores (Lopez-Ridaura, 2002; Speelman et al., 2007; ISPC, 2014; Zurek et al., 2015; Smith et al., 2016) para medir los factores agrícolas, ambientales y humanos aspectos de los medios de vida asociados con la intensificación agrícola, de los cuales varios han sido incluidos en la lista de indicadores propuestos por Naciones Unidas para medir el avance en la ODS (Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, 2016).

Las definiciones de los indicadores, y sobre todo cuando se trata de indicadores específicos, varían mucho en el plano conceptual (Moxey et al., 1995). De igual forma, que en OCDE (2001), la definición de un indicador agroambiental sobre la cual se basa el presente informe es una medida representativa que asocia datos brutos a un fenómeno o a otro que reviste importancia para el Estado de Chile, y en este caso particular, para el Ministerio de Agricultura (por ejemplo, los índices de erosión de los suelos), sobre la sostenibilidad de la agricultura de nuestro país.

A partir de datos brutos se elaboran indicadores calculados, modelos formalizados y conocimientos confirmados, y en especial informaciones aprobadas sobre las cuales ha habido un amplio consenso técnico y de aplicación territorial.

Para Chile, los indicadores de sustentabilidad del sector que se aplican a nivel nacional y pueden o no ser desagregados por subsector o macrozona. No es posible, por el momento, realizar un análisis diferenciado por tipos de agricultura (ej. Agricultura familiar campesina versus Agricultura Exportadora)

Hay numerosa literatura sobre tipología y construcción de indicadores (OCDE, 2013), Para el comité científico, los indicadores deben al menos cumplir los siguientes requisitos:

- Disponibles
- Fuentes oficiales
- Tener métricas claras
- Disponer de metodologías claras de estimación y que permitan trazabilidad y su reproducción
- Periodo de tiempo

Por su parte, es dable citar a Simón et al (2013), que señala algunas consideraciones preliminares sobre indicadores ambientales, especialmente en lo que se refiere a algunos de los atributos que debería caracterizar un buen indicador como son:

- Ser suficientemente sensible como para proporcionar una alerta temprana de cambio
- Distribuirse en un área geográfica extensa o ser fácil de aplicar
- Capaz de proveer estimaciones continuas en un amplio rango de estrés
- Ser relativamente independiente del tamaño de la muestra
- Fácil de medir o interpretar
- Fácil de diferenciar entre ciclos naturales y cambios provocados por influencia antropogénica

Este documento presenta una propuesta de indicadores de sustentabilidad para el sector silvoagropecuario que recoge el trabajo de más de 90 expertos académicos organizados en mesas de trabajo. Estos indicadores han sido identificados y consensuados como una forma de sistematizar la información y sentar las bases de un proceso continuo de monitoreo que permita evaluar el estado actual y, a través de medidas de intervención, lograr mejoras en el tiempo para alcanzar objetivos de desarrollo sostenible.

Un aspecto que no es identificado en este documento de forma especial lo constituye el desafío que Cambio Climático impone al sector. En efecto, se trata de una actividad humana que tiene un rol fundamental en la generación y captura de gases de efecto invernadero y que, además, es sensible a los cambios en el clima comprometiendo sustancialmente su viabilidad.

Existe información que está siendo actualmente desarrollada sobre indicadores de adaptación y mitigación¹ que debe ser incorporada a esta propuesta con el fin de alinear objetivos, capitalizar las sinergias existentes y evitar que las acciones específicas para la mejora de la sustentabilidad

1 Ver Cambio Global, 2021. "Estado del arte en indicadores de mitigación y adaptación del sector agricultura" Informe preparado para UNEP, Ministerio de Medio Ambiente en el marco del proyecto Creación de Capacidades para la Transparencia (CBIT).

generen impactos adversos en el cumplimiento de metas de adaptación o mitigación. Será parte de trabajos posteriores lograr la adecuada combinación de estos indicadores y proponer una versión más completa para que sea adoptada por las autoridades del sector.

1.2. ROL DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA EN LA SUSTENTABILIDAD DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO EN CHILE

Desde hace muchos años que el Ministerio de Agricultura ha incorporado en su accionar los temas de sustentabilidad. Incluso, la ley orgánica ministerial señala que “su acción estará encaminada, fundamentalmente, a obtener el aumento de la producción nacional, la conservación, protección y acrecentamiento de los recursos naturales renovables y el mejoramiento de las condiciones de nutrición del pueblo” (DFL 294 de 1960 del Ministerio de Hacienda). Es decir, se hace una alusión expresa a su rol con relación a la gestión de los recursos naturales. Durante los últimos años, el abordaje de esta temática a nivel ministerial se ha fortalecido, en consideración de los importantes desafíos que se presentan para el sector: hacer un uso responsable y eficiente de los recursos naturales y la biodiversidad, incorporando activamente a las comunidades locales para un desarrollo integral de los territorios, incluyendo a los pueblos originarios y a la agricultura familiar campesina (AFC) y atendiendo a las necesidades de los agricultores, las agricultoras y las empresas de ser resilientes a un entorno cambiante, mejorando la seguridad alimentaria tanto a nivel nacional, como internacional.

Adicionalmente, los distintos compromisos internacionales que Chile ha suscrito han resaltado la necesidad de seguir avanzando en estas temáticas. Sin dudas que la realización de la COP 25 en nuestro país, fue un hecho que le dio mayor visibilidad a la sustentabilidad y el cambio climático en el sector. Permitió poner el tema con fuerza en la agenda sectorial, y concretar las alianzas público-privadas para avanzar en la contribución al desarrollo sustentable del país.

En línea con ello, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también han generado un marco de referencia para las políticas sectoriales, en particular la meta 4 del ODS 2, sobre agricultura sustentable, el ODS 6 sobre agua, el ODS 13 sobre acción climática, y el ODS 15 sobre ecosistemas terrestres. Este marco de referencia internacional ha permitido realizar un trabajo coordinado a nivel ministerial, analizando las contribuciones de las políticas, programas e iniciativas a estos ODS.

En Chile, un factor que afecta especialmente al sector agrícola es la megasequía que hemos vivido durante los últimos 13 años. Esta situación ha evidenciado que el cambio climático es una realidad, y que los actores que participan en el sector silvoagropecuario deben hacer múltiples esfuerzos para adaptarse y reducir su vulnerabilidad, así como también, contribuir a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este punto, es clave la coordinación entre las políticas nacionales en materia de cambio climático, lideradas por el Ministerio de Medio Ambiente, las políticas sectoriales, a cargo del Ministerio de Agricultura (Minagri) y las políticas de fomento a la generación de conocimiento y el desarrollo y transferencia de tecnologías, promovidas por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Dentro del programa de gobierno 2018-2022 se señala que una de las líneas de trabajo del Minagri es el desarrollo forestal y agrícola sustentable, lo que se ve reflejado en uno de sus ejes estratégicos: **Producción Sustentable, agua y cambio climático**. En la cuenta pública del 2020, el Minagri se comprometió a posicionar al sector alimentario y forestal como un sector sustentable, productor de alimentos saludables, carbono neutral y de profundo impacto social a nivel local. Es así que para el Ministerio, uno de sus ejes de trabajo se basa en reconocer los recursos naturales como pilares fundamentales para el desarrollo sustentable del sector, potenciando la generación y adopción de nuevas tecnologías conducentes a la optimización de su aprovechamiento. En este contexto, existen diversos programas ministeriales para el manejo sustentable de los recursos naturales, tales como suelo, agua y biodiversidad.

En materia de suelos, el Ministerio de Agricultura cuenta con el programa Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD-S) cuyo objeto es recuperar el potencial productivo de los suelos agropecuarios degradados y mantener los niveles de mejoramiento alcanzados. Este programa beneficia a pequeños y medianos productores, a través de un incentivo para el establecimiento de una cubierta

vegetal en suelos descubiertos o con cobertura deteriorada, empleo de métodos de intervención del suelo orientados a evitar su pérdida y erosión, y favorecer su conservación, además de la incorporación de fertilizantes de base fosforada y la incorporación de elementos químicos esenciales al suelo, y aplicación de compost, entre otras prácticas. En 2022 termina la vigencia de este programa, lo que plantea una oportunidad al Ministerio de Agricultura respecto de la prórroga del sistema de incentivos para los productores con un foco en el recurso suelo, avanzando progresivamente hacia la sustentabilidad.

Con relación al recurso hídrico y su uso en la agricultura, el Ministerio cuenta con la Comisión Nacional de Riego (CNR), institución que dirige la acción pública en materia de riego, mediante la realización de estudios, programas, proyectos e instrumentos de fomento tendientes a asegurar el incremento y la mejora de la superficie regada del país. Entre las principales acciones realizadas por la CNR están el impulsar la innovación y facilitar la materialización de proyectos y construcción de grandes obras de riego, el fomento a la inversión privada de obras de riego, medianas y menores, mediante la bonificación otorgada por la ley N°18.450, la aprobación de normas para el fomento de la inversión privada en obras de riego y drenaje, según las cuencas de cada región, y la promoción del uso de energías renovables no convencionales (ERNC) en las obras de riego. Adicionalmente, la CNR desarrolla estudios, programas y proyectos que incentivan la gestión y uso eficiente de los recursos hídricos para riego, fortaleciendo la gestión de organizaciones de usuarios de agua y de los agricultores del país.

La Ley 20.283 sobre la Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal tiene como objetivos la protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, para impulsar el progreso social y económico de las comunidades rurales en equilibrio con la protección del medio ambiente. En el marco de esta ley, se maneja el Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo que entrega bonificaciones para contribuir a solventar actividades que favorezcan la regeneración, recuperación o protección de formaciones xerofíticas de alto valor ecológico o de bosques nativos de preservación, actividades silviculturales para obtener productos no madereros, y actividades silviculturales destinadas a manejar y recuperar bosque nativo para fines de producción maderera.

Además de estos tres programas, a nivel ministerial, se realizan importantes labores de coordinación intra e interministerial para abordar los desafíos de sustentabilidad del sector. Sin duda que uno de los mayores desafíos tiene relación con enfrentar los efectos que el cambio global y la variabilidad climática generan sobre la producción silvoagropecuaria, tanto desde la adaptación y disminución de la vulnerabilidad sectorial, como desde la reducción de emisiones. Es así como desde 2017 existe el Comité Técnico Intraministerial de Cambio Climático (CTICC), donde los 12 servicios dependientes o relacionados del MINAGRI trabajan con el objetivo de generar herramientas que permitan disminuir la vulnerabilidad de los agricultores. Es así como el primer plan de adaptación al cambio climático del sector silvoagropecuario se implementó entre 2013 y 2018, con medidas comprometidas por los distintos servicios del ministerio. Actualmente, está en elaboración, a través de un proceso participativo, el segundo plan de adaptación sectorial, que será implementado entre 2023 y 2027.

Con relación a la mitigación del cambio climático, el Minagri, a través de la Corporación Nacional Forestal (Conaf) cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) que orienta e integra las actividades y medidas a adoptar como país para la mitigación y adaptación al cambio climático, así como el combate a la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía. Con compromisos específicos de mitigación al cambio climático a través de las capturas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que realiza el sector forestal, lo que, además, se refleja en los compromisos adquiridos como país en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por su sigla en inglés).

Otro importante esfuerzo de articulación en pos de la sustentabilidad sectorial, es la Estrategia de Sustentabilidad Agroalimentaria al 2030. Este instrumento de política fue lanzado en 2021, luego de un proceso participativo de elaboración de casi 2 años. La Estrategia identifica las prioridades de acción para el sector público y privado para los próximos 8 años, con un foco en la articulación de la oferta de instrumentos públicos para favorecer el avance del sector privado en materia de sustentabilidad, abordando los aspectos ambientales, sociales y económicos del desarrollo. La Estrategia cuenta con cuatro ámbitos de trabajo en la dimensión ambiental, tres en la dimensión social, y dos en la dimensión económica, además de tres pilares transversales. Asociada a la Estrategia, se desarrolló una propuesta de sistema de indicadores para su seguimiento y monitoreo, el que deberá ser validado e implementado durante 2022, al igual que el primer plan bienal de implementación.

Sin duda las temáticas de sustentabilidad han adquirido cada vez más relevancia en la gestión del Ministerio de Agricultura. Se han realizado importantes esfuerzos para, a través de las políticas, programas e iniciativas ministeriales, contribuir a avanzar hacia un sector silvoagropecuario sustentable. Si bien, aún quedan importantes desafíos que enfrentar, la contribución del Consejo Científico Asesor Silvoagropecuario Sustentable es un importante aporte para este objetivo.

1.3. ASESORÍA CIENTÍFICA AL GOBIERNO PARA DEFINIR LA SUSTENTABILIDAD

En el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (MinCiencia) se ha definido la asesoría científica ministerial como el mecanismo que habilita la vinculación de la evidencia como insumo en la toma de decisiones, particularmente en el diseño e implementación de políticas públicas. La implementación de este mecanismo consta de cuatro fases de procesos iterativos que van desde la definición de una problemática de política pública —que motiva la sistematización de evidencia— hasta el seguimiento en la implementación de las recomendaciones de políticas públicas propuestas. Estas fases son:

- **IDENTIFICAR:** Determinar una preocupación de política pública que guía la identificación de la evidencia, aprendizajes y los actores relevantes que la producen.
- **ARTICULAR:** Sistematizar y contextualizar la evidencia identificada previamente. Esta fase considera el despliegue de mecanismos de diálogo, participación y coordinación con los actores del sistema de generación de conocimiento.
- **PROPONER:** Generar recomendaciones y/o propuestas de acciones de políticas públicas y su priorización con base en evidencia. Estas propuestas podrán implementarse, a través de MinCiencia o de otros Ministerios.
- **IMPLEMENTAR:** Poner en marcha las recomendaciones y/o acciones de políticas públicas y su seguimiento, atendiendo a su consistencia con la evidencia disponible e identificando requerimientos de nueva evidencia o nuevas capacidades.

La iniciativa de instalar el Consejo Científico Asesor para el Ministerio de Agricultura, aplica las cuatro fases descritas, de manera de sistematizar evidencia con foco en la sustentabilidad del sector silvoagropecuario, en temas claves para el sector, tales como son (1) agua y suelo, (2) desarrollo forestal, (3) ganadería, (4) fruticultura y (5) Alimentos.

1.3.1. Consejo Científico Asesor para el Ministerio de Agricultura

La coordinación de enfoques y requerimientos comunes entre los equipos del Ministerio de Agricultura y del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación dio contenido al mecanismo de Asesoría Científica Ministerial, con miras a identificar la problemática de políticas públicas, de esta forma se definió el ámbito de sustentabilidad del sector silvoagropecuario incluyendo la dimensión de alimentos.

Con la definición de este ámbito se avanzó en definir las dimensiones definiciones de interés del Ministerio de Agricultura, con el propósito de identificar evidencia vinculable a orientaciones de política pública. Estas dimensiones son:

- **Agua:** gestión, eficiencia, mejores técnicas disponibles, costo-eficiencia, balance, reutilización, consumo humano/productivo, manejo de cuenca, calidad, sequía, recuperación de aguas subterráneas.
- **Suelo:** degradación, recuperación y mantención de suelos productivos, contaminación, desertificación, erosión.
- **Desarrollo Forestal:** prevención de incendios, manejo, relación bosque-comunidad, restauración, tecnología.
- **Ganadería:** regenerativa, alimentación de ganado, estiércol, cambio climático, sistemas integrales u holísticos, huella hídrica.
- **Fruticultura:** captura de carbono, agua, agroquímicos, alimento saludable, inocuidad, adaptación.
- **Alimentos:** desarrollo y procesamiento de alimentos saludables, integración de prácticas de economía circular en la industria, I+D+i.

En la sistematización de evidencia se hicieron consultas a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) para identificar proyectos de investigación relacionados; a la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) para identificar proyectos tecnológicos relacionados; al Instituto de Investigaciones Agrarias (INIA) para identificar experiencias sectoriales de investigación; y, a la Fundación de Innovación Agraria (FIA) para identificar experiencias de innovación sectoriales relacionadas.

Finalmente, se recibieron insumos desde la ANID y del FIA. El análisis preliminar de la evidencia disponible permite definir por dimensión de Agricultura Sostenible, institución y horizonte temporal:

Dimensión	ANID (2015-2019)	FIA (2018-2019)	Total
Agua	37	49	86
Suelo	24	9	33
Incendios	8	1	9
Ganadería	12	65	77
Fruticultura	28	233	261
Economía local	23	524	547
Otro	10	355	365
Total	142	1.236	1.378

Fuente: MinCiencia – Oficina Ciencia y Gobierno.

1.3.2. El Consejo

Consejo Asesor Ministerial Científico Silvoagropecuario Sustentable tiene por misión asesorar al Ministro o Ministra de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación en materias sobre el desarrollo sustentable del sector silvoagropecuario.

Para ello, cuenta con diez expertos y expertas —seis del mundo académico y de gestión de la I+D y cuatro de las capacidades públicas de investigación sectorial en agricultura y alimentos— quienes tenían como objetivo facilitar un equilibrio entre la representatividad de la academia y la visión productiva sustentable impulsada por el Ministerio de Agricultura.

Francisco Meza Dabancens (Coordinador)		
Mesa Sectorial	Mundo académico y de gestión de la I+D	Mundo capacidades públicas de investigación sectorial
Agua y Suelo	• José Arumí Ribera	• Daniela González Espinoza (CIREN)
Desarrollo Forestal	• Horacio Bown Intveen	• Rodrigo Mujica Hoevelmayer (INFOR)
Fruticultura	• Mauricio Ortiz Lizana	• Patricio Hinrichsen Ramírez (INIA)
Ganadería	• Tamara Tadich Gallo	• Marta Alfaro Valenzuela (INIA)
Alimentos		• Giovanna Muñoz Villablanca (CEAP)

Fuente: Elaboración propia.

Este consejo organizó a la comunidad científica según ámbitos de interés en base a una primera búsqueda de evidencia permitiendo conocer la disponibilidad de conocimiento vinculado al sector y quienes la generan.

Luego de hacer la revisión de evidencia, se convocó a la comunidad científica a una serie de reuniones de las mesas sectoriales para que, a través de mecanismos participativos, para que esta sistematizara y contextualizara la evidencia con el objetivo de transformarla en insumo para el diseño e implementación de políticas públicas que respondan al mandato del Consejo Asesor.

Finalmente, estas recomendaciones de indicadores surgidos de estas regiones, se presentan en este documento miras a entregar respuestas a los desafíos planteados por el Ministerio de Agricultura.

2.

Indicadores de sustentabilidad en agua y suelo

Citar capítulo como:

Arumí, J. L., González, D. Díez, M.C., Flores, J.P., Gironás, J., López-Olivari, R., Mardones, A., Merino, C., Meza, F., Olave, J., Oyarzún, R., Pizarro, R., Viguier, B., Zagal, E. 2022. Indicadores de Sustentabilidad en Agua y Suelo. En Meza, F., Muñoz, L., Acuña, D., Avilés, O. Eds. *Propuesta de Indicadores de Sustentabilidad para el Sector Silvoagropecuario de Chile.*

INTEGRANTES MESA AGUA Y SUELO

Dr. Juan Pablo Flores V.	Centro de Información de Recursos Naturales
Dra.(c) Daniela González E.	Centro de Información de Recursos Naturales
Dr. José Luis Arumí R.	Universidad de Concepción
Dr. Francisco Meza	Pontificia Universidad Católica de Chile
Dra. Carolina Merino G.	Universidad de la Frontera
Dr. Jorge Olave Vera	Universidad Arturo Prat
Dr. Erick Zagal V.	Universidad de Concepción
Dr. Roberto Pizarro T.	Universidad de Talca
Dr. Ricardo Oyarzun L.	Universidad de la Serena
Dr. Rafael López O.	INIA
Dr. Jorge Olave V.	Universidad Arturo Prat
Dra. Alejandra Sterh	Universidad de Concepción
Dr. Jorge Gironas	Pontificia Universidad Católica de Chile
Dra. María Cristina Diez	Universidad de la Frontera
Dr. Benoît Viguier	Universidad de O' Higgins
Dr. Alfonso Mardones	Universidad Católica de Temuco

2.1. INTRODUCCIÓN

No cabe duda de que la agricultura juega un papel central en el desarrollo sostenible de los países. Su posición fundamental como proveedor de nutrición humana da forma a la economía global y la relación de la sociedad con el mundo natural. Sin embargo, se ha asociado a la actividad silvoagropecuaria como detrimental de las funciones básicas de los ecosistemas, situación que se ha diagnosticado como una consecuencia de sistemas productivos no sustentables, esto es, con extracción de elementos del medio ambiente sin reposición de éstos (ODEPA, 2019).

Sin un diseño y aplicación de políticas públicas o incentivos estatales en materia de producción agropecuaria bajo el actual escenario de condiciones adversas para la producción agrícola (sequía, cambio climático, desertificación, aridización de suelos agrícolas) se propiciaría una disminución en la superficie agroproductiva del país y con ello una mayor dependencia de los mercados extranjeros para el abastecimiento de productos silvoagropecuarios (lácteos, carne granos, frutas, etc.) al no generar las condiciones necesarias para la adaptación de la agricultura tradicional. Al respecto, Chile ha vinculado al Programa Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD-S) dentro de la Agenda 2030, sobre el ODS 2 (Hambre cero) objetivo específico 2.4 para asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la producción y que mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra. Al respecto, Campusano (2014)¹ ha señalado que el Cambio Climático generará importantes procesos migratorios, incluso intranacionales, si no se adoptan políticas públicas tendientes a abordar este fenómeno desde la perspectiva de la adaptación, lo que incluye una reconversión de los sistemas agroproductivos.

Por lo tanto, para lograr la sustentabilidad del sector es fundamental avanzar en una serie de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) acordados por las Naciones Unidas en 2015, que van desde la erradicación del hambre y la pobreza hasta la mejora del bienestar humano y la reducción de los impactos ambientales (Naciones Unidas Consejo, 2016).

¹ En su publicación “Cambio Climático y Migraciones: desafíos para el derecho y las políticas públicas”.

Más de un tercio de la superficie terrestre del mundo y casi las tres cuartas partes de los recursos de agua dulce se dedican a la agricultura (Dobermann et al., 2013; HLPE, 2013; Pretty et al., 2006). Es a la vez un importante impulsor del cambio climático global, como resultado del cambio de uso de la tierra y emisiones de gases de efecto invernadero, y uno de los sectores más vulnerables a sus impactos. Además, aproximadamente tres cuartas partes de los habitantes más pobres del mundo viven en zonas rurales, donde la agricultura es la principal fuente de empleo e ingresos (World Bank, 2008). Con la creciente población mundial, aumenta la presión sobre los sistemas agrícolas y naturales. Como resultado se espera que la agricultura proporcione no solo alimentos nutritivos, sino también empleo, recursos energéticos, agua limpia, conservación de la biodiversidad, entre otros. Esta situación hace que sea imprescindible gestionar las compensaciones entre los beneficios potenciales y los impactos negativos que pueden surgir en la producción de alimentos bajo sistemas agrícolas tradicionales por sobre los sistemas sustentables (Tilman y Clark 2014).

En cuanto al agua, DGA (2019) Chile podría ser calificado como un país privilegiado en materia de recursos hídricos. Al considerar todo el territorio nacional, el volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurre por los cauces es de 53.000 m³ por persona al año, superando en 8 veces la media mundial (6.600 m³/habitante/año), y en 25 veces el mínimo de 2.000 m³/habitante/año que se requiere desde la óptica de un desarrollo sostenible. Por otra parte, prácticamente la mitad de Chile tiene una disponibilidad de agua por habitante menor a la media mundial. Sin embargo, el efecto de la reducción de las precipitaciones a lo largo del país, sumado al cambio climático global y una década de mega sequía impactan negativamente al desarrollo del sector silvoagropecuario. Se suma a ello, el sostenido desarrollo económico del país en las últimas décadas, lo que ha generado y seguirá generando demandas cada vez mayores sobre los recursos hídricos por parte de los diferentes tipos de usuarios.

En Chile, el sector agrícola es el principal usuario de agua, con extracciones de alrededor de un 73%, mientras que la minería y los usos industriales comparten un 21%. La hidroelectricidad efectúa el mayor uso no consuntivo del recurso hídrico. El nivel de competencia entre estos usos varía a lo largo del país y es particularmente aguda en las áreas norte y central, donde desde mediados del siglo XX toda el agua superficial ya fue asignada.

En cuanto al suelo, FAO (2020) señala hoy en día, que una superficie equivalente a un campo de fútbol de tierra se erosiona cada cinco segundos, y el planeta se encuentra en una situación que podría conducir a la degradación de más del 90 por ciento de todos los suelos de la Tierra el año 2050. La erosión, provocada por la agricultura intensiva, la labranza, el monocultivo, el sobrepastoreo, la expansión urbana, la deforestación y las actividades industriales y mineras, contribuye a acelerar la erosión del suelo, lo que puede provocar pérdidas en el rendimiento de los cultivos de hasta el 50 por ciento.

En el mundo, se pierden 36 hectáreas de suelo por minuto. La mitad de Chile está erosionado, el desierto avanza hacia el sur a un ritmo aproximado de 3 kilómetros por año, y lo que está pasando es que el 50 por ciento del territorio chileno podría estar produciendo cuando en la actualidad no lo hace (García-Chevesich, 2017). Sin embargo, nuestro país, no cuenta con un indicador de erosión. Actualmente, se utiliza la cartografía digital del riesgo de erosión actual del año 2010 elaborada por CIREN, para informar los Indicadores de desempeño del año 2020. Estos indicadores están vinculados al Sistema de Incentivos de la ley 20.412, del Ministerio de Agricultura (Tabla 1).

Tabla 1.
Indicadores de desempeño para la sustentabilidad de los suelos. Sistemas de incentivos Ley 20.412. Año 2020

Producto estratégico que se vincula	Indicador	Fórmula de cálculo	Efectivo 2016	Efectivo 2017	Efectivo 2018	Efectivo a junio 2019	Meta 2020
Sustentabilidad de los suelos	Eficacia/ producto	(N° de comunas con suelos altamente afectados por erosión que son intervenidas con prácticas SIRSD-S destinadas a la conservación de suelos en el año t / N° de comunas con suelos altamente afectados por erosión año t) * 100	41% (54/131) *100	52% (68/131) *100	N.M.	24% (31/131) *100	46% (60/131) *100
Sistema de incentivos Ley N° 20.412	Porcentaje de comunas con suelos altamente afectados por erosión que son intervenidas con prácticas SIRSD-S destinadas a la conservación de suelos altamente afectados por erosión	(N° de comunas con suelos altamente afectados por erosión que son intervenidas con prácticas SIRSD-S destinadas a la conservación de suelos en el año t / N° de comunas con suelos altamente afectados por erosión año t) * 100					

Fuente: Elaboración propia

En términos, de indicadores de gestión del recurso hídrico, no se cuenta con indicadores de disponibilidad y calidad del recurso agua para uso consuntivo o no consuntivo. La Dirección General de Aguas hace hincapié en los indicadores asociados a los expedientes resueltos de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, las fiscalizaciones de denuncias, las investigaciones y evaluaciones del recurso hídrico, el pronunciamiento y fiscalizaciones ambientales, y el estado actual del Sistema Nacional de Información del Agua (Tabla 2).

Tabla 2.

Indicadores de Desempeño para gestión hídrica. Derechos de aprovechamiento de aguas.
Dirección General de Aguas de Chile. Año 2021

Producto estratégico que se vincula	Indicador	Fórmula de cálculo	Efectivo 2017	Efectivo 2018	Efectivo 2019	Efectivo a junio 2020	Meta 2021
Expedientes resueltos de Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA)	Eficacia/ producto	(suma N° de solicitudes de DAA totalmente tramitadas en el año t / suma N° de solicitudes de DAA que componen el stock inicial más las solicitudes ingresadas en el año t) *100	44% (8174/18701) *100	45% (7942 / 17830) *100	40% (7451 / 18690) *100	15% (2215 / 17926) *100	42% (7530 / 17926) *100
	Porcentaje de solicitudes de DAA totalmente tramitadas en el año t, en relación a las solicitudes que componen el stock inicial más las solicitudes ingresadas en el año t						

Fuente: Elaboración propia

En este marco, existe la urgencia de generar una propuesta de indicadores agroambientales para el recurso suelo y agua. Este documento aborda una aproximación al concepto de indicador como elemento primordial que debe sustentar un sistema información y seguimiento de indicadores agroambientales, para su uso en todo el territorio nacional.

Anticipándose a los escenarios presentes que son impactados por el cambio climático global en el sector silvoagropecuario, el programa Hidrológico Internacional de la Unesco, señala que el enfoque actual apunta a la seguridad hídrica, priorizándose tres ejes: escasez y calidad de aguas, desastres, y el agua y los asentamientos humanos el futuro. “Entre tantos desafíos es fundamental el trabajo en cultura del agua junto a la ciudadanía, por lo que es esencial para avanzar en la sustentabilidad del recurso hídrico. En suelo, el enfoque está dirigido a la calidad del suelo como la capacidad funcional de un tipo de suelo, para sustentar la productividad animal o vegetal, mantener

o mejorar la calidad del agua, el aire, y sostener el asentamiento y salud humana, con límites ecosistémicos naturales determinados por el manejo (Karter et al., 2016).

El desafío para nuestro país radica en la mantención y/o mejora de la calidad y la disponibilidad de los recursos agua y suelo, que puede generar beneficios económicos en forma de aumento de la productividad silvoagropecuaria, mayor eficiencia en el uso de nutrientes y pesticidas, mejor calidad del aire y del agua y reducción de los gases de efecto invernadero (Brejda y Moorman, 2001).

Según ODEPA (2018), los diversos desafíos y situaciones a que el sector silvoagropecuario se enfrenta en su proyección al año 2030, implica un esfuerzo de trabajo público-privado coordinado, que permita ir generando condiciones de competitividad del conjunto de las cadenas alimentarias, formando redes de colaboración por sobre estructuras normativas rígidas. En forma complementaria a los factores de cambio estructural antes descritos, es necesario tener presente las complejas dinámicas a que se ven sometidas los paisajes rurales sobre los que se desarrolla el sector silvoagropecuario.

El trabajo del Ministerio de Agricultura se ha enfocado en promover la incorporación de prácticas y manejos ambientalmente sustentables, en los sistemas productivos de la agricultura familiar usuaria y transversalizar las líneas de acción definidas, en todos los programas y servicios de la Plataforma de Fomento, especialmente, en lo relacionado con el desarrollo de capacidades y con el financiamiento de inversiones prediales con enfoque sustentable. En este marco, el Gobierno de Chile, ha diseñado una serie de planes, programas y políticas dirigidas a crear una ruta común para desarrollo futuro y sostenible para el sector silvoagropecuario, entre ellos, el plan de adaptación para los recursos hídricos, el programa de Agricultura Sustentable de INDAP, la política forestal 2015-2035.

Acuña (2018), agrega que la Agenda 2030 y los ODS, en particular, delinearán los esfuerzos globales en materia de desarrollo durante los próximos años, con un énfasis en que se aborden las dimensiones económica, ambiental y social. Para alcanzar el logro de estos objetivos, es esencial el involucramiento y trabajo conjunto de los actores públicos y privados. Para ello, se establece un marco institucional chileno para el cumplimiento de

metas e indicadores del ODS 2, y lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible, considerando un escenario de variabilidad y cambio climáticos global.

A modo de ejemplo, se suman de manera acelerada los efectos del cambio climático en Chile y, junto a ello, la urgente necesidad de definir estrategias de adaptación a nivel nacional, regional y local para enfrentar esta problemática global. Adecuarse convenientemente a los efectos del cambio climático no sólo requiere de nuevos conocimientos para producir alimentos bajo condiciones climáticas cambiantes, sino también se hace necesario un uso de los recursos más eficiente y profesionalizado, dada su creciente escasez.

En el caso del recurso suelo, los indicadores sugieren estar dirigidos a las principales problemáticas detectadas:

- Pérdida de suelos con potencial productivo agropecuario por avance urbano;
- Sellamiento y compactación de suelos;
- Salinización de suelos por vertidos de aguas derivadas del tratamiento de residuos urbanos;
- Laboreo tradicional induce pérdida de materia orgánica;
- Contaminación de suelos y aguas por excesos de Nitrógeno;
- Emisiones de CO₂ por labranza tradicional, compactación de suelos, mal drenaje y uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, ejemplo aplicación de agroquímicos, urea y biosólidos;
- Plantaciones en ladera sin resguardo a protocolos de buenas prácticas de manejo de suelos en ladera;
- Degradación física de suelos, por erosión.

En el caso del recurso agua los indicadores sugieren estar dirigidos a las principales problemáticas detectadas:

- Reducción de la oferta de agua;
- Incremento de la demanda de agua;

- Contaminación de aguas superficiales y de los acuíferos (eutrofización, metales pesados, nitrógeno);
- Incremento de sedimentos e intervención de cauces de ríos y borde costero (estuarios);
- Reducción de glaciares y humedales;
- Demanda insatisfecha de agua potable en las zonas de menor cobertura;
- Baja reutilización del recurso.

2.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD SECTORIAL RECOMENDADOS POR DIMENSIÓN

La metodología de trabajo está inspirada en un documento de trabajo elaborado por Reyta et al., (2014) para el World Resources Institute (WRI) donde se presenta la secuencia metodológica de trabajo, para identificar indicadores cuantificables de sustentabilidad ambiental de la agricultura que ayuden al Ministerio de Agricultura a generar políticas públicas que ayuden a mejorar la comprensión de los distintos actores de la situación actual de la actividad agrícola, identificar tendencias, monitorear cambios y realizar comparaciones entre diferentes zonas de interés.

El Consejo Científico Asesor para la Sustentabilidad del sector Silvoagropecuario compuesto por un panel de expertos/as que trabajan en las principales instituciones de educación superior y del Gobierno de Chile, y que ligados/as a las ciencias de la tierra, definió tres ámbitos de acción de los indicadores, a saber: Ambiental, Social y Económico.

Se procedió a identificar, mediante tres reuniones de trabajo, un conjunto de 47 indicadores referidos a la relación entre el agua, el suelo y la agricultura. Como la solicitud del Ministerio de Agricultura fue desarrollar un conjunto reducido de indicadores, se procedió a agrupar los indicadores previamente definidos en el conjunto de 14 indicadores que se presenta a continuación:

AGUA

- Condición Hídrica de la cuenca,
- Uso del agua en la agricultura,
- Calidad del manejo del agua en la agricultura,
- Condición de calidad del agua,
- Condición ambiental del territorio,
- Aporte al PIB.

SUELOS

- Superficie de suelos degradados / superficie total de suelos,
- Superficie bonificada SIRSD-S por distrito / superficie total de suelos,
- Contenido de materia orgánica de los suelos,
- Superficie aplicada con agroquímicos y fitosanitario por distrito / superficie silvoagropecuaria,
- Ocurrencia de incendios forestales por comuna o distritos,
- Superficie total suelo agrícola / superficie total de suelo no urbano,
- Superficie de suelos bajo conservación / superficie total de suelo o estado de conservación de las áreas de conservación según MMA,
- Comunas con altos índices de desertificación

Los indicadores fueron caracterizados por: ámbito, existencia, frecuencia de actualización deseada, escala, fuente de los datos, unidad de medida y estado de prioridad del indicador.

Tabla 3.

Caracterización de los indicadores de agua y suelos para evaluar la sustentabilidad silvoagropecuaria de Chile

Problema o tema a tratar	Recurso natural	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Disponibilidad de Agua	Agua	Condición Hídrica de la cuenca (ICHIDc)	Indicador compuesto por un conjunto de variables disponibles a través de la DGA y Meteochile. Para la elaboración de este índice se considera el índice de Precipitación Estándar (IPE); el índice de Caudal Estándar (ICE); pronóstico de caudales de deshielos (PROd) y la condición de los acuíferos (CONDa). En base a estas variables se establece un índice con los valores: Abundancia, normal o escasez). Se plantea generar un índice anual a nivel de cuenca.	$ICHIDc = (IPE) + (ICE) + (PROd) + (CONDa)$	Chile estuvo entre los 10 países con mayor gasto asociado a desastres en el 2015, llegando a US\$ 3.100 MM; de ese monto, más del 45% se destinó a cubrir situaciones de escasez hídrica (Informe ONU, 2016). Según antecedentes entregados en la Política Nacional para los Recursos Hídricos (2015), Chile posee actualmente una brecha de agua de 82,6 m ³ /s que al año 2030 aumentará a 149 m ³ /s, estimada al comparar la disponibilidad de agua con las proyecciones de crecimiento económico e infraestructura prevista a construir. La disponibilidad del recurso aumenta conforme se avanza desde el norte hacia el sur del país, en un rango que varía entre 0,01 en la zona norte y 3.480 m ³ /s en cuencas de la zona austral. Cuando se trata de evaluar los recursos hídricos y su disponibilidad futura, en un país con una gran heterogeneidad, el déficit hídrico y su tendencia en el tiempo adquiere gran relevancia (Fundación Chile, 2018).
Demanda agrícola	Agua	Uso del agua en la agricultura (USOAa)	Indicador compuesto por un conjunto de variables: Volumen demandado para consumo agrícola; Demanda de agua para riego; Volumen de riego + volumen de precipitaciones usado en agricultura. Se trata de un indicador compuesto que se calcula anualmente a nivel de cuenca	$USOAa = (VOLriego) + (VOLpp)$	Para tener una idea de dónde se tiene mayor presión, y basándose en esta relación para las grandes cuencas del país, se presenta un indicativo de la presión de la demanda sobre la oferta, denominado Uso del agua en la agricultura. La demanda hídrica del sector agrícola constituye un ítem de gran importancia en los usos consuntivos de Chile. El sector agrícola es el principal usuario de agua, con extracciones de alrededor de un 73% del total país (MOP, 2013), por lo que el peso de este sector en el cómputo global de requerimientos hídricos es de alta importancia. Al respecto, cabe mencionar que, según el VII Censo Agropecuario y Forestal del año 2007, la superficie regada fue de 1,09 millones de hectáreas. Por otro lado, cabe señalar que existe una agricultura de secano de considerable proporción, la cual, si bien no se abastece del recurso hídrico superficial o subterráneo a través del riego, se desarrolla al amparo de las precipitaciones; lo anterior implica que, a nivel de subcuenca (y cuenca y región, por extensión), estas hectáreas cultivadas también tienen una demanda hídrica potencialmente cuantificable (DGA, 2017).

Problema o tema a tratar	Recurso natural	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Manejo del agua en la agricultura	Agua	Calidad del manejo del agua en la agricultura (CMAa)	Indicador compuesto por un conjunto de variables que refleja como la agricultura en una cuenca maneja el agua: Eficiencia de riego promedio; Volumen de reúso en riego; Volumen de riego / Volumen total (lluvia + riego); Ahorro de agua aplicada o evapotranspirada. Se trata de un indicador compuesto que se calcula decadalmente a nivel comunal en conjunto con el Censo Agropecuario	$CMAa = \text{VOLriego} / \text{VOL total}$	Surge de la idea de generar algunos indicadores de eficiencia y de la necesidad de que productores, administradores del recurso, investigadores y técnicos vinculados al uso del agua, cuenten con instrumentos expeditos para la evaluación de sistemas productivos, bajo incertidumbre en la disponibilidad del recurso. Así, la cantidad de variables que integran la agricultura de riego (tecnología de producción, infraestructura, diseño de sistemas, condiciones climáticas, precios de mercado, aspectos sociales, comparación entre sistemas y cadenas productivas) son esenciales para definir esquemas que maximicen la productividad del agua de riego (Molden et al., 1998). En la evaluación de sistemas productivos con distintos volúmenes disponibles de agua es necesario estandarizar las medidas para hacer “comparables” las localidades, aunque tengan diferentes posibilidades e intereses de producción (Levine, 1982). Existen algunos indicadores para cuantificar y medir el desempeño productivo y económico de los sistemas agrícolas (Cohen et al, 2006).
Restricciones en la actividad agrícola por problemas de contaminación	Agua	Condición de calidad del agua en la agricultura (CCAA)	Indicador obtenido al comparar el número de estaciones de control de calidad de agua donde existen restricciones a uso de agua para riego comparado con el número de estaciones de calidad de agua existente en una cuenca. La información se obtiene de las bases de dato de la DGA, SAG y MMA.	$CCAA = \frac{\text{N}^\circ \text{ estaciones calidad con limitaciones}}{\text{N}^\circ \text{ estaciones calidad totales}}$	Un indicador de calidad de agua es un “parámetro o valor derivado de parámetros que sugiere, proporciona información de o describe el estado de calidad de las aguas que se estén estudiando. En el caso de Chile, la Dirección General de Aguas (DGA), a través del Departamento de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos (DCPRH), genera y publica la información de calidad de aguas superficiales y subterráneas de todo el país. Esta información ha sido utilizada con diversos fines: publicación de artículos científicos, reporte de datos de acuerdo a Norma Secundaria de Calidad Ambiental, información de líneas de base, etc. Otro uso relevante de la información de la DGA, es la evaluación del avance en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En particular, la información de la DGA ha sido usada para calcular el indicador ODS 6.3.2 “Porcentaje de cuerpos de agua de buena calidad” en 6 cuerpos de agua DGA (2020).



Problema o tema a tratar	Recurso natural	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Impacto ambiental de la agricultura	Agua	Condición ambiental del territorio (CAMt)	Indicador compuesto por un conjunto de variables que reflejan el impacto agrícola sobre el medio ambiente: Estado de la cuenca según NCS; cobertura de BPM, existencia de humedales o lagunas impactadas, etc. Se calcula anualmente a nivel de partir de información de la DGA, SAG y del MMA.	$CAMt = \frac{\text{Número de ecosistemas degradados}}{\text{número ecosistemas totales}}$	El monitoreo de ecosistemas acuáticos o humedales nos permite entender y relacionar los efectos del entorno sobre ciertos parámetros del ecosistema, tener un registro sistemático en el tiempo, tomar decisiones y medidas de gestión frente a los cambios que se detectan. En un escenario de cambio climático global y alta demanda por el recurso hídrico, el monitoreo se constituye en una herramienta fundamental para la gestión en conservación dentro de las unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Según Sánchez (Colás Sánchez, 2008), la aproximación de los valores que adquieren las variables fisicoquímicas y biológicas permite conocer las condiciones del agua, aire, suelo y de los ecosistemas. Estos valores pueden ser resumidos en indicadores que reconozcan alcanzar un mejor entendimiento del estado del ambiente. La consideración de los factores naturales, buscando nuevos abordajes que incorporen diferentes dimensiones tales como la social, económica, política y cultural han enriquecido la forma de análisis de la situación del medio ambiente, el manejo de los recursos naturales, la evaluación del impacto de las diferentes actividades y las consecuencias de los procesos de desarrollo sobre los recursos naturales (Sarandón S. J., 2014).
Aporte del agua usada en la agricultura al PIB	Agua	Aporte al PIB (APIBa)	Indicador compuesto por un conjunto de variables que reflejan el aporte del uso de agua en la agricultura al PIB. Se calcula anualmente por cuenca en base a la producción agrícola dividido por el volumen de agua usado.	$APIBa = \frac{\text{Aporte PIB agricultura}}{\text{VOL total}}$	El agua representa al menos el 60% del producto interno bruto del país –ya que es necesaria para la minería, el sector forestal, la agricultura, la industria, el turismo, etc.– y, lo que es más importante, para permitir la vida de las personas que generan y son responsables del consumo, la inversión, las exportaciones, etc. Asimismo, si el aporte de Chile en todo su I+D es de un 0,38%, según cifras del Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional de la Unesco, la inversión en I+D relativa al agua es de solo un 0,0025%, es decir, 150 veces del total. Por tanto, al recurso natural que aporta el 60% del PIB, se le dan recursos por un mínimo valor, aunque en el mismo se expresen las consecuencias de la variabilidad y el cambio climático, y toda nuestra estructura productiva dependa de contar o no con este recurso para propender a alcanzar metas de crecimiento económico y desarrollo del país. Si a ello se le suma el rol ambiental del agua, para la mantención y preservación de nuestros ecosistemas, entonces la situación es aún más acuciante (Pizarro, 2018).

Problema o tema a tratar	Recurso natural	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Degradación física por procesos erosivos	Suelo	Condición física de suelos (CFISa)	Corresponde a la relación de superficies de las tierras con problemas de erosión del suelo en función de la superficie de un territorio determinado (distrital o comunal). Este indicador pretende reflejar el impacto de los procesos erosivos en el territorio, a partir de las causales directas e indirectas de la degradación de la tierra; sequía, incendios forestales, sobrecarga animal, tala o deforestación, prácticas agroforestales no sustentables, cambio de uso de suelo.	Superficie de suelos degradados / Superficie total de suelos	La erosión es uno de los procesos más frecuentes en nuestro país y el de mayor relevancia debido a que el tiempo que se necesita para volver a generar unos pocos centímetros de suelo perdidos suele ser similar al de una generación humana. La erosión es un proceso de desgaste de la superficie terrestre, provocada por la acción de las fuerzas de la naturaleza, contribuyendo a la transformación del suelo. Se denomina erosión acelerada al proceso de degradación que induce el hombre en los suelos, a través de prácticas incorrectas de uso y manejo. La erosión es considerada un problema en el sector silvoagropecuario, porque el suelo es un recurso no renovable y altamente vulnerable a la acción antrópica y a las condiciones de variabilidad climática y de cambio climático global (Cartes, 2013). En Chile existe una superficie de 36,5 millones de hectáreas con algún grado de erosión (48,7% del territorio nacional), de los cuales 18,1 millones se encuentran en las categorías de erosión severa o muy severa (Ciren, 2010).
Detrimento de la capacidad de uso por fertilidad	Suelo	Condición de fertilidad del suelo (CFERa)	Corresponde a la relación de la superficie bonificada por prácticas de recuperación de suelos y la unidad territorial de análisis (distrito o comuna). El SIRSD-S consta de cinco subprogramas que agrupan a prácticas según objetivos definidos en la ley 20.412. Incorporación de fertilizantes de base fosforada, Incorporación de elementos químicos esenciales, Establecimiento de una cubierta vegetal en suelos descubiertos o con cobertura deteriorada, Empleo de métodos de intervención del suelo, entre otros, la rotación de cultivos, orientados a evitar su pérdida y erosión y favorecer su conservación y eliminación, limpia o confinamiento de impedimentos físicos o químicos.	Superficie bonificada SIRSD-S (Incorporación de elementos químicos esenciales) por distrito / Superficie total de suelos	La degradación química se define como la pérdida de nutrientes (o la acumulación excesiva de algún nutriente) y el aumento de la salinidad o la acidez. Según Cartes (2013) la degradación química, entre las regiones del Maule y de Los Lagos se encuentra la mayor superficie de suelos con exceso de acidez y con déficit de fósforo, con 4,3 millones y 6,3 millones de hectáreas, respectivamente. Es importante destacar que la superficie con exceso de acidez señalada está incluida prácticamente en su totalidad en la superficie con déficit de fósforo. En la macrozona norte, los suelos presentan pH alcalinos, generando deficiencias de macro y micronutrientes. Se debe avanzar en cuantificar la concentración de arsénico presente en los suelos que pueden afectar la inocuidad alimentaria.



Problema o tema a tratar	Recurso natural	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Degradación biológica del suelo	Suelo	Condición biológica del suelo (CBIOa)	Corresponde a la degradación biológica del suelo caracterizada con un indicador indirecto del contenido de materia orgánica del suelo.	Contenido de materia orgánica de los suelos	La pérdida de la biodiversidad (organismos vivos) y de la materia orgánica (organismos de origen animal y vegetal, parcial y/o totalmente descompuestos o transformados) constituyen los efectos más notorios debidos a la ocurrencia de los procesos de degradación biológica. Esto repercute sobre diferentes funciones del suelo como, entre las más importantes para suelos agrícolas están la transformación, reciclado y posterior asimilación de los nutrientes por las plantas. Cartes (2020) estima que 1,4 millones de hectáreas presentan degradación biológica, representada por la deficiencia de materia orgánica, y se ubican en los sectores de cordillera, precordillera y valles de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama, donde el porcentaje promedio de materia orgánica no supera 1,5%.
Contaminación de suelos	Suelo	Condición de calidad del suelo (CCAMA)	Corresponde a la degradación química del suelo por contaminantes asociados a la relación directa entre la deficiencias nutricionales-fitosanitarias del suelo y la cantidad de agroquímicos aplicado, para superar las limitantes de capacidad de uso del suelo, para la producción silvoagropecuaria.	Superficie aplicada con agroquímicos y fitosanitario por distrito /superficie silvoagropecuaria	Varios de los procesos de degradación química están vinculados a la degradación biológica y suelen ocurrir en condiciones extremas de la ocurrencia de este último. Ejemplos de lo manifestado son el agotamiento de nutrientes y la acidificación del suelo que resultan como consecuencia de, entre otras causas, el agotamiento de la materia orgánica. La contaminación del suelo es otro proceso de degradación química que generalmente está asociado a la contaminación de aguas (superficiales y subterráneas), al inadecuado uso y manejo de insumos y desechos de la agricultura, como; metales tóxicos, lodos residuales, desechos de fundición, escombros de minería (Pisticelli, 2015)).

Problema o tema a tratar	Recurso natural	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Degradación ecológica	Suelo	Condición ecológica del territorio (CECOLt)	Corresponde a la frecuencia de incendios forestales y quemas agrícolas registrados por comuna durante los últimos tres años calendarios consecutivos. Este indicador refleja el efecto que tiene el fuego sobre un ecosistema determinado; efectos tanto físicos, químicos y biológicos.	Número de incendios forestales y quemas agrícolas por comuna o distrito	Los incendios forestales representan una causa significativa de pérdida del patrimonio nacional. Anualmente se queman entre 20.000 y 85.000 hectáreas de vegetación, afectando principalmente vegetación natural, perdiéndose tanto su biodiversidad como los bienes y servicios ecosistémicos y sociales que esa vegetación presta. En la medida que la frecuencia e intensidad de los incendios forestales aumenta, la necesidad por recuperar los ecosistemas nativos es cada vez más patente. En este marco, disponer de antecedentes que informen la toma de decisiones sobre las oportunidades y modos de restaurar la vegetación nativa es indispensable (Simonetti, 2010). Los principales impactos de los incendios forestales son a nivel de las propiedades (físico, químico y biológico) y productividad del suelo. Estos impactos se traducen en: generación de erosión, pérdida de nutrientes, disminución de la materia orgánica, alteración de la vegetación (González, 2017).
Expansión Urbana	Suelo	Ocupación de las tierras por la agricultura (OCUPa)	Corresponde a la relación de superficies de ocupación de la tierra por la agricultura en función de la superficie urbanizada de un territorio. Este indicador pretende reflejar el aumento o disminución de la superficie agrícola presionado por el cambio de uso de suelo inmobiliario e industrial.	Superficie total suelo agrícola / Superficie total de suelo no urbano	La expansión urbana avanza anualmente y está desplazando a la agricultura a suelos con menor capacidad de uso. En los últimos años, en la mayoría de las regiones, se ha observado un importante desarrollo inmobiliario que ha impulsado la expansión de las principales ciudades del país. Esta expansión se ha implementado utilizando planos reguladores que no son aplicables sobre la totalidad de los territorios administrativos básicos, como por ejemplo las áreas rurales de las comunas, lo que ha resultado en un crecimiento de las áreas urbanas que no siempre se ha llevado a cabo en forma orgánica y articulada con el resto de las actividades económicas presentes en la región (Rivas y Traub, 2013). Se habla de expansión urbana descontrolada cuando la tasa de cambio del uso del suelo supera la tasa de crecimiento demográfico.



Problema o tema a tratar	Recurso natural	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Conservación de suelos y aguas	Suelo	Estado de conservación de los ecosistemas terrestres protegidos (ECONSt)	Corresponde al estado de conservación de las áreas protegidas de Chile, que son porciones de territorio, delimitadas geográficamente y establecidas mediante un acto administrativo de autoridad competente, colocadas bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental.	Superficie de suelos bajo conservación / Superficie total de suelo o Estado de conservación de las áreas de conservación según MMA.	Por muchas décadas el mundo ha vivido con la difícil misión de conciliar la producción de alimentos para una población en creciente aumento con la conservación de la diversidad biológica (biodiversidad) presente en los sistemas naturales. En una primera mirada, estos objetivos no serían posibles de conciliar porque ambos requieren de territorio para su existencia y desarrollo, el cual es limitado en nuestro planeta en relación con la actual demanda de alimentos (Pilgrim et al., 2010).
Desertificación	Suelo	Nivel de desertificación (NDESERT)	Corresponde al nivel de degradación del suelo producto del aumento de la aridez.	Número de comunas con altos índices de desertificación	Es un proceso combinado, multicausal que se desarrolla tanto en zonas áridas, semiáridas o subhúmedas de Chile. Afecta al ecosistema en su totalidad. Y ocurre como consecuencia de la explotación por las actividades humanas en donde la fragilidad de los sistemas naturales no es tenida en cuenta, y se sobrepasa la capacidad productiva del sistema. Según Vita (2020), la desertificación, que se produce principalmente en las zonas periféricas de los desiertos, pero con el avance de la sequía se extiende en otros territorios también, no solo afecta a la flora y fauna de un determinado ecosistema, también produce efectos negativos en las poblaciones humanas aledañas, provocando su empobrecimiento y ruptura de los núcleos familiares, ya que las personas más aptas para el trabajo deben emigrar hacia otras localidades menos afectadas.

3.

Indicadores de Sustentabilidad para el Desarrollo Forestal

Citar capítulo como:

Mujica, R., Arellano, E., Arriagada, R., Cerda, C., Craven, D., Dobbs, C., Donoso, P., Estados, C., Gonzalez, A., Navarro, C., Pauchard, A., Rojas, C., Rojas, Y., Rubilar, R., Salas, C., Soto, D., Bown, H., 2022. Indicadores de Sustentabilidad para el Desarrollo Forestal. En Meza, F., Muñoz, L., Acuña, D., Avilés, O. Eds. Propuesta de Indicadores de Sustentabilidad para el Sector Silvoagropecuario de Chile.

INTEGRANTES MESA DESARROLLO FORESTAL

Álvaro Gonzalez	Universidad Mayor
Aníbal Pauchard	Universidad de Concepción
Celso Navarro	Universidad Católica de Temuco
Christian Salas	Universidad Mayor
Claudia Cerda	Universidad de Chile
Claudia Rojas	Universidad de O'Higgins
Cristian Estades	Universidad de Chile
Cynnamon Dobbs	Universidad Mayor
Daniel Soto	Universidad de Aysén
Dylan Craven	Universidad Mayor
Eduardo Arellano	Universidad Católica
Pablo Donoso	Universidad Austral de Chile
Rafael Rubilar	Universidad Concepción
Rodrigo Arriagada	Universidad Católica
Yasna Rojas	Instituto Forestal
Rodrigo Mujica	Instituto Forestal
Horacio Bown	Universidad de Chile

3.1. INTRODUCCION

El concepto de sustentabilidad forestal se remonta a principios del siglo XVIII. Uno de los pioneros de esta disciplina fue Hans Carl von Carlowitz, que, en el año 1713, ya estableció el principio de “producción continua de madera” en las ciencias forestales. Por lo anterior, se considera esta fecha como el nacimiento para el término “sostenibilidad”. Durante siglos, este principio estuvo referido casi exclusivamente a la producción de madera. En 1987 el término fue ampliado en el informe Brundtland de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (WCED, por sus siglas en inglés), considerando dimensiones ambientales, sociales, económicas y político-institucionales. La definición del informe Brundtland fue la siguiente: “El desarrollo sustentable hace referencia a la capacidad que haya desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras”.

De acuerdo a la FAO, este concepto significa asegurar los derechos y bienestar humano sin disminuir la capacidad de los ecosistemas de la tierra para mantener la vida. Es multidimensional, pues comprende simultáneamente integridad ambiental, bienestar social, resiliencia económica y buena gobernanza. Según The Society of American Foresters, se define manejo sustentable como un enfoque ecológico de la gestión de recursos naturales a nivel de paisaje que combina procesos de orden social, físico, económico y biológico, para asegurar la sustentabilidad de ecosistemas saludables y que al mismo tiempo provean valor, bienes y servicios. Similarmente, FAO lo define como la responsabilidad (stewardship) y uso de los ecosistemas de una manera y a una tasa que mantenga su biodiversidad, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y su potencial para satisfacer ahora, y en el futuro, funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes a nivel local, nacional y global, sin generar efectos adversos.

Los bosques se han convertido en el centro del debate ambiental internacional por su gran incidencia en los equilibrios globales del planeta, especialmente por el resguardo de la diversidad biológica y su incidencia en el cambio climático. Así mismo, la demanda por bienes y servicios de los bosques ha aumentado en forma acelerada y sostenida, debido principalmente al crecimiento poblacional, y al mejoramiento en calidad de vida material de sus habitantes.

El desarrollo forestal representa una oportunidad para Chile, siempre y cuando seamos capaces de compatibilizar la producción bienes y servicios de los bosques con la conservación de éstos de manera de no comprometer su aprovechamiento por parte de las futuras generaciones, es decir, es necesario implementar el “manejo forestal sustentable (MFS). Con el propósito de aterrizar y uniformar a nivel internacional el concepto de MFS, diversos procesos han desarrollado principios rectores que permitan guiar el manejo de los bosques. Estos principios cuentan con criterios y éstos a su vez con indicadores, proveyendo así un marco de común entendimiento sobre lo que es MFS. El “principio” es la regla fundamental que sirve como base para el razonamiento o la acción. Es un objetivo o actitud hacia la función del ecosistema forestal o un aspecto relevante del sistema social que interactúa con el ecosistema, elementos explícitos de una meta. El “criterio” es el estado o aspecto del proceso dinámico del ecosistema forestal o estado del sistema social que interactúa con el ecosistema, el cual debe existir para cumplir con el principio. De los criterios surge el veredicto sobre el grado de cumplimiento de los principios en la situación actual. El “indicador” es el parámetro cuantitativo o cualitativo que se puede evaluar con relación al criterio. Describe en una manera verificable las características del ecosistema o el sistema social asociado y los elementos de las condiciones políticas, de manejo prevaleciente y los procesos antropogénicos indicativos del estado del sistema ecológico y social.

Con el propósito de considerar los avances que el país tiene en materia de acuerdos internacionales sobre MFS, se consideró apropiado usar los criterios e indicadores del Proceso de Montreal como base de trabajo.

El Proceso de Montreal es un acuerdo internacional sobre criterios e indicadores que abordan el manejo forestal sustentable de bosques templados y boreales. Este acuerdo se origina en 1994 en Ginebra, Suiza, y está integrado por 12 países no europeos (Argentina, Australia, Canadá, Chile, China, Japón, República de Corea, México, Nueva Zelanda, Federación Rusa, Estados Unidos y Uruguay). El Proceso de Montreal es un ejemplo de colaboración, que ha permitido a los 12 Países miembros identificar metas compartidas y mejorar su capacidad para evaluar objetivamente el estado de los bosques, en un marco de confianza, credibilidad y repetibilidad.

El Proceso de Montreal considera 7 criterios. Estos criterios reflejan las dimensiones prioritarias de la sustentabilidad para el desarrollo forestal. Los criterios son los siguientes:

Criterio 1: Conservación de la diversidad biológica

Los bosques, y en particular los bosques nativos, sustentan una proporción sustancial de la diversidad biológica y las especies terrestres del planeta. La diversidad biológica hace posible que un ecosistema pueda responder a influencias externas, recuperarse tras una alteración y mantener los procesos ecológicos esenciales. Las actividades humanas y los procesos naturales pueden tener un impacto en la diversidad biológica al alterar y fragmentar los hábitats, introducir especies invasivas o reducir la población o el rango de distribución de las especies. Conservar la diversidad de especies, sus hábitats y ecosistemas permite sustentar la funcionalidad y la productividad de los bosques.

Criterio 2: Mantenimiento de la capacidad productiva de los ecosistemas forestales

Muchas comunidades dependen directa o indirectamente de los bosques para abastecerse de la amplia gama de bienes y servicios que ellos producen. La producción sustentable de estos bienes y servicios está claramente asociada con la capacidad productiva de los bosques. Si se supera esta capacidad, existe el riesgo de deterioro y colapso del ecosistema. Para que los bosques sean manejados sustentablemente, es necesario comprender los niveles dentro de los cuales pueden extraerse o utilizarse los bienes y servicios que ellos producen sin socavar el funcionamiento y procesos de los ecosistemas forestales. La naturaleza de los bienes y servicios que ofrecen los bosques cambia con el tiempo debido a las tendencias sociales y económicas y a los avances tecnológicos. En cambio, el deterioro de la capacidad productiva puede señalar prácticas de manejo equivocadas u otros agentes externos que se encuentran afectando los ecosistemas forestales.

Criterio 3: Mantenimiento de la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales

El mantenimiento de la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales depende de la capacidad de un ecosistema para recuperarse o adaptarse a los disturbios. Mientras algunos disturbios y eventos de estrés son parte de los componentes naturales de los ecosistemas, algunos de ellos pueden desbordar sus funciones, alterando fundamentalmente sus patrones y procesos y reduciendo su función ecológica. La disminución de la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales puede tener consecuencias económicas y ecológicas significativas para la sociedad, incluyendo la

pérdida de servicios ecosistémicos y la degradación de la calidad ambiental. La información obtenida acerca de los impactos de los procesos y agentes bióticos y abióticos podría informar sobre estrategias de manejo orientadas a minimizar y mitigar riesgos. El mantenimiento de la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales es la base para el manejo forestal sostenible.

Criterio 4: La conservación y el mantenimiento de los recursos suelo y agua

El suelo y el agua sustentan la productividad y las funciones de los ecosistemas forestales. Los bosques cumplen un papel crucial en la regulación del flujo de agua superficial y subterránea y, por lo tanto, resultan en la calidad de la vida de las personas y la salud de los ecosistemas. La interacción del suelo con el agua y la topografía influyen en el carácter y la salud de los arroyos y ríos que nacen o pasan a través de los bosques. Supervisar el cambio en las características químicas, físicas y biológicas del suelo, el agua y los sistemas acuáticos, ofrece información valiosa para respaldar el manejo forestal sustentable.

Criterio 5: Mantenimiento del aporte forestal al ciclo global del carbono

Los bosques son renovables y constituyen uno de los reservorios terrestres más importantes de biomasa y carbono. El inventario de carbono en los bosques incluye la biomasa sobre y bajo el suelo, la materia orgánica y el carbono del suelo. El carbono también se almacena en productos de madera que se encuentran en uso tales como en construcciones. La biósfera tiene una significativa influencia en la composición química de la atmósfera. La vegetación captura CO₂ de la atmósfera a través del proceso fundamental de la fotosíntesis y lo libera a través de la respiración (mitocondrial) celular y la descomposición de la materia orgánica. Existe un importante intercambio entre la biósfera y la atmósfera; aproximadamente una séptima parte del CO₂ total de la atmósfera pasa por la vegetación cada año. El cambio climático global podría tener efectos significativos en la estructura, distribución y productividad de los bosques templados y boreales, al igual que impactos en el inventario, en los flujos de carbono, en la prevalencia de incendios forestales, enfermedades o plagas de insectos, y en daños por tormentas en los bosques. Las prácticas de manejo forestal también afectan el ciclo y los flujos de carbono. La deforestación tiene un impacto negativo; sin embargo, las actividades de manejo que mantienen y mejoran el carbono almacenado en los bosques y productos forestales a mediano

y largo plazo pueden hacer un aporte positivo para mitigar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Además, la biomasa de los bosques puede utilizarse como un sustituto de los combustibles fósiles, reduciendo de este modo las emisiones de gases de efecto invernadero. Los cambios en el ciclo global del carbono producto del cambio climático tendrá un gran impacto en el bienestar de las personas, en especial en las comunidades rurales y en los pueblos indígenas que dependen directamente del entorno natural.

Criterio 6: Mantenimiento y mejoramiento de los múltiples beneficios socioeconómicos de largo plazo para cubrir las necesidades de las sociedades

Para abordar este criterio resulta fundamental explorar y analizar el concepto de calidad de vida y bienestar humano, y cómo éste se conecta con la calidad de los entornos naturales. En los actuales escenarios de cambios socioambientales, los bosques y la gestión de estos debieran contribuir a mejorar la calidad de vida y aumentar las oportunidades de la población que se relaciona con ellos, particularmente de las personas que habitan en territorios rurales. Al mismo tiempo esto debe conseguirse asegurando un flujo de largo plazo de múltiples beneficios sociales que dependen de la salud de los ecosistemas. Esto implica adoptar nuevos paradigmas que incorporen enfoques territoriales interdisciplinarios que razonen a múltiples escalas de análisis con el objetivo de mantener el flujo de múltiples beneficios y al mismo tiempo diversificar y potenciar el desarrollo de las comunidades locales.

Criterio 7: Marco legal, institucional y económico para la conservación y el manejo sustentable de los bosques

Este Criterio brinda el contexto para el análisis de los Criterios 1-6. La legislación, la capacidad institucional y los acuerdos económicos, junto a las medidas políticas asociadas, tanto a nivel nacional como a nivel regional, crean el entorno que hace posible el manejo sustentable de los bosques. Generar información sobre estos indicadores contribuye a fomentar una mayor conciencia pública y políticas para la conservación y el manejo sustentable de los bosques.

3.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD SECTORIAL RECOMENDADOS POR DIMENSIÓN

Los indicadores de sustentabilidad para el desarrollo forestal que se proponen por criterio o dimensión son los siguientes:

Criterio 1:
Conservación
de la diversidad
biológica

Indicador 1.1

Superficie de bosques por tipo (en términos absolutos y relativos), posición espacial, y tipo de titularidad o posesión de la tierra. Para complementar esta información se puede evaluar la heterogeneidad de hábitat.

Indicador 1.2

Proporción de las especies clasificadas como amenazadas según el MMA, cuyo status se debe directa o indirectamente al deterioro o pérdida de ambientes boscosos. Por grupo taxonómico, el número de especies (riqueza de especies) que ocurre en vegetación clasificada como bosque, se debe actualizar cada diez años para así monitorear los cambios espaciales y temporales de la biodiversidad.

Indicador 1.3

Número de localidades, observaciones y superficie de extensión de la presencia de las especies forestales amenazadas, estimada como la extensión de ocurrencia (EOO) y el área de ocupación (AOO).

Criterio 2:
Mantenimiento
de la capacidad
productiva de
los ecosistemas
forestales

Indicador 2.1

Cuociente entre la tasa de crecimiento del bosque y la tasa de cosecha propuesta

Indicador 2.2

Cuociente entre la tasa de crecimiento de los productos forestales no madereros y la tasa de cosecha propuesta de dichos productos.

Indicador 2.3

Aumento o mantención de la biodiversidad arbórea.

Criterio 3: Mantenimiento de la salud y vitalidad del ecosistema forestal	Indicador 3.1	Extensión, intensidad y duración de enfermedades provocadas por fitopatógenos (hongos, bacterias, virus, nemátodos, plantas parásitas) que afectan a los ecosistemas forestales.
	Indicador 3.2	Extensión, intensidad y duración de las plagas de insectos que afectan a los ecosistemas forestales.
	Indicador 3.3	Extensión, intensidad y duración de los procesos de invasión causados por especies invasoras de múltiples taxa que afectan a los ecosistemas forestales.
	Indicador 3.4	Extensión, intensidad y duración de eventos climáticos extremos (olas de calor, olas de frío, tormentas, sequía, estrés hídrico) e incendios forestales de origen natural y antrópico que afectan ecosistemas forestales.
Criterio 4: La conservación y el mantenimiento de los recursos suelo y agua	Indicador 4.1	Superficie de clase de capacidad de uso forestal que es convertida a uso agrícola que considera uso de agua para regadío u otros proyectos con usos consuntivos de agua.
	Indicador 4.2	Superficie de terreno manejados con estrategias de recuperación y conservación de suelos en ecosistemas de bosque nativo o plantaciones forestales.
	Indicador 4.3	Contribución de los suelos a la reserva total de carbono en los ecosistemas de bosque nativo.
	Indicador 4.4	Proporción de incendios de una temporada con planes de acción de recuperación y protección de suelos forestales post incendios.
Criterio 5: Mantenimiento del aporte forestal al ciclo global del carbono	Indicador 5.1	Almacenamiento y flujo total de carbono en el ecosistema forestal.
	Indicador 5.2	Almacenamiento y flujo total de carbono en los productos forestales.
	Indicador 5.3	Emisión evitada de carbono proveniente de combustibles fósiles, gracias al uso de energía proveniente de biomasa forestal.

Criterio 6: Mantenimiento y mejoramiento de los múltiples beneficios socioeconómicos a largo plazo para cubrir las necesidades de las sociedades	Indicador 6.1
	Acceso a servicios básicos: agua potable.
	Indicador 6.2
	Pobreza rural de personas que se relacionan con la actividad forestal.
	Indicador 6.3
	Empleo rural (y urbano), de calidad.
	Indicador 6.4
	Diversificación de actividades económicas de propietarios de bosques relacionadas a múltiples productos y servicios de los bosques, y canales de comercialización.
	Indicador 6.5
	Superficie con manejo forestal sostenible.
	Indicador 6.6
	Servicios ecosistémicos: Vínculos entre servicios ecosistémicos derivados de los bosques y bienestar de comunidades rurales.
	Indicador 6.7
	Escasez hídrica y acceso al recurso hídrico.
	Indicador 6.8
	Conflictos entre diferentes actores relacionados a los bosques.
	Indicador 6.9
	Pueblos originarios relacionados con los bosques.
	Indicador 6.10
	Relaciones culturales entre comunidades y bosques diferentes al turismo.
	Indicador 6.11
	Turismo y recreación, y equidad en el acceso a áreas protegidas.

Criterio 7: Marco legal, institucional y económico para la conservación y el manejo sustentable de los bosques

Indicador 7.1

Instituciones, políticas, legislación, programas, y otros recursos, nacionales y regionales, que respaldan el manejo sustentable de los bosques de acuerdo al contexto, oportunidades y demandas territoriales.

Indicador 7.2

Políticas multisectoriales y coordinación de programas.

Indicador 7.3

Desarrollo de políticas de I+D+i de largo plazo para el manejo forestal sustentable

Indicador 7.4

Educación, Capacitación, Asistencia Técnica y Extensionismo.

Indicador 7.5

Mecanismos para la participación pública y resolución de conflictos en la toma de decisiones vinculadas con los bosques y el uso de la tierra.

Indicador 7.6

Monitoreo, evaluación, comunicación y difusión sobre el avance hacia el manejo forestal sustentable

En el Anexo I se presenta una descripción detallada de los criterios e indicadores de sustentabilidad del sector forestal, indicando además su importancia, las brechas existentes y las principales fuentes bibliográficas que los respaldan

Anexo I

Tablas de indicadores para el desarrollo forestal

Criterio 1: Conservación de la diversidad biológica

Los bosques, y en particular los bosques nativos, sustentan una proporción sustancial de la diversidad biológica y las especies terrestres del planeta. La diversidad biológica hace posible que un ecosistema pueda responder a influencias externas, recuperarse tras una alteración y mantener los procesos ecológicos esenciales. Las actividades humanas y los procesos naturales pueden tener un impacto en la diversidad biológica al alterar y fragmentar los hábitats, introducir especies invasivas o reducir la población o el rango de distribución de las especies. Conservar la diversidad de especies, sus hábitats y ecosistemas sustenta la funcionalidad y la productividad de los bosques.

Indicador 1.1

Superficie de bosques por tipo (en términos absolutos y relativos), posición espacial, y tipo de titularidad o posesión de la tierra. Para complementar esta información se puede evaluar la heterogeneidad de hábitat.

Descripción del indicador 1.1

Este indicador expresa la superficie existente de cada tipo de bosque (o su proporción del área boscosa), cuánto de éste existe como bosque de interior o de borde (e.g. a más o menos de una distancia crítica X de la superficie no boscosa más cercana) y a quién pertenece o a quién lo administra. La heterogeneidad de hábitat expresa la variación espacial en la productividad primaria neta del bosque o el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), que se obtiene de imágenes satelitales.

Importancia del indicador 1.1

La cantidad (o proporción) existente de cada tipo de bosque es un indicador básico de su estado de conservación y de la biodiversidad (Stein et al. 2014), y, como tal, es ampliamente utilizado por distintos programas. La heterogeneidad de hábitat es un indicador de la diversidad de los hábitat o ecosistemas que están presentes en una región, y se ha evidenciado una fuerte correlación positiva con la biodiversidad (Stein et al. 2014). Estos números cobran particular relevancia cuando son comparados con una línea base o referencia (e.g. rango potencial / histórico) para expresarse como un porcentaje conservado. La diferencia es el bosque que se ha perdido.

Sin perjuicio de lo anterior, el porcentaje existente de un tipo de bosque entrega una visión incompleta de su estado de conservación al no dar cuenta del posible deterioro de la superficie remanente. La relación entre el porcentaje de bosque que se encuentra cercano a zonas no boscosas es un indicador grueso del grado de fragmentación y deterioro de éstos, dando cuenta del efecto de borde. Éste puede influir en aspectos diversos de relevancia para conservación de ambientes boscosos como variables microclimáticas, riesgo de incendio, susceptibilidad al viento y tasa de invasión por especies exóticas, entre otras.

Finalmente, el conocimiento del tipo de propiedad de la tierra en la que se encuentran los bosques sirve para, entre otras cosas, conocer el estado de conservación formal de éstos (e.g. sitios administrados por el estado como parques nacionales). Además, el cruce entre los tipos de propiedad y el estado de amenaza puede servir para explorar asociaciones de interés para la gestión.

Análisis del indicador 1.1

Este es un indicador relativamente sencillo de aplicar, en la medida de que exista un catastro de bosques actualizado o imágenes satelitales de cobertura de la vegetación (e.g. MODIS; Tuanmu & Jetz 2015). El análisis de bosque de borde vs interior también es de baja complejidad y no requiere de mucha información adicional. En un inicio podría ser necesario realizar un estudio para establecer por tipo de bosque las distancias críticas que definen un bosque de borde vs uno de interior, radios críticos de área a perímetro. Finalmente, el establecer el tipo de propiedad en categorías gruesas (e.g. privado vs público) no debería ser complejo.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Stein, A., Gerstner, K. & Kreft, H. (2014) Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*, 17, 866–880.

Tuanmu, M.-N. and Jetz, W. (2015), Global habitat heterogeneity. *Global Ecology and Biogeography*, 24: 1329–1339. <https://doi.org/10.1111/geb.12365>

Proponentes del indicador 1.1

Cristian Estades, Aníbal Pauchard, Dylan Craven

Indicador 1.2

Proporción de las especies clasificadas como amenazadas según el MMA, cuyo status se debe directa o indirectamente al deterioro o pérdida de ambientes boscosos. Por grupo taxonómico, el número de especies (riqueza de especies) que ocurre en vegetación clasificada como bosque, que se debe actualizar cada diez años para así monitorear los cambios espaciales y temporales de la biodiversidad.

Descripción del indicador 1.2

Este indicador expresa de manera indirecta la importancia de la pérdida y deterioro del bosque como factor de amenaza para la biodiversidad. Se basa en calcular la proporción de especies amenazadas oficialmente (i.e. en categorías en Peligro crítico, en Peligro y Vulnerable) en cuya clasificación se argumenta que un factor causal de su status actual fue la pérdida y deterioro del bosque.

El indicador puede cambiar en el tiempo debido a dos causas: a) por la clasificación de nuevas especies y b) por la revisión/cambio de estatus de especies ya clasificadas. El segundo caso es el más significativo y es el que se debe considerar.

Riqueza de especies expresa directamente los patrones espaciales y temporales de la riqueza de especies de varios grupos taxonómicos, e.g. plantas, aves, mamíferos e insectos. Se basa principalmente en el programa de monitoreo de la biodiversidad de ecosistemas forestales de Chile (SIMEF), que establece sitios de monitoreo a nivel nacional donde se registra la identidad de cada especie y su abundancia.

Al repetir el monitoreo cada diez años, se puede generar trayectorias temporales de la riqueza de especies (y también trayectorias de abundancia de especies claves), que permite detectar como distintos impulsores antropogénicos, e.g. cambio de uso de suelo, sequías, etc., afectan la biodiversidad.

Importancia del indicador 1.2

El conocer el impacto del manejo o reemplazo de los bosques naturales sobre la conservación de la biodiversidad es, probablemente, uno de los desafíos más importantes de la gestión moderna de los recursos forestales. Documentar los patrones de la diversidad de especies directamente entrega información imprescindible de los impactos antropogénicos sobre los bosques, para así poder desarrollar estrategias de conservación basadas en evidencia científica.

Análisis del indicador 1.2

Lamentablemente, la información sobre la identidad y estado de cada especie en los distintos tipos de bosque en Chile es incompleta. El presente indicador representa un estimador grueso pero factible de aplicar puesto que está basado en información ya existente y que se genera constantemente como parte del procedimiento para clasificar y reclasificar a las especies silvestres según su estado de amenaza. La información necesaria es administrada por el Ministerio del Medio Ambiente.

La riqueza de especies depende de la capacidad del INFOR de realizar el monitoreo a nivel nacional cada diez años, que a su vez depende del Ministerio de Agricultura de financiar esta actividad adecuadamente. Adicionalmente, el análisis estadístico de los patrones temporales y espaciales se requiere de mucho conocimiento ecológico y estadístico (Pollock et al. 2020). Se puede complementar los datos del SIMEF con datos de ocurrencia de plataformas internacionales como GBIF para estimar biodiversidad a través de modelos apilados de distribución de especies (SSDM; Schmitt et al. 2017). Para facilitar el análisis de los cambios de la diversidad de especies, se recomienda facilitar el acceso a los datos originales del monitoreo de la biodiversidad para la comunidad científica del país, siguiendo el modelo del servicio forestal de los EEUU (USFS-FIA; <https://www.fia.fs.fed.us/>) que mantiene y actualiza los datos de monitoreo por un sitio web que se puede acceder directamente o por un paquete del programa estadístico R.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Pollock, L.J., O'Connor, L.M.J., Mokany, K., Rosauer, D.F., Talluto, M.V. & Thuiller, W. (2020) Protecting Biodiversity (in All Its Complexity): New Models and Methods. *Trends in Ecology & Evolution*, 35, 1119–1128.

Schmitt, S., Pouteau, R., Justeau, D., Boissieu, F. de & Birnbaum, P. (2017) ssdm: An r package to predict distribution of species richness and composition based on stacked species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution*, 8, 1795–1803.

Proponentes del indicador 1.2

Cristian Estades, Aníbal Pauchard, Dylan Craven

Indicador 1.3

Número de localidades y de observaciones y superficie de extensión de la presencia de las especies forestales amenazadas, estimada como la extensión de ocurrencia (EOO) y el área de ocupación (AOO).

Descripción del indicador 1.3

Este indicador se basa en caracterizar la distribución geográfica de las especies forestales amenazadas, como proxy de la diversidad genética de éstas. Se considera que, en promedio, el número de localidades donde existe la especie y la superficie de extensión de su presencia, deberían correlacionarse positivamente con la diversidad genética conservada. En otras palabras, si se pierden poblaciones locales es muy probable que se pierda parte de la diversidad genética de la especie. Se recomienda automatizar el proceso de estimar EOO, AOO y el número de observaciones para todas las especies forestales usando datos de ocurrencias de plataformas internacionales y nacionales de la biodiversidad para luego clasificar cada especie por categoría de conservación.

Importancia del indicador 1.3

La diversidad genética de las especies forestales es un factor de importancia en la definición del riesgo de extinción de éstas, y por lo tanto es urgente evaluar todas las especies, y no solamente las que han sido evaluadas.

Análisis del indicador 1.3

Prácticamente para todo efecto práctico, la información sobre diversidad genética de las especies forestales es casi inexistente. Al igual que en el caso de la diversidad de especies, el indicador propuesto proporciona un estimador indirecto de la diversidad genética, pero cuya aplicación es factible, puesto que está basado en información ya existente. Ésta se genera constantemente como parte del procedimiento oficial para clasificar y reclasificar a las especies silvestres según su estado de amenaza. La información es administrada por el Ministerio del Medio Ambiente. Sin embargo, como no hay capacidad para clasificar todas las especies con el procedimiento oficial, la evaluación automatizada del indicador ofrece ciertas ventajas, especialmente la de llenar las brechas de información de las especies forestales de Chile (Ziska et al. 2021). Además, clasificar todas las especies forestales por categoría de conservación entregaría información que actualmente no existe. Claramente estas variables tienen sus limitaciones, ya que no miden directamente la diversidad genética de cada especie. Aún así, se considera que este indicador es factible de medir y evaluar ya que depende de información disponible libremente. Se reconoce que este indicador requiere de mucho conocimiento para generar las variables propuestas para este indicador, pero cabe destacar que este análisis depende de procesos previamente desarrollados y validados para otras regiones del mundo (Ziska et al. 2021), entonces el único costo del indicador es la capacitación técnica. En un futuro próximo, por el bajo costo de la secuenciación, podría ser posible coleccionar y secuenciar materia genética de todas las especies chilenas, y así crear una biblioteca de la diversidad genética de las especies forestales de Chile.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Zizka, A., Silvestro, D., Vitt, P. and Knight, T.M. (2021), Automated conservation assessment of the orchid family with deep learning. *Conservation Biology*, 35: 897-908. <https://doi.org/10.1111/cobi.13616>

Proponentes del indicador 1.3

Cristian Estades, Aníbal Pauchard, Dylan Craven

Criterio 2: Mantenimiento de la capacidad productiva de los ecosistemas forestales

Muchas comunidades dependen directa o indirectamente de los bosques para abastecerse de la amplia gama de bienes y servicios que ellos producen. La producción sustentable de estos bienes y servicios está claramente asociada con la capacidad productiva de los bosques. Si se supera esta capacidad, existe el riesgo de deterioro y colapso del ecosistema. Para que los bosques sean manejados sustentablemente, es necesario comprender los niveles dentro de los cuales pueden extraerse o utilizarse los bienes y servicios que ellos producen sin socavar el funcionamiento y procesos de los ecosistemas forestales. La naturaleza de los bienes y servicios que ofrecen los bosques cambia con el tiempo debido a las tendencias sociales y económicas y a los avances tecnológicos. El cambio en la capacidad productiva puede ser una señal de prácticas de manejo erradas u otros agentes que están afectando de algún modo los ecosistemas forestales.

Indicador 2.1

Cuociente entre la tasa de crecimiento del bosque y la tasa de cosecha propuesta

Descripción del indicador 2.1

Este simple indicador ofrece una medida cuantitativa para evaluar la magnitud y la sustentabilidad del manejo forestal. Si el cuociente resultante es igual a uno, entonces la tasa de extracción propuesta es igual a la tasa de crecimiento del ecosistema boscoso, lo cual va en la dirección correcta. Por otra parte, si el cuociente es menor a uno, indica que la tasa de cosecha es mayor al crecimiento, lo cual indica que el manejo propuesto va en una dirección incorrecta en términos de sustentabilidad. Finalmente, si el cuociente es mayor a uno, entonces la tasa de extracción propuesta es menor a la tasa de crecimiento del ecosistema boscoso, lo cual va en la dirección correcta.

Importancia del indicador 2.1

El manejo forestal debe basarse en medidas cuantitativas que nutren las decisiones sobre si un manejo es sustentable o no, de esta forma se evitan aspectos subjetivos y poco precisos, que, aunque justificados en algunos casos, es recomendable evitar. Para determinar el indicador se requieren datos sobre la tasa de crecimiento del bosque y además la tasa de cosecha propuesta. Ambas tasas deben ser informadas de forma segregada, para especies comerciales y no-comerciales. Este indicador es operacional a nivel predial, el cual alimenta a un patrimonio forestal a través de datos anidados y centralizados a nivel país.

Análisis del indicador 2.1

Uno de los principios del manejo forestal sustentable se basa en el hecho de extraer no más allá de lo que el bosque es capaz de crecer. De esta forma nos aseguramos de mantener la capacidad productiva de los ecosistemas, y de esta manera mantener el manejo dentro de límites que no afecten el futuro del bosque.

Aspectos prácticos y científicos de cómo medir, o estimar, el crecimiento de un bosque es tratado ampliamente en diferentes fuentes bibliográficas, como, por ejemplo, en Prodan et al. (1997), van Laar y Akca (2007), y Weiskittel et al (2011). No obstante, lo anterior, es poco reconocido en Chile que para la medición del crecimiento de bosques se requiere de unidades de muestreo permanente medidas en el tiempo (Salas y Real 2013; Salas et al 2018). Las parcelas permanentes son difíciles de establecer, medir y remedir lo cual dificulta la medición correcta del crecimiento de los bosques. En este contexto, es necesario poder estimarlo en base a una mezcla de aproximaciones basados en modelos y datos. De todas maneras, en los bosques nativos la información de larga data es prácticamente inexistente a nivel país, y sólo se cuenta con datos públicos en investigaciones que buscan evaluar el cambio de los bosques frente a intervenciones silvícolas. Todo lo anterior delinea una brecha de conocimiento crucial y preocupante, ya que en la mayoría de los casos no se contará con datos de crecimiento de bosques.

Análisis del indicador 2.1

Fuentes de información y la literatura de referencia

- Prodan M, R Peters, F Cox, Real P. 1997. Mensura Forestal. Serie investigación y educación de desarrollo sostenible. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA)/BMZ/GTZ, San José, Costa Rica. 561 p
- Salas-Eljatib C, Fuentes A, Donoso PJ, Matus C, Soto D. 2018. Crecimiento de bosques secundarios y adultos de *Nothofagus* en el centro-sur de Chile. In: Silvicultura en bosques nativos: experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos. Donoso P, Promis A, Soto D. (Eds.), Editorial Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Pp: 73–92.
- Salas C, Gregoire TG, Craven DJ, Gilbert H. 2016. Modelación del crecimiento de bosques: estado del arte. *Bosque* 37(1): 3–12.
- Salas C, Real P. 2013. Biometría de los bosques naturales de Chile: estado del arte. In: Silvicultura en los bosques nativos: avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda. Donoso P. y Promis A. (Eds.), Editorial Maria Cuneo. Valdivia, Chile. Pp: 109–151.
- van Laar A, Akça A. 2007. Forest Mensuration. Springer–Netherlands, Dordrecht, Netherlands. 383 p.
- Weiskittel AR, DW Hann, JA Kershaw Jr., Vanclay JK. 2011. Forest Growth and Yield Modeling. John Wiley & Sons, 430 p.

Proponentes del indicador 2.1

Christian Salas, Daniel Soto, Pablo Donoso

Indicador 2.2

Cuociente entre la tasa de crecimiento de los productos forestales no madereros y la tasa de cosecha propuesta de dichos productos.

Descripción del indicador 2.2

La relación entre la tasa de crecimiento y de extracción de productos forestales no madereros (PFNM) permite fácilmente evaluar la intensidad de la intervención.

Importancia del indicador 2.2

Los productos forestales no madereros (PFNM) cumplen un rol social importante asociado a los ecosistemas boscosos, sobre todo aquellos cercanos a comunidades locales. En diversos estudios se ha destacado el rol social de estos y el impacto en las comunidades aledañas, siendo por lo tanto promovidos como uno de los tantos servicios ecosistémicos que los bosques brindan. A pesar de las bondades de los PFNM, los efectos ecológicos de su extracción en los bosques han sido poco investigados. Por esto último, es fundamental conocer y evaluar cuantitativamente la tasa de extracción de PFNM, pero así también su tasa de crecimiento, ya que muchos de ellos tienen que ver con procesos fisiológicos de árboles individuales, pero en relación a las condiciones boscosas donde se desarrollan.

Análisis del indicador 2.2

Aunque los PFM no son los mayores actores en términos económicos hoy en día de los bosques en Chile, son una pieza fundamental por su directa relación con las comunidades locales. La importancia de los PFM fue tempranamente divisada por Vita (1974) al considerar características no-madereras de Quillaja saponaria y así también estudios en otras especies, como el de Pohl (2020) en Gevuina avellana. Campos (1998) realizó una consistente recopilación y sistematización para la FAO de los PFM en Chile, consultando además a una serie de expertos nacionales en este tema. Tacon et al (2006) por primera vez sistematizan el mercado de los PFM en Chile, proveyendo una dimensión más apropiada de la dimensión social y económica de estos productos en propietarios de bosques.

Los PFM ofrecen una serie de dificultades en su medición, debido a su alta variabilidad, y por lo tanto su cuantificación es compleja. No obstante, lo anterior, existen estudios teóricos de estimación de características del follaje de vegetales (Gregoire et al 1995). Entonces, luego de medir y contar con datos de variables del follaje, con esto es posible realizar estimaciones de parámetros poblacionales con un nivel de certidumbre determinado. Por ejemplo, Kangas (2006) generalizó estas ideas cuantitativas pasadas y las llevó a un completo marco de trabajo estadístico en la estimación de parámetros para diferentes PFM. Salas y Real (2013) recopilan una serie de estudios de PFM en Chile, destacando también la dificultad de su medición y la escasez de trabajos publicados.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Campos J. 1998. Productos Forestales No Madereros (PFM) en Chile. FAO. Santiago, Chile. 65p.

Gregoire TG, Furnival G, Valentina H. 1995. Sampling methods to estimate foliage and other characteristics of individual trees. Ecology 76(4): 1181-1194.

Kangas A. 2006. Sampling rare populations. In: Forest Inventory: Methodology and Applications. Kangas A. y Maltamo M. (Eds.), Springer. Dordrecht, Alemania.

Muñoz M, Aedo D, San Martín J. 2015. Antecedentes sobre la recolección y comercialización de productos forestales no madereros (PFM), en localidades rurales de la región del Maule, Chile central. Bosque 36(1): 121-125.

Pohl B. 2020. Productos Forestales No Madereros (PFM) en Chile, Importancia y Sustentabilidad: El caso del avellano (Gevuina avellana). Tesis Magister Cs. Regionales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 170p.

Salas C, Real P. 2013. Biometría de los bosques naturales de Chile: estado del arte. In: Silvicultura en los bosques nativos: avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda. Donoso P. y Promis A. (Eds.), Editorial Maria Cuneo. Valdivia, Chile. Pp: 109-151.

Tacon A, Palma J, Fernández U, Ortega F. 2006. El mercado de los productos forestales no madereros y la conservación de los bosques del sur de Chile y Argentina. WWF. Valdivia, Chile. 96p.

Valdebenito G, Barros S. 2009. Productos forestales no madereros en Chile. Ciencia e Investigación Forestal 15(1): 111-132.

Vita, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del Quillay (Quillaja saponaria Mol.). Boletín técnico 28 Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. p 19-31.

Proponentes del indicador 2.2

Christian Salas, Daniel Soto, Pablo Donoso

Indicador 2.3

Aumento o mantención de la biodiversidad arbórea.

Descripción del indicador 2.3

Cambio en la riqueza de especies arbóreas. Como una simple medida de la biodiversidad, la diferencia de la riqueza de especies antes y después de una intervención, permitirá de forma simple evaluar cómo ha sido afectada el número de especies arbóreas. Es vital aclarar que es fundamental calcular este índice segregado por especies autóctonas y exóticas.

Importancia del indicador 2.3

Bosques y plantaciones mixtas son más productivos y resistentes a perturbaciones (e.g. estrés ambiental y plagas). Bajo esa mirada, promover bosques y plantaciones mixtas deberían ser fomentadas para incrementar la adaptabilidad a condiciones cambiantes de clima y presión antrópica. Por otro lado, se recomienda promover 1) un sotobosque diverso y 2) abundante material leñoso muerto en pie y en el suelo ya que aumentaría las funciones ecológicas y, así la adaptabilidad de los ecosistemas forestales.

Aunque existe una cantidad impresionante de índices de biodiversidad en la literatura científica, se plantea acá emplear uno de los más simples: la riqueza de especies, ya que permite un fácil control de la mantención de la biodiversidad. De todas maneras, en situaciones específicas, siempre será necesario llevar a cabo mayores análisis.

Análisis del indicador 2.3

A nivel global se ha determinado que existe evidencia que los bosques mixtos son más productivos que los bosques monoespecíficos (Kelty 1992, Liang et al 2015). También se ha determinado que la biodiversidad arbórea aumenta la resiliencia y resistencia de los bosques a perturbaciones novedosas como lo es el cambio climático, aumentando así la adaptabilidad de estos (Messier et al. 2013). Diferentes aproximaciones han sido desarrolladas, y una de ellas, es el concepto del área basal aditiva en bosques adultos y secundarios, donde en el primero, el área basal de los árboles emergentes no afecta el área basal de los árboles del dosel, y en el segundo, el área basal de especies tolerantes a la sombra bajo una densa cobertura de renoval no deprime el área basal de las especies dominantes (Kelty 1989). Este concepto fácil de medir en bosques ha sido estudiado en bosques adultos del tipo forestal coihue-raulí-tepa y siempreverde, y en bosques secundarios del tipo forestal roble-raulí-coihue. Estos estudios, remarcan que bosques multiespecíficos y multiestratificados mejoran la productividad y la biodiversidad, y por ende la adaptabilidad de los ecosistemas forestales.

En Chile, Donoso y Lusk (2007) demostraron que bosques adultos multiespecíficos y multiestratificados del tipo forestal coihue-raulí-tepa con un dosel emergente de Coihue no deprime el área basal de las especies del dosel (por lo general semi y tolerantes a la sombra). En la misma línea, Donoso y Soto (2016) determinaron que existe área basal aditiva en bosques siempreverdes, pero influenciado por la calidad de sitio (en sitios de baja productividad el área basal de las especies del dosel es deprimida por la presencia de coihue emergente). Por otro lado, para bosques secundarios, Lusk y Ortega (2003) determinaron que el área basal del dosel dominado por especies del tipo forestal roble-raulí-coihue no son deprimidos por la presencia de especies semi y tolerantes a la sombra en estratos intermedios y bajos. Estos ejemplos locales muestran que los bosques mixtos multiespecíficos y estratificados verticalmente tienen un uso eficiente de los recursos (luz, agua, nutrientes).

Por otro lado, en plantaciones forestales también ha sido documentado que plantaciones mixtas son más productivas que las puras (Amoroso y Turnblom 2006, Kelty 2006). Kelty (2006) muestra en un resumen cómo las plantaciones mixtas aumentan la productividad en términos generales, pero que los diseños deben ser cuidadosamente probados. El autor destaca que la mayor productividad de plantaciones mixtas presentan dos tipos de interacciones entre especies: (1) uso de recursos complementarios entre especies surgen del desarrollo de doseles estratificado (y posiblemente estratificación de raíces) y (2) facilitación nutricional de una especie fijadora de nitrógeno con una especie de madera valiosa hacen aumentar el crecimiento de los rodales. El autor destaca que las plantaciones mixtas también pueden mejorar el rendimiento económico a través de mayores tasas de crecimiento de árboles individuales y el suministro de múltiples productos comerciales (e.g. productos forestales no madereros). Finalmente, el autor destaca el uso de plantaciones mixtas con propósitos de restauración en sitios degradados con múltiples especies con establecimientos secuenciales.

Análisis del indicador 2.3

Fuentes de información y la literatura de referencia

- Amoroso, M. M., & Turnblom, E. C. (2006). Comparing productivity of pure and mixed Douglas-fir and western hemlock plantations in the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(6), 1484-1496.
- Liang J, Crowther TW, Picard N, Wiser S, Zhou M, Alberti G, Ernst-Detlef Schulze, A. David McGuire, Bozzato F, Pretzsch H, de-Miguel S, Paquette A, Herault B, Scherer-Lorenzen M, Barrett CB, Glick HB, Hengeveld GN, Nabuurs GJ, Pfautsch S, Viana H, Vibrans AC, Ammer C, Schall P, Verbyla D, Tchebakova N, Fischer M, Watson JV, Chen HYV, Lei X, Schelhaas MJ, Lu H, Gianelle D, Parfenova EI, Salas C, Lee E, Lee B, Kim HS, et al. 2016. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science* 354 (6309): 201-205.
- Donoso, P. J., & Lusk, C. H. (2007). Differential effects of emergent *Nothofagus dombeyi* on growth and basal area of canopy species in an old-growth temperate rainforest. *Journal of Vegetation Science*, 18(5), 675-684.
- Donoso, P. J., & Soto, D. P. (2016). Does site quality affect the additive basal area phenomenon? Results from Chilean old-growth temperate rainforests. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(11), 1330-1336.
- Kelty, M. J. (2006). The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*, 233(2-3), 195-204.
- Kelty, M. J. (1992). Comparative productivity of monocultures and mixed-species stands. In *The ecology and silviculture of mixed-species forests* (pp. 125-141). Springer, Dordrecht.
- Messier, C., Puettmann, K. J., & Coates, K. D. (Eds.). (2013). *Managing forests as complex adaptive systems: building resilience to the challenge of global change*. Routledge.
- Lusk, C. H., & Ortega, A. (2003). Vertical structure and basal area development in second-growth *Nothofagus* stands in Chile. *Journal of Applied Ecology*, 40(4), 639-645.

Proponentes del indicador 2.3

Christian Salas, Daniel Soto, Pablo Donoso

Criterio 3: Mantenimiento de la salud y vitalidad del ecosistema forestal

El mantenimiento de la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales depende de la capacidad de las funciones y los procesos del ecosistema para recuperarse o adaptarse a los disturbios. Mientras algunos disturbios y eventos de estrés son parte de los componentes naturales de los ecosistemas, algunos de ellos pueden desbordar sus funciones, alterando fundamentalmente sus patrones y procesos y reduciendo su función ecológica.

La disminución de la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales puede tener consecuencias económicas y ecológicas significativas para la sociedad, incluyendo la pérdida de los beneficios forestales y la degradación de la calidad ambiental.

La información obtenida acerca de los impactos de los procesos y agentes bióticos y abióticos podría informar sobre estrategias de manejo orientadas a minimizar y mitigar riesgos. El mantenimiento de la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales es la base para el manejo forestal sostenible.

Indicador 3.1

Extensión, intensidad y duración de enfermedades provocadas por fitopatógenos (hongos, bacterias, virus, nemátodos, plantas parásitas) que afectan a los ecosistemas forestales.

Descripción del indicador 3.1

El indicador será multidimensional al evaluar el nivel de enfermedad, a través de la sanidad de la copa y mortalidad de las especies arbóreas, la dinámica temporal del fenómeno y la salud de los ecosistemas forestales en relación a un estado base. El indicador contará con al menos dos entradas de información, la primera relacionada a la localización, extensión, nivel de anormalidad en copas y mortalidad, así como la evolución espacio-temporal del problema. En una segunda entrada se determinará la etiología del problema (biótico, abiótico o combinados) y sus impactos negativos en el ecosistema. La obtención de esta información debe estar basada en un monitoreo con sensores remotos y complementado con monitoreo terrestre en las áreas detectadas con problemas, aplicándose tanto para bosque nativo como para plantaciones, analizando en conjunto el estado de conservación del ecosistema basado en otras amenazas (por ejemplo, siguiendo categorías IUCN).

Variables a medir:

- Mortalidad de árboles
- Sanidad de copa: Defoliación, muerte regresiva de copas (die-back)
- Capacidad de regeneración de los bosques.
- Superficie y progreso espacial y temporal del problema (anormalidad)
- Tipo de agente (Identificación morfológica-molecular, caracterización funcional).
- Origen del agente (e.g. nativo, introducido, indeterminado).
- Árbol y bosque afectado (e.g. especie, nativo o plantación y nivel de degradación).
- Variables asociadas a efectos en la biodiversidad (e.g. plantas en sotobosque, líquenes, animales)

Importancia del indicador 3.1

Los patógenos al afectar la salud de los árboles generan cambios en las funciones ecosistémicas del bosque y los servicios derivados de estas, tanto a escalas locales, de paisaje y regionales. Los patógenos son uno de los factores que contribuyen a la pérdida de biodiversidad. La pérdida de bosques por estos agentes deja el territorio vulnerable a incendios, olas de calor, procesos erosivos, invasiones por malezas, entre otros. Además, se generan pérdidas económicas tanto por el efecto sobre servicios ecosistémicos como también por la pérdida de provisión de bienes desde el bosque (e.g. madera, frutos). Algunos de estos efectos asociados a la pérdida de bosques pueden ser sinérgicos (i.e. retroalimentación positiva), agravando el impacto deletéreo sobre los ecosistemas.

Los indicadores propuestos permitirán conocer con precisión el impacto de los patógenos no solo en la especie arbórea/arbustiva afectada sino también sobre todo el ecosistema. Especialmente relevante será generar con estos indicadores una línea base de salud de los ecosistemas y luego mantener un monitoreo de la evolución de los indicadores en el tiempo.

Análisis del indicador 3.1

En forma creciente están aumentando las amenazas de los patógenos sobre los ecosistemas forestales (nativos y plantaciones), como consecuencia de la globalización y el cambio climático. La globalización es una fuerza que está permitiendo el ingreso de nuevos patógenos (exóticos), en que no existe una coevolución en la nueva interacción patógeno-hospedero, y consecuentemente con un potencial de provocar devastadores efectos en los ecosistemas forestales (Hansen, 2015; Marie-Laure Desprez-Loustau et al., 2016; Stenlid & Oliva, 2017). El ingreso de microorganismos patógenos podrá permitir hibridaciones con microorganismos nativos, pudiendo aumentar la agresividad del nuevo agente e incluso ampliando el rango de hospederos (host-jump) (Ghelardini et al., 2016). El impacto económico y ecológico del ingreso de patógenos exóticos en ecosistemas forestales ha sido descrito, destacándose el efecto de *Phytophthora cinnamomi* en bosques nativos de *Eucalyptus* en Australia; *P. ramorum* en especies de *Fagaceae*, *Ericaceae* y *Larix*, en la costa oeste de USA y Europa; *Ophiostoma ulmi* y *N. novo-ulmi* en especies de olmo (*Ulmus* spp.) en USA, *Cryphonectria parasitica* en castaño en USA, entre otros. En Chile la reciente detección de varias especies de *Phytophthora* se encuentra asociado a mortalidad y muerte de copas en el bosque nativo valdiviano (Jung et al., 2018), *P. pseudosyringae* causando “cancro gomoso” en especies de *Nothofagus* (Fajardo et al., 2016) debe ser motivo de preocupación considerando el efecto que han causado en otros ecosistemas forestales en el mundo. Intrigante resulta el caso del surgimiento de *P. pinifolia* en plantaciones de *Pinus radiata*, exclusivamente descrito para nuestro país, especulándose sobre su posible origen exótico debido a su baja variabilidad genética (Durán et al., 2008), aunque persistiendo la interrogante sobre una hibridación.

El cambio climático se estima tendrá un gran impacto sobre las enfermedades forestales, afectando tanto la reproducción y sobrevivencia de patógenos, como alterando la normal susceptibilidad del hospedero (fenómeno denominado predisposición) (Sturrock et al. 2011). De esta forma el cambio climático permitirá que algunos patógenos podrán aumentar su distribución geográfica, severidad, y ampliar su rango de hospederos, especialmente aquellos patógenos que su ataque es beneficiado por factores de predisposición (e.g. periodos prolongados de sequía y calor), cobrando importancia las denominadas “patógenos o patologías emergentes”, en algunos casos endófitos y normalmente parásitos facultativos, que en este nuevo ambiente y estado de estrés fisiológico del hospedero podrán comenzar a causar mayores efectos en ciertos ecosistemas forestales, como por ejemplo el caso descrito de *Biscounaxia mediterranea* en bosque de *Quercus* en regiones mediterráneas de Europa, y el potencial de especies de la familia *Botryosphaeriaceae* en una gran variedad de ecosistemas nativos como en plantaciones comerciales (Slippers & Wingfield, 2007; Sturrock et al. 2011; Ghelardini et al., 2016).

Análisis del indicador 3.1

En Chile, la información sobre patologías que afectan ecosistemas forestales nativos es muy escasa, y ha estado orientada fundamentalmente a la identificación de algunos patógenos fúngicos (Butin & Peredo, 1986; González & Opazo, 2001), sin embargo, se desconocen absolutamente los posibles efectos de estos patógenos en las especies o ecosistemas en proporcionar bienes y servicios. Normalmente los levantamientos de patógenos realizados hasta ahora obedecen a iniciativas aisladas de investigadores e instituciones (CONAF), con la excepción del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) con su función de detectar patógenos e insectos en puertos de ingreso al país, ejecutando algunos programas especiales de prospecciones y un servicio de diagnóstico para terceros. Considerando la relevancia que tendrá el cambio climático y el ingreso sostenido y creciente de nuevos patógenos (globalización), es una necesidad urgente establecer una estrategia nacional en sanidad forestal que permita mitigar el impacto de estos factores para los ecosistemas forestales, especialmente en bosque nativo. Una propuesta debería incluir la creación de un centro de investigación y monitoreo de sanidad forestal, que agrupe universidades, instituciones (CONAF) y en colaboración con empresas forestales. Este centro tendría diversas funciones, orientadas a recopilar información de acuerdo los indicadores de sanidad mencionados previamente*, tales como:

- Mantener un registro centralizado de los problemas sanitarios en el país.
- Monitoreo en bosque nativo y plantaciones basado en sensores remotos para una detección oportuna de anomalías y su evolución en el tiempo.
- Programa de monitoreo terrestre para complementar el monitoreo mediante sensores remotos.
- Incorporar bases de datos climáticos que permitan modelar el comportamiento de problemas sanitarios y establecer predicciones sobre su evolución, así como establecer áreas de riesgo potencial.
- Establecer red de parcelas permanente de monitoreo para los principales problemas detectados, para conocer aspectos epidemiológicos (e.g. tasa de progreso y efecto de variables ambientales) y otros efectos en el ecosistema (e.g. estructura del bosque, regeneración, invasiones, productividad, etc.).

Identificación morfológica y molecular de los patógenos

Estudios de genética de poblaciones de patógenos que permitiría establecer por ejemplo posible origen de los patógenos (exótico o introducido), posibles hibridaciones, entre otras.

Estudiar el efecto de diferentes alternativas de manejo de los bosques para reducir el impacto de los problemas sanitarios.

Participar proporcionando información en diferentes instancias para la generación de políticas en sanidad forestal.

* Algunos indicadores basados metodologías del USDA Forest Service (USA). (Morin 2020)

Análisis del indicador 3.1

Fuentes de información y la literatura de referencia

- Butin H., Peredo H. (1986). Hongos parásitos en coníferas de América del Sur, con especial referencia a Chile. *Bibliotheca Mycologica* 101:1-100.
- Desprez-Loustau, M-L., Aguayo J., Dutech C., Hayden K. J., Husson C., Jakushki B., Marçais B., Piau D., Robin C., Vacher C. (2016). An evolutionary ecology perspective to address forest pathology challenges of today and tomorrow. *Annals of Forest Science* 73:45–67.
- Durán, A., Gryzenhout M., Slippers B., Ahumada R., Rotella A., Flores F., Wingfield B. D., Wingfield M. J. (2008). *Phytophthora pinifolia* sp. nov. associated with a serious needle disease of *Pinus radiata* in Chile. *Plant Pathology* 57, 715–727.
- Fajardo S. N., Valenzuela S., Dos Santos A. F., González M. P., Sanfuentes E. A. (2017). *Phytophthora pseudosyringae* associated with the mortality of *Nothofagus obliqua* in a pure stand in central-southern Chile. *Forest Pathology* e12361. 1-3.
- Ghelardini L., Pepori A. L., Luchi N., Capretti, P. Santini A. (2016). Drivers of emerging fungal diseases of forest trees. *Forest Ecology and Management* 381: 235–246.
- González G., Opazo A. (2002). Enfermedades fungosas y otras. En: *Agentes de daño en el bosque nativo* (Ed. Baldini & Pancel), pp: 89-135. Primera edición, Ed. Universitaria. 408 pp.
- Hansen, E.M. (2015). *Phytophthora* Species Emerging as Pathogens of Forest Trees. *Curr Forestry Rep* 1:16–24.
- Jung, T., Durán A., Sanfuentes von Stowasser E., Schena L., Mosca S., Fajardo S., González M., Navarro A., Bakonyi J., Seress D., Tomšovský M., Cravador A., Maia C., Horta Jung M. Diversity of *Phytophthora* species in Valdivian rainforests and association with severe dieback symptoms. (2018). *Forest Pathology* e12443. 1-19.
- Slippers, B., Wingfield M. J. (2007). *Botryosphaeriaceae* as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal Biology Reviews* 21, 90–106.
- Stenlid J., Oliva J. (2016). Phenotypic interactions between tree hosts and invasive forest pathogens in the light of globalization and climate change. *Phil. Trans. R. Soc. B* 371: 20150455.
- Sturrock R. N., Frankel S. J., Brown A. V., Hennond P. E., Kliejunas J. T., Lewis K. L., Worrall J. J., Woods A. J. (2011). Climate change and forest diseases. *Plant Pathology* 60, 133–149.
- Morin, R. S. (Compiler). USDA Forest Service (2020). *Forest Ecosystem Health Indicators*. FS-1151. 25 p.

Proponentes del indicador 3.1

Cynnamon Dobbs, Aníbal Pauchard, Alvaro Gonzalez

Indicador 3.2

Extensión, intensidad y duración de las plagas de insectos que afectan a los ecosistemas forestales.

Descripción del indicador 3.2

Este indicador, y su respectivo monitoreo, debe ser abordado de manera conjunta con el indicador 3.1 debido a que ambos tienen variables respuestas similares; mientras que por otro lado, es común que los insectos generadores de daño en bosques y plantaciones forestales actúen como facilitadores de la llegada y establecimiento de agentes patógenos (e.g. hongos) (Cogollor, 2002; González & Opazo, 2002; Quesne, 2002; Baldini & Alvarado, 2008).

Variables a medir:

- Daños foliares y al fuste, pérdida de capacidad fotosintética
- Mortalidad
- Temporalidad, ciclicidad
- Tipo de agente (e.g. clasificación taxonómica, tipo de daño)
- Interacciones bióticas (e.g. facilitación de entrada de patógenos u otras plagas)
- Factores abióticos (e.g. sequías, cambio climático)
- Origen del agente (e.g. nativo, introducido, indeterminado)
- Características del árbol afectado (e.g. edad, tamaño, especie)
- Características del bosque/plantación afectada (e.g. nativo/plantación, estructura, nivel de degradación)

Importancia del indicador 3.2

Dentro de la totalidad de especies descritas actualmente en nuestro planeta, los insectos representan el 66% (Schowalter, 2016). Esta diversidad se ve representada en sus hábitos alimenticios donde la gran mayoría está asociado a hospederos vegetales (e.g. insectos fitófagos, xilófagos) (Schowalter, 2016). Este indicador permite evaluar e identificar tanto las especies de insectos nativos y/o introducidos propensos a convertirse en plaga como aquellos bosques y/o plantaciones forestales que son o podrían ser atacadas por ellas (Cerdeña et al., 2002; Baldini et al., 2005; Baldini & Alvarado, 2008; Rojas, 2010); además, permite la identificación de los factores abióticos que potenciarían su ataque (Quesne, 2002). El árbol puede verse afectado en la copa, fuste o en las raíces (Cerdeña et al., 2002; Baldini & Alvarado, 2008). El daño puede ser directo y/o a través de la facilitación en el establecimiento de agentes patógenos, lo que provoca su debilitamiento e incluso la muerte de individuos a toda escala (Cogollor, 2002; Gara, 2010).

Análisis del indicador 3.2

Entre los herbívoros, los insectos son uno de los grupos más diversos y que mayor daño ecológico y económico causan cuando se convierten en plagas (Gara, 2010; Schowalter, 2016). Sus cortos ciclos de vida, en general anuales, hacen que sus tasas de reproducción y poder de adaptación a nuevos ambientes sean comparativamente mayores que el resto de los herbívoros (Schowalter, 2016). Por otro lado, al ser organismos ectotermos, el desarrollo, establecimiento y las tasas de reproducción de los insectos es altamente dependiente de factores ambientales (e.g. temperatura) (Quesne, 2002; Bozinovic et al., 2016a, 2016b; Schowalter, 2016). Además, a pesar de que hay muchas especies de insectos con grandes capacidades de dispersión activa (por sus propios medios), la gran mayoría posee bajas capacidades de movimiento, dependiendo de otros agentes dispersantes, a través de dispersión pasiva, para sobrepasar las grandes barreras geográficas que limitan su movimiento en nuestro país (Cordillera de Los Andes, Desierto de Atacama, Océano Pacífico) (Lomolino, 2010).

Entre los efectos del cambio climático están los cambios en las temperaturas promedio y el aumento de las sequías (Quesne, 2002; Bozinovic et al., 2016a, 2016b). Mientras que el primero de ellos afecta directamente el desarrollo, las tasas de reproducción, el establecimiento y la distribución de especies de insectos, el segundo afecta directamente a los árboles, haciéndolos propensos al ataque de insectos y eventualmente a enfermedades producidas por agentes patógenos (hongos) (Cogollor, 2002; Quesne, 2002; Bozinovic et al., 2016a, 2016b). Por otro lado, la globalización ha permitido que el movimiento de personas y mercaderías a nivel mundial vaya en constante aumento en las últimas décadas, facilitando de esta forma la dispersión pasiva de insectos y aumentando las probabilidades de introducción de estos a nuestro país (Gara, 2010). Todos estos factores en su conjunto favorecen el surgimiento e intensidad de plagas de insectos tanto nativas como introducidas.

Las plagas de insectos afectan tanto a bosque nativo como a plantaciones forestales (Cerdeña et al., 2002; Baldini et al., 2005; Baldini & Alvarado, 2008; Rojas, 2010). Según el tipo de daño, los árboles afectados pueden disminuir sus tasas fotosintéticas y el transporte interno de nutrientes, lo que conlleva a su debilitamiento, propensión al ataque de agentes patógenos e incluso la muerte, generando pérdidas de grandes masas vegetacionales (Quesne, 2002; Gara, 2010).

Para poder abordar adecuadamente lo estipulado por el indicador, se requiere:

- Una base de datos actualizada que identifique y que describa la biología y distribución de especies de insectos nativos que utilicen tanto bosque nativo como plantaciones forestales como recursos (Cerdeña et al., 2002; Cogollor, 2002; Baldini et al., 2005; Baldini & Alvarado, 2008)
- Una base de datos actualizada que identifique las plagas de insectos cuarentenarias que eventualmente podrían ingresar al país (Rojas, 2010).
- Diseño de modelos de distribución de especies de insectos con distintos horizontes temporales que predigan las posibles distribuciones de especies basados en sus temperaturas críticas (temperaturas mínimas y máximas en las cuales el insecto puede sobrevivir) y temperatura de preferencia (temperatura a la cual el insecto se desarrolla de forma óptima) en los distintos escenarios de cambio climático (Bozinovic et al., 2016a, 2016b)
- Utilización de parcelas cebo que permitan detectar de forma temprana la presencia y distribución de insectos introducidos (Cogollor, 2002)
- Monitoreo de las variaciones poblacionales de insectos nativos que permitan detectar de forma temprana su paso a un estado de plaga (Cogollor, 2002; Gara, 2010)
- Prospecciones a gran escala (e.g. aéreas, satelitales) que permitan detectar patrones de mortandad de masas vegetales a nivel de copa (Cogollor, 2002; Gara, 2010)
- Diseño de planes de manejo basados en evidencia científica y experiencia internacional en el manejo de plagas introducidas (Baldini et al., 2005; Gara, 2010)

Análisis del indicador 3.2

Fuentes de información y la literatura de referencia

- Baldini, A., Cogollor, G., Sartoni, A., & Aguayo, J. (2005) Control biológico de plagas forestales de importancia económica en Chile. Corporación Nacional Forestal y Fundación para la Innovación Agraria, Santiago, Chile. 205p.
- Baldini, A., & Alvarado, A. (Editores) (2008). Manual de plagas y enfermedades del bosque nativo en Chile. Asistencia para la recuperación y revitalización de los bosques templados de Chile, con énfasis en los *Nothofagus Caducifolios*. FAO-CONAF. 240p.
- Bozinovic, F., Medina, N.R., Alruiz, J.M., Cavieres, G., Sabat, P. (2016) Thermal tolerance and survival responses to scenarios of experimental climatic change: changing thermal variability reduces the heat and cold tolerance in a fly. *Journal of Comparative Physiology B* 186: 581-587.
- Bozinovic, F., Sabat, P., Rezende, E., Canals, M. (2016) Temperature variability and thermal performance in ectotherms acclimation, behaviour and experimental considerations. *Evolutionary Ecology Research* 17: 111-124.
- Cerda, L., Angulo, A., Durán, A., & Olivares, T., (2002) Insectos asociados a bosques del centro sur de Chile. En: Agentes de daño en el bosque nativo. Baldini, A., & Pancel, L. (Eds.). Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 201-281pp.
- Cogollor, G. (2002) Control. En: Agentes de daño en el bosque nativo. Baldini, A., & Pancel, L. (Eds.). Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 373-396pp.
- Gara, R. (2010) Chile Forestal y las plagas de insectos. En: Entomología forestal en Chile. Lanfranco, D., & Ruiz, C. (Eds.). Ediciones Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 47-67pp.
- González, G., & Opazo A. (2002) Enfermedades fungosas y otras. En: Agentes de daño en el bosque nativo. Baldini, A., & Pancel, L. (Eds.). Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 89-199pp.
- Lomolino, M.V., Riddle, B.R., Whittaker, R.J., & Brown, J.H. (2010). Biogeography. Sunderland (Massachusetts): Sinauer Associates. xiv + 878p.
- Quesne, C. (2002) Bioecología del bosque nativo chileno. En: Agentes de daño en el bosque nativo. Baldini, A., & Pancel, L. (Eds.). Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 19-44pp.
- Rojas, E. (2010) Insectos cuarentenarios de importancia forestal para Chile. En: Entomología forestal en Chile. Lanfranco, D., & Ruiz, C. (Eds.). Ediciones Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 81-120pp.
- Schowalter, T.D. (2016) Insect ecology: an ecosystem approach. Academic Press Elsevier. Cambridge, USA. xi + 762p.

Proponentes del indicador 3.2

Cynnamon Dobbs, Aníbal Pauchard, Alvaro Gonzalez

Indicador 3.3

Extensión, intensidad y duración de los procesos de invasión causados por especies invasoras de múltiples taxa que afectan a los ecosistemas forestales.

Descripción del indicador 3.3

Este indicador permitirá evaluar y monitorear la distribución de las especies invasoras presentes en los distintos ecosistemas forestales del país, estimar sus impactos y evaluar las acciones de manejo. Se identificará las especies invasoras (en múltiples taxa) y las áreas de mayor afectación, con el fin de promover la detección temprana, evaluar programas de manejo de invasores e indicar áreas vulnerables a expansión de la especie invasora. Será necesario contar con una categoría clara de especies invasoras para distinguirlas de otras especies introducidas no invasoras.

Variables a medir:

- Identidad del organismo invasor (e.g. especies u otra clasificación taxonómica; tipo funcional).
- Distribución y abundancia del organismo invasor a escala nacional.
- Eventos de introducción o masificación de especies invasoras (e.g. procesos accidentales o intencionales de masificación de especies invasoras).
- Impactos de las especies invasoras en los bosques nativos y plantados (e.g. impactos por taxón, efectos sinérgicos entre especies y otros agentes).
- Acciones manejo vigentes (e.g. número de programas de prevención y manejo de especies invasoras y su eficacia).

Importancia del indicador 3.3

Las especies invasoras se definen como organismos en todos los grupos taxonómicos que no son nativos del área, se vuelven abundantes y causan impacto en el ecosistema; y son actualmente consideradas una de las cinco amenazas más importantes a la biodiversidad (Pysek et al. 2021). En los ecosistemas forestales, las especies invasoras pueden alterar numerosos procesos ecológicos y la biodiversidad asociada. Por ejemplo, en el caso de plantas y árboles invasores, estos pueden competir con las especies nativas e impedir la regeneración de los árboles, reducir la diversidad de especies de árboles, arbustos y herbáceas nativas y de las especies de fauna que de estos dependen; y pueden afectar a la industria, la recreación y turismo y los valores paisajísticos (Pauchard et al. 2014). En el caso de especies animales de vertebrados, estas especies pueden alterar procesos de regeneración del bosque (e.g. jabalí europeo) o afectar otros animales del bosque con las consecuentes pérdidas a la biodiversidad (e.g. visón predando aves nativas) (Jaksic y Castro 2021). Los insectos también pueden ser un problema como en el caso de *Bombus terrestris*, al afectar por competencia y transmisión de enfermedad a especies nativas emparentadas (Smith-Ramírez et al. 2018). Además, de estas especies macroscópicas, microorganismos también pueden afectar la biodiversidad y los procesos ecosistémicos (e.g. Hayward et al. 2015), por ejemplo patógenos (virus, bacterias y hongos) analizados en el indicador 3.1 y algunos invertebrados como insectos y nemátodos pueden afectar la vitalidad y salud del bosque.

Análisis del indicador 3.3

Las especies invasoras al tener una amplia dispersión taxonómica y funcional requieren una variedad de métodos para lograr evaluar su estado y sus impactos, dentro de lo que se ha denominado una estrategia de "Una Bioseguridad" (Hulme 2020). Esta estrategia debe incluir un sistema integrado de evaluación que incluya las potenciales amenazadas (análisis de riesgo pre-frontera), amenazas emergentes (e.g. detección temprana y erradicación) y especies invasoras ampliamente establecidas (e.g. manejo de contención). Además, como algunas de estas especies tienen interacciones sinérgicas entre ellas potenciando sus impactos, resulta crucial monitorear el avance de especies en forma conjunta. En el caso de los ecosistemas forestales, este indicador y sus múltiples variables deben ser evaluados a múltiples escalas espaciales desde el ámbito nacional al ámbito local. A escala nacional, es necesario implementar bases de datos de especies invasoras presentes en el territorio nacional, pero también de aquellas especies introducidas potencialmente invasoras. Para ello, es necesario la implementación de un sistema nacional de análisis de riesgo de invasión para todas las especies introducidas en el país como también para todas aquellas que se quieran introducir intencionalmente o sean interceptadas pre-frontera. Es importante, además, establecer una priorización de las especies invasoras que serán evaluadas y monitoreadas a escala nacional y local. Para estas especies se podrá establecer un sistema de información geográfica basado en datos de terreno y detecciones de múltiples actores (e.g. agencias de gobierno, universidades, ciencia ciudadana) que permita evaluar cambios en su distribución. Finalmente, a escala local se debería establecer un sistema integrado de monitoreo del avance de las especies invasoras y sus impactos en bosques nativos y plantaciones forestales. Esta red de monitoreo debe estar concatenada con aquella establecida para los otros indicadores del criterio 3, para así optimizar los recursos.

En Chile, existen grandes brechas sobre la problemática de especies invasoras en todos los taxa (Pauchard et al. 2011). Si bien se cuenta con información científica sobre la ecología de un número importante de especies invasoras, la información sobre abundancia, distribución e impactos de estas especies es muy variable y usualmente insuficiente para la toma de decisiones. En estos momentos, no existe un único organismo encargado de monitorear y controlar las especies invasoras, ya que dependiendo del taxón y de los ecosistemas afectados o tipo de daño, existen múltiples organismos de gobierno que tienen mandato legal sobre el tema. Por ello, es importante establecer un sistema integrado de detección y manejo de especies invasoras, en particular para ecosistemas forestales, para lo cual se requiere contar con:

1. Una base de datos nacional (i.e. repositorio) que incluya las detecciones de especies invasoras por científicos y otros actores. Esta debiera ser de carácter abierto de manera de establecer colaboraciones con investigadores que utilicen la data para otros análisis.
 2. Parcelas de muestreo permanente (i.e. monitoreo) y otros sistemas de detección (e.g. cámara trampa, sensores remotos) que permita hacer un seguimiento a los distintos ecosistemas forestales del país.
 3. Un sistema de análisis espacial utilizando la teledetección que permitirá monitorear y evaluar la expansión de las invasivas en el territorio nacional.
 4. Una red de actores claves involucrados en la detección y manejo de especies invasoras incluyendo universidades, organismos públicos, empresas, pequeños propietarios y ONGs.
-

Análisis del indicador 3.3

Fuentes de información y la literatura de referencia

- Fuentes, N., Marticorena, A., Saldaña, A., Jerez, V., Ortiz, J. C., Victoriano, P., Moreno, R. A., Larraín, J., Villaseñor-Parada, C., Palfner, G., Sánchez, P., & Pauchard, A. (2020). Multi-taxa inventory of naturalized species in Chile. *NeoBiota*, 60, 25–41. <https://doi.org/10.3897/neobiota.60.55366>
- Golivets, M., Woodall, C. W., & Wallin, K. F. (2019). Functional form and interactions of the drivers of understory non-native plant invasions in northern US forests. *Journal of Applied Ecology*, 0(ja). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13504>
- Hayward, J., Horton, T. R., Pauchard, A., & Nunez, M. A. (2015). A single ectomycorrhizal fungal species can enable a Pinus invasion. *Ecology*, 96(5), 1438–1444. <https://doi.org/10.1890/14-1100.1.sm>
- Hulme, P. E. (2020). One Biosecurity: A unified concept to integrate human, animal, plant, and environmental health. *Emerging Topics in Life Sciences*, 4(5), 539–549. <https://doi.org/10.1042/ETLS20200067>
- Jaksic, F. M., & Castro, S. A. (2021). Biological invasions in the South American Anthropocene: global causes and local impacts. Springer Nature.
- Núñez, M. A., Chiuffo, M. C., Torres, A., Paul, T., Dimarco, R. D., Raal, P., Policelli, N., Moyano, J., García, R. A., van Wilgen, B. W., Pauchard, A., & Richardson, D. M. (2017). Ecology and management of invasive Pinaceae around the world: Progress and challenges. *Biological Invasions*, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1483-4>
- Pauchard, A., Quiroz, C., García, R., Anderson, C. B., & Arroyo, M. T. K. (2011). Invasiones biológicas en América Latina y el Caribe: Tendencias en investigación para la conservación. In *Conservación Biológica: Perspectivas desde América Latina* (p. 17). Editorial Universitaria.
- PNUD (2017). Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/ naturalizadas en Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas. 62 pp.
- Pauchard, A., García, R., Langdon, B. & Núñez, M. 2014. Invasiones de plantas en ecosistemas forestales: bosques y praderas invadidas. En: *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile*. Donoso, C., Gonzalez M. & Lara, A. (ed). pp 673–691. Ediciones Universidad Austral de Chile.
- Pyšek, P., Hulme, P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L. C., Genovesi, P., Jeschke, J. M., Kühn, I., Liebhold, A. M., Mandrak, N. E., Meyerson, L. A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H. E., Seebens, H., ... Richardson, D. M. (2020). Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, 95(6), 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brev.12627>
- Smith-Ramírez, C., Vieli, L., Barahona-Segovia, R. M., Montalva, J., Cianferoni, F., Ruz, L., Fontúrbel, F. E., Valdivia, C. E., Medel, R., Pauchard, A., Celis-Diez, J. L., Riesco, V., Monzón, V., Vivallo, F., Neira, M., Smith-Ramírez, C., Vieli, L., Barahona-Segovia, R. M., Montalva, J., ... Neira, M. (2018). Las razones de por qué Chile debe detener la importación del abejorro comercial *Bombus terrestris* (Linnaeus) y comenzar a controlarlo. *Gayana (Concepción)*, 82(2), 118–127. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382018000200118>

Proponentes del indicador 3.3

Cynnamon Dobbs, Aníbal Pauchard, Alvaro Gonzalez

Indicador 3.4

Extensión, intensidad y duración de eventos climáticos extremos (olas de calor, olas de frío, tormentas, sequía, estrés hídrico) e incendios forestales de origen natural y antrópico que afectan ecosistemas forestales.

Descripción del indicador 3.4

Evalúa la pérdida parcial o total de cobertura vegetal, mortalidad de especies y temporalidad de eventos climáticos extremos e incendios forestales (e.g. concentradas en verano)

Operacionalidad: uso de sensores remotos, información meteorológica instrumental proveniente de servicios públicos y privados y que queden de libre acceso

Incorporación de reanálisis climático, datos de área quemada y afectada compilado por CONAF. Validación en terreno para bosques plantados y bosques nativos. Además de ello, se debe contar con un almacenamiento masivo de esta información en la cual, y mediante algún sistema de usuario y contraseña se pueda acceder libremente a la descarga de datos. Esto, ya sea de manera de archivos individuales o bien una descarga masiva del repositorio vía protocolos ftp o API. Variables a medir:

1. Contenido volumétrico de agua en el Suelo
2. temperatura en superficie, temperatura mínima y máxima a 2 m de altura respecto a la superficie
3. Humedad relativa
4. Precipitación líquida
5. Velocidad y dirección de viento a 10 m.

Estas variables deberían estar medidas y disponibles a escala temporal horaria (hora a hora)

Importancia del indicador 3.4

Este indicador es referente al impacto generado en los bosques por agentes abióticos, que son de origen natural antrópico. En aquellos casos en los que el cambio se debe a este origen, y los procesos sobrepasan un umbral crítico, la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales se vería sustancialmente alterada, y los bosques podrían sufrir, por ejemplo, una reducción o pérdida de su capacidad para recuperarse tras una perturbación de esta naturaleza. Supervisar y medir la extensión de bosques afectados por agentes físicos brinda información clave para guiar la formulación de estrategias de manejo que permitan mitigar este riesgo, y ello también incrementaría la resiliencia actual y futura de los ecosistemas forestales. Sin duda, el agente físico que amenaza agudamente a los ecosistemas forestales hoy en día es el cambio climático. Existe un consenso indicado en los dos últimos informes de cambio climático (2013 y 2021) generado por el panel intergubernamental de cambio climático (IPCC), que los eventos climáticos extremos (EE) se incrementarían a futuro a escala global. Muchos de estos EE interactúan entre ellos, por ejemplo, sequías (reducción de precipitaciones y menor humedad en el suelo), precipitación intensa generada en un lapso corto de tiempo, olas de calor en el periodo estival, y heladas primaverales. En adición a la sequía, los incendios forestales (por ejemplo, área quemada) están asociados a variaciones de temperatura y precipitaciones, y de los cuales en Chile ya hay registros, como los episodios severos de incendios a lo largo de Chile Central, denominados "tormenta de fuego" durante enero 2017. En este sentido, este indicador es vital para evaluar y comprender los cambios en la frecuencia de EE (e.g. olas de calor), y que afectan a diferentes localidades a escala país, y en donde este indicador, podría permitir conocer el grado de vulnerabilidad de una localidad en particular ante el cambio climático. Adicionalmente, ellos también están siendo afectados por procesos físicos como la erosión y cambios locales y regionales en el clima.

Análisis del indicador 3.4

Este indicador identifica el impacto provocado por procesos abióticos en los bosques, especialmente los relacionados al cambio climático. En aquellos casos en los que el cambio en los bosques (nativo y plantados) debido a estos agentes y procesos trasciende un umbral crítico, la salud y vitalidad de los ecosistemas forestales podrían verse sustancialmente afectada y alterada. Los bosques podrían sufrir una reducción parcial y total de su superficie, y verse afectada su resiliencia y funciones ecosistémicas. Se sugiere levantar una línea base, particularmente de eventos climáticos extremos a escala regional, especialmente donde se distribuye la mayor cantidad de bosques plantados y nativos (Valparaíso a Puerto Montt), y donde se integre estadística de incendios forestales a escala mensual (e.g. compilada por CONAF), empleo de uso de índices globales en materia de incendios (e.g. Fire Weather Index FWI) y uso de sensores remotos como los de humedad de suelo (e.g. Agencia Espacial Europea ESA y Global Land Evaporation Amsterdam Model GLEAM). Todo lo anterior, a fin de poder identificar lugares que presenten una mayor vulnerabilidad ante el cambio climático y una tendencia de eventos climáticos extremos. Supervisar y medir los efectos de estos procesos brinda información útil para la formulación de estrategias de manejo que permitan mitigar este riesgo.

En Chile, diferentes instituciones estatales son encargadas de compilar información climática y meteorológica (Dirección Meteorológica de Chile), fluviométrica y sedimentológica (Dirección General de Aguas DGA), información de incendios forestales que incluyen superficie afectada, duración, intensidad de los incendios (CONAF), entre otras. Además de ello, muchas empresas, por ejemplo, del rubro forestal, mantienen en sus dependencias mediciones de largo plazo de diferentes variables atmosféricas y también físicas, las cuales son de uso privado, y que en muchos casos los servicios públicos como DMC y DGA no tienen información. Actualmente, tener mediciones de diferentes lugares a lo largo de todo Chile, particularmente en lugares remotos como las zonas boscosas y bosques plantados donde hay escasa información climática in situ, es altamente relevante y que su disponibilidad sea libre es fundamental. Esto se debe a que mediciones in situ permiten contrastar mediciones hechas mediante sensores remotos o reanálisis climático, los cuales presentan una continuidad espacial y temporal, que en muchos de los casos, es mayor al registro instrumental in situ. La compilación de información hidroclimática, y el mantenimiento correcto de estas estaciones de monitoreo por personal altamente calificado, son relevantes y fundamentales para un trabajo analítico eficiente. Una solución podría ser que una entidad estatal manejara esta unidad de datos. Lo anterior, se debe a que es altamente necesario centrales de compilación y análisis de datos masivos que permitan integrar toda la información hidroclimática multi fuente (datos provenientes entidades públicas y privadas; sensores remotos), y que estén disponibles 100% para estudios académicos o para cualquier persona que demande estos datos. Además de ello, en esta unidad debería existir personal altamente calificado para mover bases de datos masivas, y que permitan contestar preguntas técnicas a escala local y país.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Bowman, D. M., Moreira-Muñoz, A., Kolden, C. A., Chávez, R. O., Muñoz, A. A., Salinas, F., ... & Johnston, F. H. (2019). Human-environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio*, 48(4), 350-362.

Fire Weather index: <https://www.nwcg.gov/publications/pms437/cffdrs/fire-weather-index-system>

González, M.E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada, Ugarte, A.M., Sepúlveda, A., Farías, L., García, R., Rondanelli, R., J., Ponce, R., Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J.P., C., Carrasco, Little, C., Osses, M., Zamorano, C., Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., Castillo, I. (2020). Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 84 pp. Disponible en <https://www.cr2.cl/incendios/>

Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., van der Schalie, R., de Jeu, R.A.M., Fernández-Prieto, D., Beck, H.E., Dorigo, W.A., and Verhoest, N.E.C.: GLEAM v3: satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture, *Geoscientific Model Development*, 10, 1903–1925, 2017.

Urrutia-Jalabert, R., González, M. E., González-Reyes, Á., Lara, A., & Garreaud, R. (2018). Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9(4), e02171.

Proponentes del indicador 3.4

Cynnamon Dobbs, Aníbal Pauchard, Alvaro Gonzalez

Criterio 4: La conservación y el mantenimiento de los recursos suelo y agua

El suelo y el agua sustentan la productividad y las funciones de los ecosistemas forestales. Los ecosistemas forestales cumplen un papel importante en la regulación del flujo de agua superficial y subterránea y, junto con los ecosistemas acuáticos asociados y el agua potable, son esenciales para la calidad de la vida humana. La interacción del suelo con el agua y la topografía influyen en el carácter y la salud de los arroyos y ríos que nacen o pasan a través de los bosques. Supervisar el cambio en las características químicas, físicas y biológicas del suelo, el agua y los sistemas acuáticos, ofrece información valiosa para respaldar el manejo forestal sustentable.

Indicador 4.1

Superficie de clase de capacidad de uso forestal que es convertida a uso agrícola que considera uso de agua para regadío u otros proyectos con usos consuntivos de agua.

Descripción del indicador 4.1

Este indicador proporciona información de la superficie a nivel comunal, regional y nacional con calificación de uso forestal que consideran bosques naturales extensivos y zonas de matorrales, así como también usos actuales con plantaciones forestales y que son afectada por un cambio en el uso de la tierra que condiciona un uso dirigido del recurso agua hacia la producción agrícola u otros usos consuntivos (ej. proyectos inmobiliarios, desarrollos de urbanización periurbana).

Importancia del indicador 4.1

La importancia de este indicador radica en el actual desarrollo de proyectos de índole agrícola que consideran paltos, olivos y nuevos terrenos incorporados para viñas en la norte y zona centro sur de Chile donde existen y se proyectan reducciones de disponibilidad hídrica en un escenario de cambio climático. El indicador permitirá evaluar el cambio de superficie que previamente se halla clasificada y/o presenta uso forestal que es convertida a uso agrícola o frutícola, o que considera otros usos de agua con fines consuntivos de abastecimiento. Este indicador permite evaluar el cambio de uso de la tierra que potencialmente puede afectar caudales ecológicos de cursos de agua y/o la disponibilidad del recurso hídrico aguas abajo con consiguientes efectos ambientales y eventualmente sociales en entornos rurales.

Análisis del indicador 4.1

Los cambios en el uso de la tierra con fines productivos agrícolas a partir de suelos con capacidad de uso forestal condicionan una enorme presión en la demanda de recursos hídricos (Devendra et al., 2015). En las últimas décadas, una serie de proyectos de desarrollo agrícola han sido desarrollados entre las regiones de Coquimbo a la Araucanía que consideran el establecimiento de cultivos agrícolas en suelos de uso tradicionalmente clasificados como de capacidad de uso forestal. Los consiguientes efectos del cambio climático, y menor disponibilidad hídrica en regiones norte del país, han acelerado la movilidad y desarrollo de proyectos agrícolas hacia regiones del centro-sur y sur de Chile en zonas de uso tradicionalmente forestal, incorporando el cultivo de olivos, paltas, nogales y vides (Budds, 2004; Novoa et al., 2019; Madariaga et al., 2021). La mayoría de estos proyectos, si bien considera una serie de estrategias tecnológicas para un uso eficiente del agua, imponen una presión sobre los recursos hídricos a distintas escalas, dados los altos niveles de productividad esperada de los cultivos que redundan en efectos mayores en aguas superficiales y subterráneas que afectan caudales ecológicos y la disponibilidad de agua de comunidades rurales y su estabilidad (Fuentes et al. 2021; McPherson 2020). Este fenómeno de presión por el uso de la tierra por sobre sus capacidades previamente establecidas, en relación a la demanda y disponibilidad del recurso hídrico, ha sido ampliamente estudiado en Latinoamérica, India, China, Australia y Europa, dada la presión sobre el recurso agua y los efectos socioambientales asociados (Kumar et al., 2017; Devendra et al 2015; Chen et al., 2020). Este fenómeno ha puesto de manifiesto la necesidad del monitoreo del cambio de uso de la tierra (LUC) por sobre la capacidad de uso de la tierra previamente definido a efectos de mantener la sostenibilidad del uso del agua en cantidad y calidad (Tahiru et al 2020; Novoa et al, 2019; Chen et al., 2020). Del mismo modo, políticas de uso de la tierra consistentes con un uso sostenible deben considerar caudales ecológicos y servicios ecosistémicos derivados que actualmente presentan un alto potencial de degradación en relación a los procesos de LUC magnificados por procesos de cambio climático que son de alta magnitud a nivel país (Fierro et al 2017; Bryant et al 2020; Barriá et al. 2021).

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

- Definición de unidades de macro, meso y microcuencas (unidades hídricas forestales) a nivel regional y nacional con cobertura forestal (bosques naturales y plantaciones).
- Desarrollo de sistema de monitoreo satelital anual de cambio de uso del suelo en unidades hídricas forestales.
- Información SIG disponible asociada a tipo/s de cultivos o desarrollos correspondientes a cambios de uso de la tierra con efectos consuntivos potenciales en cuencas originalmente con uso forestal.
- Sistema de procesamiento y determinación en el tiempo de superficie a nivel comunal, regional y nacional con cambio de uso en unidades hídricas forestales afectadas por cambio de uso con fines consuntivos.
- Potencial determinación de efectos sobre caudales máximos y mínimos observados en relación a precipitaciones anuales previo establecimiento de líneas base.

Análisis del indicador 4.1

Fuentes de información y la literatura de referencia

- Devendra M. Amatya, Ge Sun, Cole Green Rossi, Herbert S. Ssegane, Jami E. Nettles and Sudhanshu Panda. Forests, Land Use Change, and Water. July 2015 DOI: 10.1201/b18652-8. In book: Impact of Climate Change on Water Resources in Agriculture Edition: 1st Chapter: 7 Publisher: CRC Press Editors: Cornelio Alberto Zolin, Renato de A. R. Rodrigues
- Budds J. 2004. Power, Nature and Neoliberalism: The political ecology of water in Chile. Singapore Journal of Tropical Geography Volume 25 (3): 322-342.
- Aldo Madariaga, Antoine Maillet, Joaquín Rozas. 2021. Multilevel business power in environmental politics: the avocado boom and water scarcity in Chile, Environmental Politics.
- Ignacio Fuentes, Rodrigo Fuster, David Avilés, Willem Vervoort. 2021. Water scarcity in central Chile: The effect of climate and land cover changes on hydrologic resources, Hydrological Sciences Journal.
- Elizabeth J. Macpherson, Pia Weber Salazar. 2020. Towards a Holistic Environmental Flow Regime in Chile: Providing for Ecosystem Health and Indigenous Rights, Transnational Environmental Law.
- Kumar, N., Tischbein, B., Kusche, J. et al. Impact of land-use change on the water resources of the Upper Kharun Catchment, Chhattisgarh, India. Reg Environ Change 17, 2373–2385 (2017)
- Chen D., Elhadj A., Xu H., Xu X., Zhi Q. A Study on the Relationship between Land Use Change and Water Quality of the Mitidja Watershed in Algeria Based on GIS and RS.
- Tahiru, A.A., Doke, D.A. & Baatuuw, B.N. Effect of land use and land cover changes on water quality in the Nawuni Catchment of the White Volta Basin, Northern Region, Ghana. Appl Water Sci 10, 198 (2020)
- Barría, P., Chadwick, C., Ocampo-Melgar, A. et al. Water management or megadrought: what caused the Chilean Aculeo Lake drying?. Reg Environ Change 21, 19 (2021).
- Bryant Benjamin P., Kelsey T. Rodd, Vogl Adrian L., Wolny Stacie A., MacEwan Duncan, Selman Paul C., Biswas Tanushree, Butterfield H. Scott. Shaping Land Use Change and Ecosystem Restoration in a Water-Stressed Agricultural Landscape to Achieve Multiple Benefits. Front. Sustain. Food Syst., 31 August 2020.
- Vanessa Novoa, Ramón Ahumada-Rudolph, Octavio Rojas, Katia Sáez, Francisco de la Barrera, José Luis Arumí. 2019. Understanding agricultural water footprint variability to improve water management in Chile. Science of The Total Environment, Volume 670:188-199.

Proponentes del indicador 4.1

Rafael Rubilar, Eduardo Arellano, Claudia Rojas

Indicador 4.2

Superficie de terreno manejados con estrategias de recuperación y conservación de suelos en ecosistemas de bosque nativo o plantaciones forestales.

Descripción del indicador 4.2

Este indicador proporciona información de la superficie del territorio nacional bajo ecosistemas de bosque nativo que cuentan con prácticas de manejo que buscan proteger suelos y aguas asociados a estos. Estas iniciativas pueden estar contenidas en el marco de la Contribución Nacionalmente Determinada para Chile (NDC sector UTCUTS), el Plan Nacional de Restauración de Paisajes (2020-2030), Ley N° 20.283 sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal u otras metas nacionales según la legislación vigente o compromisos internacionales, que incorporen prácticas que propendan a la recuperación de los suelos degradados y su posterior conservación. Este indicador se verifica por medio de los catastros e inventarios realizados por la institución pertinente que deben dar cuenta de los propósitos de los proyectos de restauración y si estos incluyen dentro de sus prioridades prácticas de recuperación y conservación de suelos.

Importancia del indicador 4.2

Este indicador dará cuenta del grado de incorporación del componente suelo a iniciativas de restauración de ecosistemas degradados de tipo bosque nativo, así como también plantaciones forestales. La importancia de este indicador se sustenta principalmente en: 1) el grado de degradación que actualmente evidencian los suelos en Chile, donde solo el 9% del territorio no presenta algún grado de erosión, según el último Informe País, y 2: en los compromisos adquiridos por Chile en materia de restauración de ambientes degradados. Este indicador permitirá monitorear en el tiempo aquellos proyectos de restauración implementados en ecosistemas de bosque nativo o plantaciones forestales que incluyan intencionalmente prácticas de recuperación y conservación de suelos. Específicamente, dará cuenta del número de proyectos que incorporen estas prácticas y de la superficie involucrada.

Análisis del indicador 4.2

En este contexto, dentro de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile se incorpora el Componente de Integración, que considera el rol de los océanos, economía circular, de bosques, turberas, y de los ecosistemas como elementos que contribuyen a la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático (MMA, 2020). Este componente incluye el eje Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra, y silvicultura (UTCUTS), cuya Contribución en Integración – UTCUTS – Bosques N°5 (I5) compromete a forestar 200.000 hectáreas. Esta iniciativa se realizará en suelos de aptitud preferentemente forestal y/o áreas prioritarias de conservación y sus condiciones, entre otras incluyen el que éstas deben realizarse considerando suelos degradados, que evidencien pérdida activa de suelos por erosión, riesgos de remoción en masa como resultado de procesos erosivos y no aptos para cultivos. Dentro de las prioridades de este compromiso se consideran “técnicas y esquemas de manejo silvícola que faciliten: la mantención de cobertura continua, aseguran las funciones de protección, la retención e incorporación de materia orgánica en el suelo, la incorporación de métodos de regeneración natural, la provisión de servicios ambientales, entre otras” (MMA, 2020). Los reportes de este compromiso los realizará la CONAF al Congreso Nacional de Chile y al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad.

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

- En la actualidad no existe un marco regulatorio robusto como una ley marco de protección de suelos y tampoco un programa estatal de incentivos para la recuperación y protección de suelos bajo bosques más allá de la Ley de Bosque Nativo (INAP, 2018)
- Escasa incorporación del componente suelo a los planes nacionales de restauración ecológica, a pesar de la relevancia que estos tienen para la provisión de servicios ecosistémicos (Marquet et al 2019).

Análisis del indicador 4.2

Fuentes de información y la literatura de referencia

Marquet, P. A., M. Fernández, P. Pliscoff, C. Smith-Ramírez, E. Arellano, J. Armesto, R. Bustamante, P. Camus, A. P. Durán, C. Echeverría, T. Fuentes-Castillo, A. Gaxiola, C. Gaymer, S. Gelcich, R. Huckle-Gaete, D. Manuschevich, M. J. Martínez-Harms, J. Naretto, V. Quirici, P. Ramírez de Arellano, H. Samaniego y M. Tironi. 2019. «Áreas protegidas y restauración en el contexto del cambio climático en Chile». En P. A. Marquet et al. (editores), Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2020. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, actualización 2020. Revisado en

https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_español-1.pdf (28 septiembre, 2021)

Instituto de Asuntos Públicos (IAP), Universidad de Chile. 2018. Informe País, Estado del medio ambiente en Chile.

Proponentes del indicador 4.2

Rafael Rubilar, Eduardo Arellano, Claudia Rojas

Indicador 4.3

Contribución de los suelos a la reserva total de carbono en los ecosistemas de bosque nativo.

Descripción del indicador 4.3

Este indicador busca dar cuenta del carbono almacenado en los suelos bajo ecosistemas de bosque y sus alteraciones debido a acciones antrópicas y efectos de la crisis climática. A través del monitoreo y registro del contenido de carbono del suelo (tons de C orgánico en el primer metro de suelo), estimados a partir de técnicas digitales de cartografía de suelos existentes en el país. Este indicador, se utiliza en iniciativas internacionales como el EU Soil Observatory (EUSO) en relación con la Política Agrícola Común de la Unión Europea (CAP por sus siglas en inglés) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODs), con el fin de evaluar los impactos de estas iniciativas en la capacidad de almacenar carbono en el suelo y el estado de los suelos (EU Science Hub, 2021). Este se verifica a través de la determinación del total de carbono orgánico en suelos (Mt o g kg^{-1}) arables (20 primeros centímetros de suelo) y consiste en dos subíndices: total estimado de carbono orgánico y promedio del contenido de carbono orgánico.

Importancia del indicador 4.3

Este indicador dará cuenta de las reservas de carbono del principal sumidero de carbono de los ecosistemas terrestres, que son los suelos. Con esto se podrá monitorear la contribución de los suelos de los ecosistemas de bosque al ciclo global de carbono y proporcionar líneas de base para evaluar el estado de los suelos de bosque, así como también evaluar el impacto de las actividades antrópicas, políticas públicas y efectos de la crisis climática en el contenido de carbono en los suelos.

Análisis del indicador 4.3

La cantidad de carbono (C) almacenado en los suelos constituye una fracción considerable del carbono presente en ecosistemas terrestres (Paustian et al., 2016). De un total aproximado de 3.060 GT de C en estos ecosistemas, cerca de un 80% (2.500 GT) se encuentra en el primer metro de suelos — en la forma de C orgánico (1.550 GT) y C inorgánico (950 GT) — mientras que el 20% (560 GT) restante se encuentra en componentes bióticos sobre el suelo (Lal, 2008). Es decir, la reserva de carbono total del suelo es aproximadamente 3 veces mayor que la reserva atmosférica estimada en 800 GT (Oelkers & Cole 2008). Por otro lado, la cantidad de C orgánico a una profundidad de dos metros puede llegar incluso a las 2.400 GT, lo que hace del componente suelo el mayor reservorio de C orgánico en los ecosistemas terrestres (Paustian et al., 2016). A nivel nacional, recientes estudios como la Base Nacional de Carbono Orgánico en el Suelo (CHLSOC) evidencian una gran variabilidad de C orgánico contenido en los suelos (Pfeiffer, 2020), donde las mayores concentraciones asociadas a ecosistemas de bosques se encuentran en bosques de tipo latifoliado, siempre verdes, y caducifolio. Este tipo de inventario a nivel nacional puede ser una herramienta de gran utilidad que permita evaluar los efectos antrópicos y asociados a la crisis climática en las reservas de carbono en el suelo.

En el último informe del Inventario Nacional de GEI, Chile considera a los suelos como depósitos de carbono dentro del sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), donde se reportan las emisiones y absorciones de los siguientes depósitos: 1) biomasa aérea y subterránea, 2) materia orgánica muerta (materia orgánica muerta y hojarasca), 3) materia orgánica del suelo y 4) productos de la madera recolectados (MMA, 2020). El depósito suelo considera el carbono orgánico en suelos minerales presente en los primeros 30 centímetros de suelos. Incluye raíces finas vivas o muertas y la materia orgánica que miden menos que el límite de diámetro mínimo sugerido (2 mm). Se consideran seis categorías de uso de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, dentro de estas se incluyen las tierras forestales, desde donde se reportan las emisiones de CO₂, además de CH₄ y N₂O emitidos a causa de incendios y quemas. Según este Informe, el suelo contribuye con menos de un 1% a las emisiones o capturas de carbono en los ecosistemas de bosque, y evidencia una absorción neta desde los 90s hasta el año 2000, para luego registrar una emisión neta debido al cambio de uso de suelo a tierras de cultivo principalmente desde tierras forestales a pastizales (MMA, 2020).

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

Dentro de las principales brechas se puede destacar la falta de información disponible con respecto a los stocks de carbono en el suelo a nivel nacional. En este sentido, recientes iniciativas como la base nacional de carbono orgánico en el suelo (Chilean Soil Organic Carbon database (CHLSOC)) (Pfeiffer, 2020), constituye un avance significativo en la sistematización y accesibilidad de este tipo de datos a nivel nacional.

Fuentes de información y la literatura de referencia

- EU Science Hub. 2021. EU Soil Observatory - dashboard with indicators. Revisado en <https://ec.europa.eu/jrc/en/eu-soil-observatory/dashboard> (30 septiembre 2021)
- Grupo de Trabajo del Proceso de Montreal. 2003. Primer informe forestal general del Proceso de Montreal. Revisado en https://www.conaf.cl/Proceso-Montreal/2003mpoverview_s.pdf (27 septiembre, 2021)
- Ministerio del Medioambiente. 2020. Informe del Inventario Nacional de Chile 2020:
- Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990-2018. Revisado en https://unfccc.int/sites/default/files/resource/7305681_Chile-BUR4-1-2020_IIN_CL.pdf (29 septiembre, 2021)
- Lal, R. 2008. Carbon sequestration. Phil. Trans. R. Soc. B 363, 815–830. doi:10.1098/rstb.2007.2185
- Oelkers, E. H. & Cole, D. R. 2008. Carbon dioxide sequestration: a solution to the global problem. Elements 4, 305-310. doi: 10.2113/gselements.4.5.305
- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P., Smith, P. 2016. Climate-smart soils. Nature 532, pages 49–57. doi:10.1038/nature17174

Proponentes del indicador 4.3

Rafael Rubilar, Eduardo Arellano, Claudia Rojas

Indicador 4.4

Proporción de incendios de una temporada con planes de acción de recuperación y protección de suelos forestales post incendios.

Descripción del indicador 4.4

Este indicador proporciona información del porcentaje de incendios forestales a nivel comunal, regional y nacional dentro de una temporada, que cuentan con un plan post incendio que prioriza la implementación de acciones de conservación de suelos en forma inmediata.

Importancia del indicador 4.4

Su implementación, permite evitar la rápida degradación de los suelos afectados por incendios mediante la ejecución de planes específicos y localizados de acción inmediata. Para la protección de los suelos, resulta crítico implementar acciones que permitan detener el deterioro de los sistemas afectados, previo a la ocurrencia de las lluvias de invierno.

Análisis del indicador 4.4

A nivel mundial, se han establecido protocolos inmediatos de evaluación de impactos de incendios forestales, tanto en plantaciones forestales como en bosque nativo. Estos protocolos incorporan herramientas como la información satelital, evaluación de campo y el historial de incendios, que permiten priorizar medidas de acción consensuadas por los distintos actores afectados para proteger los suelos, el agua y la vegetación (Arellano et al. 2018). Un programa post-incendio incluye un conjunto de acciones, que detengan los riesgos de degradación con objetivos definidos e incorporando los distintos elementos y actores del entorno (Alloza et al., 2014). Los planes de acción post-incendio deben considerar, a pocos días de ocurrido el siniestro, una evaluación preliminar de magnitud e impacto para así poder determinar las acciones de rehabilitación adecuadas dentro de la misma temporada previo a la llegada del invierno. Al establecer las zonas de vulnerabilidad ecológica se aplican acciones de emergencia ya identificadas para estabilizarlas y prevenir riesgos futuros de erosión o aluviones y favorecer acciones posteriores de restauración (Arellano et al. 2018).

Las medidas de acción temprana deben considerar criterios de eficiencia, en términos de costos económicos y esfuerzos logísticos (Vega, 2016). Algunas de las prácticas de emergencia aplicadas en distintos protocolos utilizados en Portugal, España o Estados Unidos implican siembras inmediatas con especies herbáceas de ciclo corto en laderas y taludes, (2) Control de escorrentía mediante trituration de residuos de madera quemada, (3) Barreras de troncos o apilamiento de ramas (fajas) (4) La exclusión de pastoreos.

Una vez que se tiene la información de base se requiere implementar mecanismos de trabajo que involucren a todos los actores y que permitan priorizar la asignación de recursos a las zonas de mayor riesgo.

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

- Falta evidencia sobre los efectos de la intensidad, severidad y recurrencia de los incendios forestales sobre los distintos componentes de sistemas forestales (plantaciones o nativos) bajo amenazas de ocurrencia de incendios en Chile.
- Falta de herramientas de imagen satelital y protocolos de campo para evaluación de riesgos inmediatos
- Falta de protocolos que permitan una coordinación entre actores y una rápida implementación de acciones de conservación de suelo post incendios.
- Planes de monitoreo de condición de degradación de suelos de áreas incendiadas

Análisis del indicador 4.4

Fuentes de información y la literatura de referencia

Alloza, J., García, S., Gimeno, T., Baeza, J., Vallejo, V.R., Rojo, L. & Martínez, A., 2014. Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Arellano, E.; Morales, N.; Gilabert, H.; Gaxiola A.; Miranda M. 2018. Acción temprana post-incendio en Chile: herramientas para definir objetivos de restauración de zonas incendiadas. Temas de la Agenda Pública Pontificia Universidad Católica de Chile. Año 13 (109)

Robichaud, P.R., Lewis, S.A., Brown, R.E. & Ashmun, L.E., 2009. Emergency Post-fire Rehabilitation Treatment Effects on Burned Area Ecology and Long-term Restoration. *Fire Ecol.* 5, pp. 115-128. doi:10.4996/fireecology.0501115

Vallejo, V., Arianoutsou, M. & Moreira, F., 2012a. Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types. Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forest. *Managing Forest Ecosystems*. doi:10.1007/978-94-007-2208-8

Vega, J.A., 2016. Prioridades de restauración de áreas forestales quemadas. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 180, pp. 155-180.

Proponentes del indicador 4.4

Rafael Rubilar, Eduardo Arellano, Claudia Rojas

Criterio 5: Mantenimiento del aporte forestal al ciclo global del carbono

Los bosques son renovables y constituyen uno de los reservorios terrestres más grandes de biomasa y carbono. Cumplen un importante papel en el ciclo global del carbono como sumideros y fuente de carbono. El inventario de carbono en los bosques incluye la biomasa sobre y bajo el suelo, la materia orgánica y el carbono del suelo. El carbono también se almacena en productos de madera. La biósfera tiene una significativa influencia en la composición química de la atmósfera. La vegetación captura CO_2 de la atmósfera a través del proceso fundamental de la fotosíntesis y lo libera a través del proceso de la respiración (mitocondrial) celular y la descomposición de la materia orgánica. Existe un importante intercambio entre la biósfera y la atmósfera; aproximadamente una séptima parte del CO_2 total de la atmósfera pasa por la vegetación cada año. El cambio climático global podría tener efectos significativos en la estructura, distribución y productividad de los bosques templados y boreales, al igual que impactos en el inventario total y en los flujos de carbono, en la prevalencia de incendios forestales, plagas y enfermedades, y en daños por tormentas en los bosques. Las prácticas de manejo forestal también afectan el ciclo y los flujos de carbono. La deforestación tiene un impacto negativo; sin embargo, las actividades de manejo que mantienen y mejoran el carbono almacenado en los suelos y bosques y productos forestales a mediano y largo plazo pueden hacer un aporte positivo para mitigar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Además, la biomasa de los bosques puede utilizarse como un sustituto de los combustibles fósiles, reduciendo de este modo las emisiones de gases de efecto invernadero. Los cambios en el ciclo global del carbono producto del cambio climático tendrán un gran impacto en el bienestar de las personas, en especial en las comunidades rurales y en los pueblos indígenas que dependen directamente del entorno natural.

Indicador 5.1

Almacenamiento y flujo total de carbono en el ecosistema forestal.

Descripción del indicador 5.1

Se trata de indicadores agregados a nivel del país completo (la información también se encuentra a escala regional). Consiste en los contenidos (stocks) de carbono a nivel agregado considerando distintos compartimentos: biomasa aérea, biomasa subterránea, hojarasca, madera muerta, suelos. Además, considera los cambios en los stocks en cada año calendario, por compartimento o en forma agregada. A modo de ejemplo, se podría estimar que los stocks de carbono a nivel de ecosistemas forestales alcanzan los 2000 millones de toneladas de CO_2 equivalente, mientras que la captura 65 millones de toneladas de CO_2 equivalente por año. Los contenidos (stocks) corresponden a una “fotografía” en un punto en el tiempo, los flujos (captura/emisión) corresponden a los cambios de stock en un periodo de tiempo, que generalmente será un año. Estos indicadores requieren de una periodicidad anual para evaluar cambios en la sustentabilidad del sector y del país.

Importancia del indicador 5.1

Este indicador ofrece información sobre la cantidad total de carbono almacenado en los ecosistemas forestales. También describe cambios en los flujos o intercambios entre los bosques y la atmósfera. Una mejor comprensión de estos procesos contribuirá al desarrollo de respuestas apropiadas frente a los efectos del cambio climático (Proceso Montreal).

Análisis del indicador 5.1

Los documentos y directrices desarrollados por IPCC (2006, 2019) para la construcción de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (INGEI) son tremendamente robustos, proporcionando antecedentes para aplicarlos en los distintos países de acuerdo a la información disponible. Los informes de INGEl se reportan cada dos años a la Convención Marco de las Naciones Unidas de Cambio Climático (CMNUCC), y se generan bajo el Sistema Nacional de INGEl (SNI Chile) coordinado por el Ministerio del Medio Ambiente y el sector Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés), siendo coordinado por el Ministerio de Agricultura, mientras que los servicios INFOR y CONAF reportan el sector forestal. Para ello existen distintas fuentes de información donde destacan las superficies de bosque nativo entregadas por CONAF, las superficies de plantaciones y factores de emisión entregados por INFOR.

IPCC entrega directrices para reportar en tres niveles según el nivel de complejidad metodológica. El Nivel 1 es el nivel más básico, y tiene una guía en las directrices con factores de emisión y datos de actividad generalizados para ser usado por cualquier país, de manera tal, que todos los países del mundo puedan reportar su inventario. El nivel 2 tiene un nivel intermedio de complejidad y cuenta con datos y factores de emisión país específico. Por último el Nivel 3 es más demandante en términos de complejidad y datos. Los niveles 2 y 3 permiten reportar con mayor exactitud el INGEl. Para el sector forestal, Chile reporta predominantemente con nivel 2 de información, sin embargo existen algunos depósitos de carbono que se reportan con nivel 1 y en una proporción menor se reporta en nivel 3. Los INGEl permiten una mejora continua de la información y se insta a los países a avanzar en sus reportes utilizando niveles 2 y 3.

Principales brechas o necesidades de conocimiento e información para abordar lo estipulado por el indicador

- Dinámica de bosques y cambios en stocks de carbono en los distintos compartimentos (suelos, biomasa, hojarasca, madera muerta)

Fundamento: Se requiere generar conocimiento de stocks y flujos de carbono en distintos compartimentos según tipo de bosque y estado sucesional.

- Efectos de la silvicultura en los depósitos y flujos de carbono

Fundamento: Se requiere generar conocimiento de cómo la silvicultura afecta los distintos depósitos y flujos de carbono (e.g. especies, densidades, rotaciones, raleos, podas, cosecha, etc., tanto para bosques nativos como para plantaciones forestales).

- Efectos de los incendios en los flujos de carbono

Fundamento: Información del cambio en los stock y flujos de carbono en los depósitos de carbono posterior a los incendios. Recuperación post incendio y período de recuperación.

- Emisión/Captura de CH₄, N₂O y COVs en ecosistemas forestales

Fundamento: los suelos pueden actuar capturando/emitiendo CH₄, emitiendo N₂O y la vegetación emitiendo COVs (compuestos orgánicos volátiles) los cuales no se encuentran cuantificados. Tampoco como la silvicultura y los incendios los afecta.

Fuentes de información y la literatura de referencia

IPCC. (2006). "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

IPCC. (2019). "2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

Proponentes del indicador 5.1 (mismo del Proceso Montreal)

Yasna Rojas, Horacio Bown

Indicador 5.2

Almacenamiento y flujo total de carbono en los productos forestales.

Descripción del indicador 5.2

Los productos de madera cosechada (Harvested Wood Products, HWP) incluyen todo el material leñoso incluyendo la corteza que se extrae de los sitios de cosecha. Los HWP constituyen un reservorio de carbono. El tiempo que el carbono es mantenido en los productos variará dependiendo del producto y de sus usos (IPCC, 2006). Por ejemplo, leña y residuos del aserradero pueden ser quemados en el año de la cosecha; muchos tipos de papeles pueden tener una vida útil de menos de cinco años la cual además puede considerar reciclaje; mientras que madera aserrada o paneles usados en las construcciones pueden ser mantenidas por décadas o por aún más de 100 años. Además, los HWP que se descartan pueden ser depositados en vertederos (solid waste disposal sites, SWDS) donde pueden permanecer por largos períodos de tiempo. IPCC (2006) estima que la cantidad de carbono mantenida en productos de madera (HWP) a nivel mundial probablemente va en aumento.

Importancia del indicador 5.2

Este indicador ofrece información sobre el papel que cumplen los productos forestales en el almacenamiento, el ciclo y la liberación del carbono. Los productos forestales son un depósito de carbono que libera lentamente el carbono a la atmósfera y son más sustentables que los productos con procesos de fabricación que tienen una importante huella de carbono (Proceso Montreal).

Análisis del indicador 5.2

Los cambios en los niveles de stock en HWP se estiman usando una ecuación de descomposición de primer orden. Esto significa que la disminución (pérdida) anual del stock de carbono en productos es estimado como una fracción constante del stock actual. La estimación de cambio en el stock de carbono en productos en uso se realiza contabilizando las entradas hacia y salidas fuera del depósito de carbono de "productos en uso". En los inventarios nacionales de GEI se utilizan los flujos estimados de HWP desde 1900. La captura de CO₂ de los productos forestales en uso actualmente se calculan en Chile a través del INGEI, y ascienden a alrededor de 8 millones de toneladas de CO₂ eq. al año.

Este indicador no presenta brechas de información o éstas son marginales. El Instituto Forestal mantiene las estadísticas de productos forestales desde la década de 1960.

Fuentes de información y la literatura de referencia

IPCC. (2006). "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

IPCC. (2019). "2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

Proponentes del indicador 5.2 (mismo del Proceso Montreal)

Yasna Rojas, Horacio Bown

Indicador 5.3

Emisión evitada de carbono proveniente de combustibles fósiles, gracias al uso de energía proveniente de biomasa forestal.

Descripción del indicador 5.3

Existen plantas de generación de energía eléctrica a base de biomasa forestal en Chile. Un caso notable, es el de Arauco Bioenergía, que entregó durante el año 2016 excedentes de energía al Sistema Interconectado Central (SIC) equivalentes a 1.089 GWh, equivalente al 2% de la energía total inyectada al SIC y al 5% del total de la energía calificada como ERNC. Esta información se genera de forma conjunta entre INFOR (leña) y el Ministerio de Energía (biomasa en balance de energía), que tributan al INGEI.

Importancia del indicador 5.3

Este indicador ofrece información sobre la cantidad de energía producida a partir de la biomasa forestal y el grado en el que compensa el uso de combustibles fósiles, beneficiando el balance global, y reduciendo las emisiones de carbono (Proceso Montreal).

Análisis del indicador 5.3

La bioenergía exhibe un potencial significativo de mitigación de gases de efecto invernadero: siempre y cuando, se oriente a mantener el área de bosques, su productividad, los niveles de cosecha y los sistemas de conversión utilizados. De manera que si no hay pérdida de stock de carbono de un año a otro, como resultado del manejo forestal y el cambio climático, y se genera bioenergía entonces ésta puede remplazar el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, si los stocks de carbono disminuyen, puede ser que la mitigación de gases de efecto invernadero provenientes de combustibles fósiles no alcance a compensar las pérdidas de carbono en la biomasa forestal.

Este indicador no presenta brechas de información o éstas son marginales.

Fuentes de información y la literatura de referencia

INGEI Sector Energía. <https://snichile.mma.gob.cl/proceso-del-ingei/>

Chum, H., A. Faaij, J. Moreira, G. Berndes, P. Dhamija, H. Dong, B. Gabrielle, A. Goss Eng, W. Lucht, M. Mapako, O. Masera Cerutti, T. McIntyre, T. Minowa, K. Pingoud, 2011: Bioenergy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Proponentes del indicador 5.3 (mismo del Proceso Montreal)

Yasna Rojas, Horacio Bown

Criterio 6: Mantenimiento y mejoramiento de los múltiples beneficios socioeconómicos a largo plazo para cubrir las necesidades de las sociedades

Para abordar este criterio resulta fundamental explorar y analizar el concepto de calidad de vida y bienestar humano, y cómo éste se conecta con la calidad de los entornos naturales, todo en contexto de un complejo sistema socioambiental. En los actuales escenarios de cambios socioambientales, los bosques y la gestión de estos debieran contribuir a mejorar la calidad de vida y aumentar las oportunidades de la población que se relaciona con ellos, particularmente de las personas que habitan en territorios rurales. Al mismo tiempo esto debe conseguirse asegurando un flujo de largo plazo de múltiples beneficios sociales que dependen de la salud ecológica. Esto implica adoptar nuevos paradigmas que incorporen enfoques territoriales interdisciplinarios que razonen a múltiples escalas de análisis con el objetivo de mantener el flujo de múltiples beneficios y al mismo tiempo diversificar y potenciar el desarrollo de las comunidades locales.

Desde una perspectiva de pertinencia de los indicadores al contexto nacional y de la experiencia existente, la propuesta de indicadores se inspira en gran manera en el sistema de indicadores de calidad de vida rural, desarrollada por el Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP) el año 2019 (CESIEP 2019). Los indicadores desarrollados en esa instancia se han constituido en la Plataforma SICVIR (Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural) gestionada por ODEPA y el INE, con el objetivo de medir y evaluar regularmente la calidad de vida del territorio de 263 comunas rurales y mixtas en Chile. Los enfoques utilizados para el desarrollo de indicadores son aplicables y adaptables al contexto forestal. Su ajuste permite generar sinergias con políticas públicas y plataformas actuales que se encuentran funcionando.

Además, la propuesta se complementará con criterios propuestos en la investigación relacionada al contexto analizado (e.g. Bidegain et al. 2019, Zorondo-Rodríguez et al. 2019, Reyes et al. 2020).

El enfoque adoptado para el análisis de indicadores es esencialmente hacia el contexto rural, dado que es ahí donde el bienestar humano está más estrechamente vinculado con los bosques (Zorondo-Rodríguez et al. 2019). Los cambios globales y locales en contexto económico, ambiental y cultural afectan directamente el bienestar de quienes habitan los espacios rurales lo cual impone desafíos relevantes a la gestión e investigación en contexto forestal.

El envejecimiento de la población rural y la migración a zonas urbanas, el proceso de urbanización, la diversificación productiva, la presión medioambiental y el cambio climático, los avances tecnológicos y el aumento de la población mundial, que conllevan cambios en la productividad forestal, son algunas de las tendencias que abren nuevas opciones a la transformación productiva en el espacio rural (CESIEP 2020). De esta manera, La estructura de la propuesta se basa en 4 dimensiones a partir de las cuales se plantean los indicadores: Bienestar social, oportunidades de desarrollo, sostenibilidad ambiental y aspectos culturales.

Indicador 6.1

Acceso a servicios básicos: agua potable.

Descripción del indicador 6.1

El indicador puede abordarse considerando:

- % de la población en áreas rurales con acceso a agua potable
- % personas que usa camiones aljibe

Importancia del indicador 6.1

Este indicador se asocia esencialmente al acceso al agua de las comunidades locales. El abastecimiento de agua potable se vincula para los actores a un umbral de dignidad que es necesario alcanzar (Zorondo-Rodríguez et al. 2019, CESIEP 2020). El impacto del cambio climático afecta directamente el acceso al agua en territorios rurales, lo cual genera conflictos socioambientales que hacen necesario enfrentar con rapidez el escenario en que se enmarca el uso y los derechos de aprovechamiento del agua (CESIEP 2020).

En sectores más aislados se sigue utilizando agua de pozo (Umaña 2017, CESIEP 2020). En estos lugares el escenario de sequía prolongada hace que los pozos se sequen y que finalmente la población se abastezca de agua en base a camiones Aljibes (CESIEP 2020).

Análisis del indicador 6.1

Este aspecto no se aborda en el documento sobre Criterios e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Segundo Reporte Nacional, periodo 2003-2015 (CONAF 2015). En escenarios de cambio climático es sustancial avanzar en sistematizar información sobre el acceso al agua en comunidades rurales.

El indicador presenta brechas y desafíos relevantes, por cuanto información sobre qué porcentaje de la población rural asociada a bosques se abastece de camiones aljibe no está sistematizada.

Se visualiza que los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos aumentarán en el futuro con desafíos complejos para la resiliencia de las comunidades rurales (World Bank 2020).

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

- Información sobre intermitencia en servicios de agua potable/ abastecimiento de camiones aljibe.
- Información sobre cantidad de población que utiliza agua de pozo/ otra fuente no asociada al agua potable rural no está sistematizada.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Umaña, P. 2017. Valoración socio-cultural de la transformación territorial debido a la expansión forestal en la comuna de Pichilemu, Chile. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental, Universidad de Chile.

Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP). (2019). Estudio de Indicadores de Calidad de Vida y Estándares de Vida en los Territorios Rurales de Chile. Informe final. Santiago: ODEPA.

CONAF. 2015. Criterio e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Segundo Reporte Nacional, periodo 2003-2015. Proceso de Montreal.

The World Bank. 2020. Chile's Forests: A pillar for inclusive and sustainable development. Country Forest Note. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33894>

Proponentes del indicador 6.1

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.2

Pobreza rural de personas que se relacionan con la actividad forestal.

Descripción del indicador 6.2

El indicador puede abordarse considerando:

Porcentaje de la población cuya fuente principal de ingresos proviene de la actividad forestal, en situación de pobreza por ingresos.

Porcentaje de la población cuya fuente principal de ingresos proviene de la actividad forestal, en situación de pobreza multidimensional.

Importancia del indicador 6.2

La gestión forestal sostenible debiera aspirar a disminuir la pobreza de las personas que se relacionan con la actividad forestal. La pobreza puede ser determinante para la migración de los jóvenes (CESIEP 2020). En estudios sobre indicadores de calidad de vida rural (CESIEP 2020, ODEPA 2020), la pobreza es uno de los principales aspectos asociados a mermar la calidad de vida de las personas.

Análisis del indicador 6.2

La necesidad de generar información detallada que permita vislumbrar relaciones entre actividad forestal y pobreza ha sido planteada en investigaciones científicas en Chile y las publicaciones en este ámbito tienden a incrementar (Hofflinger et al. 2021, World Bank 2020, Anderson et al. 2016).

Si bien la encuesta CASEN permite obtener información sobre población rural en situación de pobreza, el desafío está en determinar el porcentaje de la población cuya fuente principal de ingresos proviene de la actividad forestal que se encuentra en situación de pobreza.

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

- Se requiere información detallada y sistematizada que permita relacionar porcentaje de personas cuya actividad principal proviene del ámbito forestal que se encuentra en situación de pobreza.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Andersson, K., Lawrence, D., Zavaleta, J. et al. More Trees, More Poverty? The Socioeconomic Effects of Tree Plantations in Chile, 2001–2011. *Environmental Management* 57, 123–136 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0594-x>.

Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP). (2019). Estudio de Indicadores de Calidad de Vida y Estándares de Vida en los Territorios Rurales de Chile. Informe final. Santiago: ODEPA.

Hofflinger, A., Nahuelpan, H., Boso, A., Millalen, P. 2020. Do Large-Scale Forestry Companies Generate Prosperity in Indigenous Communities? The Socioeconomic Impacts of Tree Plantations in Southern Chile. *Human Ecology* <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00204-x>.

ODEPA 2020. Validación de la propuesta de Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural. Informe Final.

Indicador 6.3

Empleo rural (y urbano), de calidad.

Descripción del indicador 6.3

Tal como indica el informe final del proceso de Montreal, este indicador proporciona información sobre el nivel de empleo directo e indirecto del sector forestal. Debiera brindar información respecto a si los empleos que ofrece el sector forestal brindan seguridad e ingresos que permitan que las familias se mantengan en sus territorios, por lo mismo es relevante avanzar en determinar la calidad de los empleos. El indicador puede abordarse considerando información generalista y otra más detallada, de la siguiente forma:

- % de desocupación rural
- Renta promedio por género
- Renta promedio por zona
- Número de empleos directos e indirectos por área de trabajo forestal, y renta promedio: diferenciación entre si quienes son empleados en cada área de trabajo provienen de áreas rurales o urbanas, y los ingresos promedio en ambas dimensiones.

Importancia del indicador 6.3

El empleo es una medida ampliamente aceptada como medida de oportunidades de desarrollo de las comunidades locales. Empleos de calidad y bien remunerados en el ámbito forestal constituyen un eje clave para que la calidad de vida, particularmente en territorios rurales, pueda mantenerse. Teóricamente, es reconocido que los mecanismos por los cuales la industria forestal, por ejemplo, puede contribuir a que las personas salgan de la pobreza están relacionados a: a) generación de empleo estable, y b) la diversificación de fuentes de ingreso para las comunidades locales (cosecha y venta de madera y productos forestales no madereros) (Hofflinger et al. 2020). Investigación reciente (e.g. Hofflinger et al. 2020), indica que municipios que han experimentado un aumento de las plantaciones forestales, la pobreza y la desigualdad de ingresos han aumentado tanto entre los grupos indígenas como entre los no indígenas.

Análisis del indicador 6.3

Un desafío para quienes se ocupan de las políticas, las prácticas, la planificación y la inversión en el nexo entre los bosques, la biodiversidad y las personas reside en determinar las cifras, así como las características demográficas, sociales y económicas de aquellas poblaciones que más dependen de los recursos forestales, lo cual sigue siendo un desafío en el país. La heterogeneidad de las interacciones de las personas con los bosques hace difícil definir la dependencia de los bosques de una forma unificada y significativa (Newton et al., 2016). Sin embargo, no avanzar en esta dirección pone en riesgo la sostenibilidad forestal.

Los documentos relativos al Proceso de Montreal, incorporan indicadores relativos a empleo. Sin embargo, solo se consideran cuántos miles de personas son empleadas en las áreas silvicultura y extracción, industria primaria, secundaria y servicios. Ahí se alerta además que entre los años 2000 y 2013, el número total de empleados muestra un incremento menos significativo que el crecimiento de la producción y de las exportaciones, lo que deja en evidencia los mayores niveles de productividad alcanzados por la industria.

La información que existe en este ámbito para el indicador en Chile es bastante gruesa y no permite analizar en detalle si efectivamente la generación de empleo del sector está afectando positivamente la calidad de vida de los diferentes actores que son empleados en el ámbito forestal. En la misma dirección, INFOR (2020) entrega información estadística reciente sobre el sector forestal del país, proporcionando estimaciones gruesas sobre el número de empleos a nivel nacional. Además, se proporciona el número estimado de propietarios de plantaciones forestales por tipo de propietario, según región, al año 2018.

Existe información desde la Encuesta Nacional de Caracterización Socioeconómica (CASEN), la cual proporciona información a nivel de hogares permitiendo determinar perfiles socioeconómicos de la población, incluyendo educación, renta, y empleo de población urbana y rural a nivel de cada Municipalidad del país.

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

- Falta mejor visualización sobre el perfil de quienes son contratados por la industria forestal, y la calidad de trabajos que se generan en términos de salario.
- Falta información más detallada sobre la estabilidad o estacionalidad de los trabajos.
- La información que es posible encontrar es muy gruesa y descriptiva, y no necesariamente se basa considerando dinámicas de cambio en el tiempo (Andersson et al. 2016).

Aunque varias investigaciones en el contexto forestal chileno han documentado que las plantaciones industriales de árboles en varios lugares se han asociado con aumento de la pobreza y la rápida despoblación de las áreas rurales (Arnold 2003; Montalba Navarro et al. 2005; Anderson et al. 2015), los datos existentes son derivados de estudios en localidades puntuales y los estudios no analizan interacciones entre la actividad forestal y los efectos socioeconómicos en el largo plazo. Esto resulta ser una deficiencia grave para la política forestal chilena (Andersson et al. 2015).

Análisis del indicador 6.3

Fuentes de información y la literatura de referencia

Arnold, FE. 2003. Native forest policy in Chile: understanding sectoral process dynamics in a country with an emerging economy. *International Forest Review* 5(4):317–328.

Andersson, K., Lawrence, D., Zavaleta, J. et al. More Trees, More Poverty? The Socioeconomic Effects of Tree Plantations in Chile, 2001–2011. *Environmental Management* 57: 123–136 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0594-x>

Hofflinger, A., Nahuelpan, H., Boso, A., Millalen, P. 2020. Do Large-Scale Forestry Companies Generate Prosperity in Indigenous Communities? The Socioeconomic Impacts of Tree Plantations in Southern Chile. *Human Ecology* <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00204-x>

Instituto Forestal (INFOR). 2020. El Sector Forestal Chileno 2020. https://wef.infor.cl/publicaciones/sector_forestal/2020/SectorForestal_2020.pdf

Montalba Navarro R, Carrasco Henríquez N, Araya Cornejo J Contexto económico y social de las plantaciones forestales en Chile: el caso de la Comuna de Lumaco, región de la Araucanía: agosto de 2005. *Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales*, Montevideo, Uruguay. ISBN: 9974-7920-7-X.

Newton, P., Miller, DC., Ateenyi Byenkya, MA., Agrawal, A. 2016. Who are forest-dependent people? A taxonomy to aid livelihood and land use decision-making in forested regions. *Land Use Policy* 57: 388–395.

Proponentes del indicador 6.3

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.4

Diversificación de actividades económicas de propietarios de bosques relacionadas a múltiples productos y servicios de los bosques, y canales de comercialización.

Descripción del indicador 6.4

El indicador hace referencia a comprender desde dónde vienen los ingresos, es decir, cuál es el nivel de dependencia de las personas con diferentes productos y servicios derivados del bosque nativo o plantaciones, y los canales de comercialización de estos. El acceso a conectividad tecnológica y vial resultan ser trascendentales para avanzar en la comercialización.

Operativamente el indicador puede abordarse de la siguiente manera:

- Volumen de ventas y variación anual por producto o servicio en contexto rural.
- Número de habitantes por cada antena de telecomunicaciones.
- Porcentaje de kilómetros de carreteras y caminos pavimentados de la red principal y secundaria respecto del total de carreteras y caminos de la red principal y secundaria.

Importancia del indicador 6.4

Es relevante que existan estrategias de comercialización para los productores que utilizan el bosque nativo, optimizando el uso de sus recursos y buscando alternativas nuevas de comercialización. Por ejemplo, es reconocido que los PFSNM juegan un rol relevante en la economía, el bienestar y la cultura de los países, las comunidades y las personas, en especial de aquellas que habitan y se relacionan directamente con los bosques y el entorno rural. En contexto económico juegan un rol relevante en la diversificación del sustento familiar (INFOR 2020, Pullanikatil y Schakleton 2019).

Los PFSNM a través del autoconsumo y comercialización son una opción para el combate de la pobreza en zonas rurales, favorecen la valorización socioeconómica y conservación de los bosques, para transitar hacia la sostenibilidad integral de los recursos vegetacionales, asegurando de esta forma la conservación de la diversidad biológica y cultural. Estas estrategias deberían considerar el uso de nuevas tecnologías, redes sociales, ventas online, entre otros aspectos que puedan diferenciarse de las prácticas habituales (CESIEP 2020).

Análisis del indicador 6.4

Estudios realizados en contexto rural (ej. CESIEP 2020), observan que existe una preocupación transversal desde los contextos rurales respecto a la diversificación de actividades económicas. CESIEP (2020) también destacan la importancia que adquieren los canales de comercialización para los productores locales, donde no solo es relevante el apoyo para el desarrollo de actividades productivas, sino también para insertar productos en el mercado local y nacional, donde una de las principales dificultades está en la valorización, en términos de mercado de sus productos y la llegada de éstos a centros de comercialización.

INFOR proporciona datos sobre volumen de ventas de diferentes productos derivados de los bosques. CONAF (2015), también brinda información de este tipo. Sin embargo, se requiere avanzar en la comprensión de la relación entre venta y dificultades de comercialización.

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

La información existente sobre este indicador es muy gruesa. La mayor brecha está dada por la inexistencia de información sistematizada a nivel nacional que de cuenta de la relación entre el nivel de ventas de diferentes productos y las dificultades para acceder a cadenas de comercialización.

Fuentes de información y la literatura de referencia

CONAF. 2015. Criterio e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Segundo Reporte Nacional, período 2003-2015. Proceso de Montreal.

Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP). (2019). Estudio de Indicadores de Calidad de Vida y Estándares de Vida en los Territorios Rurales de Chile. Informe final. Santiago: ODEPA.

INFOR 2020. Productos Forestales No Madereros. Boletín N° 36.

Pullanikatil, D., Schakleton, Ch. 2019. Poverty Reduction Through Non-Timber Forest Products. Springer.

Proponentes del indicador 6.4

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.5

Superficie con manejo forestal sostenible.

Descripción del indicador 6.5

El indicador se refiere al porcentaje de superficie forestal bajo manejo forestal sostenible (Ley 20.283), respecto del total disponible en ese territorio.

Importancia del indicador 6.5

El manejo forestal sostenible es clave para la mantener la salud ecológica de los bosques de tal forma de mantener su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos en el largo plazo, y al mismo tiempo resguardar el bienestar social de quienes viven de ellos (Parrotta et al. 2016, Salas et al. 2016). El actual contexto social, económico y ambiental que enfrenta el país, impone desafíos para la actividad forestal sostenible. La degradación de áreas de bosque nativo sigue siendo un desafío muy importante porque los recursos forestales nativos son propiedad principalmente de pequeños y medianos propietarios y el mercado informal de leña no es fácilmente rastreable (World Bank 2020). La degradación de los bosques nativos cambia la estructura de los bosques nativos en cuanto a su tamaño y composición de especies, alterando su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos clave para el bienestar de las comunidades (Cerdeira et al. 2013, World Bank 2020).

Análisis del indicador 6.5

El indicador fue propuesto por el estudio Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural (SICVIR), desarrollada en el año 2019 (CESIEP 2019). Posteriormente fue validado por el estudio "Validación de la propuesta de Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural" (ODEPA 2020) a través de expertos. Asimismo, esta validación incorporó el diseño de una plataforma de visualización de indicadores sobre calidad de vida rural, que será manejada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Información relativa a planes de manejo existentes contribuye también a la viabilidad del indicador.

De acuerdo a investigación existente en contexto de manejo forestal sostenible (e.g. Frene y Nuñez 2010, Salas et al. 2016), existen limitaciones relevantes respecto a la superficie de bosque nativo que se somete a tratamientos silvícolas, dado que probablemente los rodales naturales han estado sujetos a cortas no reguladas (a veces ilegales) de los mejores árboles y, por lo tanto, requieren una mayor inversión económica para convertirse en unidades potencialmente productivas mediante diferentes estrategias de restauración (Salas et al. 2016). La inversión económica puede ser realizada principalmente por empresas forestales, pero es mucho más compleja para pequeños propietarios, dado que no existe un apoyo suficiente a nivel político para apoyar inversiones de largo plazo (Schiappaccase et al. 2012).

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

De acuerdo con la información presentada, el indicador es abordable y hoy en día se ha incorporado en el diseño de plataformas públicas que buscan visualizar la calidad de vida rural.

Existe un desafío a que la superficie con actividad ilegal no es fácilmente rastreable, y aunque la información existente permitiría abordar el indicador, es relevante además contar con información más exacta de hectáreas bajo cosecha ilegal e insostenible.

Análisis del indicador 6.5

Fuentes de información y la literatura de referencia

Cerda, C., Ponce, A., Zappi, M. 2013. Using choice experiments to understand public demand for the conservation of nature: A case study in central Chile. *Journal for Nature Conservation* 21: 143-153.

Frene, C., Nuñez, M. 2010. Hacia un nuevo modelo forestal en Chile. *Bosque Nat.* 47: 25-35

ODEPA 2020. Validación de la propuesta de Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural. Informe Final.

Parrotta, J., Yeo-Chang, Y., Camacho, L.D. 2016. Traditional knowledge for sustainable forest management and provision of ecosystem services, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 12:1-2, 1-4.

Salas, C., Donoso, P.J., Vargas, R., Arriagada, C.A., Pedraza, R., Soto, I.P. 2016. The Forest Sector in Chile: An Overview and Current Challenges. *Journal of Forestry* 114(5): 562-571.

Schiappacasse, I., Nahuelhual, L., Vásquez, F., Echeverría, C. 2012. Assessing the benefits and costs of dryland forest restoration in central Chile. *Journal of Environmental Management* 97: 38-45.

The World Bank. 2020. Chile's Forests: A pillar for inclusive and sustainable development. Country Forest Note. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33894>

Proponentes del indicador 6.5

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.6

Servicios ecosistémicos: Vínculos entre servicios ecosistémicos derivados de los bosques y bienestar de comunidades rurales.

Descripción del indicador 6.6

El indicador es útil para construir información sobre servicios ecosistémicos que son determinantes para el bienestar de las comunidades rurales. Además se debería priorizar en aquellos servicios ecosistémicos que son relevantes para el bienestar local, y que al mismo tiempo estén en estado vulnerable o crítico y con tendencia a la declinación. Respecto a esto último, investigación ecológica que aborde la dimensión biofísica de los servicios es fundamental.

El indicador se puede operacionalizar de la siguiente manera:

- Servicios de provisión percibidos como más relevantes para el bienestar, y con tendencia a la declinación y estado actual vulnerable o crítico.
- Servicios de regulación percibidos como más relevantes para el bienestar, y con tendencia a la declinación y estado actual vulnerable o crítico.
- Servicios culturales percibidos como más relevantes para el bienestar, y con tendencia a la declinación y estado actual vulnerable o crítico.

Importancia del indicador 6.6

Los servicios ecosistémicos de los bosques han sido reconocidos como claves para el bienestar social. Abordar las conexiones entre comunidades rurales y bosques desde la perspectiva de servicios ecosistémicos permite visualizar tangiblemente la multifuncionalidad de los bosques y las implicancias reales en el bienestar local.

Análisis del indicador 6.6

En Chile existe gran cantidad de investigación que ha sido desarrollada en el ámbito de los servicios ecosistémicos de bosques (Nahuelhual et al. 2007, Nuñez 2004, Figueroa 2010, Cerda et al. 2014, Cerda et al. 2018, Bidegain et al. 2019, Alvarez-Garretón 2019). Sin embargo, esta investigación no siempre ha incorporado explícitamente la relación de los servicios con el bienestar local. Dado que el motor central de los servicios ecosistémicos es bienestar humano, la dimensión social debe ser más explícita en la investigación en este ámbito (e.g. Zorondo-Rodríguez et al. 2019). Es relevante avanzar en la comprensión de la importancia que los usuarios reales atribuyen a los servicios lo cual será determinante para comprender los vínculos entre bosques y su contribución a suplir necesidades sociales.

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

- Aún falta información en Chile sobre la tendencia, y el estado actual de los servicios ecosistémicos en términos biofísicos.
- La investigación sobre servicios ecosistémicos de los bosques y bienestar social es aun escasa en el país.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Alvarez-Garretón, C., Lara, A., Boisier, J., Galleguillos, M. 2019. The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. *Forests* (10): 473. <https://doi.org/10.3390/f10060473>.

Bidegain, I., Cerda, C., Catalán, E., Tironi, A., López-Santiago, C. 2019. Social preferences for ecosystem services in a biodiversity hotspot in South America. *PlosOne*. DOI: 10.1371/journal.pone.0215715.

Cerda, C., Fuentes, J.P., Mancilla, G. 2018. Can conservation in protected areas and visitor preferences converge? An empirical study in Central Chile. *Biodiversity and Conservation* 27: 1431–1451.

Cerda, C., Barkmann, J., Marggraf, R. 2014. Non-market economic valuation of the benefits provided by temperate ecosystems at the extreme south of the Americas. *Regional Environmental Change*. DOI 10.1007/s10113-014-0591-2.

Figueroa, E. 2010. "Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile. Proyecto GEFM-MA- PNUD." En MMA, UNPD, and GEF, eds. "Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile." Santiago: Salesianos Impresiones S.A.

Nahuelhual, L., Donoso, P., Lara, A., et al. 2007. "Valuing ecosystem services of Chilean temperate rainforests. *Environment, Development and Sustainability* 9:481-499.

Nuñez, D. 2004. Valoración económica del servicio ecosistémico de producción de agua, del bosque de la cuenca de Llancahue, Décima región. Tesis para optar al título de Magíster en Desarrollo Rural. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.

Zorondo-Rodríguez, F., Carrasco-Oliva, G., Alfonso, A. & Simonetti, J. 2019. Vinculando bienestar humano y servicios ecosistémicos: Ganancias y pérdidas de bienestar de comunidades rurales por cambios ecosistémicos. En: Cerda, C., Silva-Rodríguez, E. & Briceño, C. (Eds.). *Naturaleza en sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la Conservación de la Biodiversidad*. Editorial Ocho Libros, Santiago. Pp. 207-240.

Proponentes del indicador 6.6

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.7

Escasez hídrica y acceso al recurso hídrico.

Descripción del indicador 6.7

En el ámbito de escasez hídrica, el indicador se operacionaliza utilizando el déficit de lluvias anuales (ODEPA 2020), por un periodo de 4 o 5 años.

En el ámbito del acceso, es relevante contar con información respecto al porcentaje de la población que se abastece con camiones aljibe, y el porcentaje de la población que usa agua de pozo u otra fuente no asociada al agua potable rural.

Importancia del indicador 6.7

La sequía puede afectar generando pérdida de productividad lo cual amenaza el flujo de diferentes servicios clave para el bienestar social local. La sequía puede afectar el caudal hídrico que permite sostener la biodiversidad y diferentes servicios ecosistémicos (Alfonso et al. 2017).

En sectores más aislados se sigue utilizando agua de pozo, y en escenarios de sequía prolongada los pozos se secan y finalmente la población debe abastecerse en base a camiones Aljibes (CESIEP 2020).

Análisis del indicador 6.7

En contexto forestal, el acceso equitativo al agua en escenario de escasez es clave. Algunos estudios han encontrado que en comunidades rurales el acceso al agua impacta los sistemas de vida de mujeres que tienen un rol trascendental en el acceso a este recurso (e.g. Bravo 2018). En el estudio de indicadores de calidad de vida y estándares de vida en los territorios rurales de Chile (CESIEP 2019), la escasez del recurso hídrico fue un tema que se presentó en las diferentes instancias de participación, así como también el acceso equitativo. Posterior a ese proyecto, el indicador fue validado por el estudio Validación de la propuesta de Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural (ODEPA 2020). Ahí se indica que la DGA debiera contar con información respecto al régimen pluviométrico, lo cual hace posible su aplicación.

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

Información respecto a cantidad de población que usa camiones aljibes o no tiene acceso a agua potable no está sistematizada y se aborda más bien en casos muy particulares.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Amanda Alfonso, Francisco Zorondo-Rodríguez & Javier A. Simonetti (2017) Perceived changes in environmental degradation and loss of ecosystem services, and their implications in human well-being, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24:6, 561-574, DOI: 10.1080/13504509.2016.1255674.

Bravo, L. 2018. Impactos de la escasez hídrica sobre las prácticas cotidianas de uso de agua de las mujeres mapuches en la comuna de San Juan de la Costa. Tesis Geografía, Universidad de Chile.

Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP). (2019). Estudio de Indicadores de Calidad de Vida y Estándares de Vida en los Territorios Rurales de Chile. Informe final. Santiago: ODEPA.

ODEPA 2020. Validación de la propuesta de Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural. Informe Final.

Proponentes del indicador 6.7

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.8

Conflictos entre diferentes actores relacionados a los bosques.

Descripción del indicador 6.8

El indicador puede aplicarse abordando periodos de 4-5 años y debiera centrarse en indagar los conflictos que emergen desde las operaciones de la industria y el tipo de comunidad local involucrada. Datos sobre expansión forestal versus pobreza son clave de ser relacionados para conseguir una imagen a nivel nacional.

Además, sería relevante abordar también los conflictos centrados en esfuerzos de conservación en contexto forestal.

Importancia del indicador 6.8

El conflicto que involucra a bosques y diferentes actores relacionados es relevante de ser abordado para la sostenibilidad forestal, y tiene implicancias en el bienestar local (de Koning et al. 2008). Esto está configurado en el contexto de diferencias, y a menudo en competencia, intereses y valores relacionados con el manejo forestal (Gritten y Mola-Yudego. 2011), así como la creciente demanda de bosques productos relacionados (de Koning et al. 2008).

CONAF (2015) aborda este aspecto como clave para la resiliencia de las comunidades.

Análisis del indicador 6.8

El Segundo Reporte Nacional, periodo 2003-2015, sobre Criterio e Indicadores par la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales (CONAF 2015), considera esta dimensión como relevante para la resiliencia de las comunidades, sin embargo, no se indica cómo abordar o medir el indicador. El informe plantea que las comunidades (indígenas y no indígenas) cercanas y asociadas a plantaciones forestales han visto complicada su convivencia y adaptación a la actividad forestal por los efectos adversos que se les asigna, entre otros, el tipo de explotación a tala rasa, la ocurrencia de incendios, la baja utilización de la fuerza laboral local por la mecanización de faenas que impacta y acentúa la migración hacia zonas urbanas, la pérdida de prácticas culturales asociadas a sitios ceremoniales que existen en predios forestales privados, además de la afectación a la biodiversidad, la escasez y baja calidad del agua y el uso de plaguicidas. Las comunidades han debido aprender a convivir con estos aspectos. Ahí también se indica que comunidades indígenas han sido afectadas debido a la disminución de sus afluentes. Esto genera impactos en sus modos de vida, estabilidad laboral, e ingresos económicos discontinuos.

Estudios recientes (e.g. Hofflinger et al. 2021), muestran que la expansión de la industria forestal no ha contribuido a reducir el desempleo o a mejorar los niveles de ingreso para la población indígena y no indígena, sino que ha incrementado la pobreza e inequidad entre ellas, generando una constante tensión.

Por otra parte, Anderson et al. (2016), indican que incrementos relativos en superficies de plantaciones forestales tienen asociados mayores niveles de pobreza en ciertas localidades.

La experiencia existente en este ámbito alerta respecto a la necesidad de implementar monitoreo costo-eficiente y estrategias para generar información sobre impactos sociales futuros de tal forma de ajustar políticas y prácticas.

Por otra parte, las estrategias de conservación de bosques también pueden generar conflictos con actores locales debido a que se restringiría el acceso a ciertos recursos o podría afectar otros intereses de las comunidades (Cerdeira et al. 2019).

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

La sistematización de la información requerida para abordar el indicador, es muy débil, aunque la investigación que indica la necesidad de avanzar en este ámbito es creciente.

Análisis del indicador 6.8

Fuentes de información y la literatura de referencia

Andersson, K., Lawrence, D., Zavaleta, J. et al. More Trees, More Poverty? The Socioeconomic Effects of Tree Plantations in Chile, 2001–2011. *Environmental Management* 57: 123–136 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0594-x>

Cerda, C., Silva-Rodríguez, E., Briceño, C. 2019. *Naturaleza en Sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad*. Editorial Ocho Libros, Santiago. 475 pp.

CONAF. 2015. Criterio e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Segundo Reporte Nacional, periodo 2003-2015. Proceso de Montreal.

De Koning, RG., Capistrano, D., Yasmi, Y., Cerutti, P.O. 2008. *Forest-related conflict: impacts, links and measures to mitigate*. Rights and Resources Initiative, Washington DC. 52 p.

Gritten, D., Mola-Yudego, B. 2011. Exploration of the relevance of geographical, environmental and socio-economic indicators regarding forest conflict types. *International Forestry Review* 13(1).

Proponentes del indicador 6.8

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.9

Pueblos originarios relacionados con los bosques.

Descripción del indicador 6.9

El indicador puede abordarse a través del análisis de porcentaje de población indígena en áreas rurales. Sería relevante, además, contar con información sobre el porcentaje de la población indígena que tiene relación directa con la actividad forestal.

Importancia del indicador 6.9

La relación que las comunidades indígenas han desarrollado en torno al bosque nativo de Chile ha sido reconocida constantemente (World Bank 2020), destacándose relaciones espirituales de las comunidades con el bosque y la vida silvestre (Razeto et al. 2019).

Análisis del indicador 6.9

Este indicador debe ofrecer información sobre el nivel en que las comunidades indígenas dependen de los bosques para su identidad cultural.

La comprensión del vínculo de las comunidades indígenas con los bosques nativos del sur del país ha evolucionado durante la última década, como resultado de un aumento en que este vínculo trasciende al contexto económico (CONAF 2015). Aquí adquieren relevancia los usos simbólicos, religiosos, medicinales entregados por los bosques.

Este aspecto puede ser particularmente relevante para las comunidades indígenas relacionadas con formaciones xerofíticas, donde actualmente existen proyectos en marcha que tienen como objetivo vislumbrar el vínculo entre comunidades locales (https://investigacion.conaf.cl/expediente/expediente.php?id_expediente=1085286).

Las principales brechas de conocimiento para abordar el indicador estipulado corresponden a los siguientes niveles de información:

Censos nacionales y la encuesta Casen debieran entregar la información para áreas rurales en general. Sin embargo, la relación del porcentaje de población indígena que tiene vínculos con el uso de bosques (o formaciones xerofíticas), puede ser más compleja de estimar.

Fuentes de información y la literatura de referencia

CONAF. 2015. Criterio e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Segundo Reporte Nacional, periodo 2003-2015. Proceso de Montreal.

Razeto, J., Skewes, J.C., Catalán, E. 2019. Prácticas de conservación: Sistemas Naturales y Procesos culturales: Apuntes para una reflexión crítica desde la etnografía. En: Cerda, C., Silva-Rodríguez, E., Briceño, C. (Eds.): Naturaleza en Sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad. Editorial Ocho Libros, Santiago. Pp. 75-106.

The World Bank. 2020. Chile's Forests: A pillar for inclusive and sustainable development. Country Forest Note. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33894>

Proponentes del indicador 6.9

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.10

Relaciones culturales entre comunidades y bosques diferentes al turismo.

Descripción del indicador 6.10

El indicador puede ser abordado a través de la visualización de servicios ecosistémicos culturales o contribuciones de los bosques a las personas que se relacionan con ellos (Bidegain et al. 2019).

Importancia del indicador 6.10

Comprender cómo las comunidades relacionadas con los bosques los valoran es esencial para una gestión sostenible (Cerda et al. 2014, Flores et al. 2019). En investigación sobre servicios ecosistémicos en contexto forestal, ha sido reconocido que las conexiones intangibles de las personas con los bosques forman base de una relación profunda y necesaria de comprender (Reyes et al. 2020).

Análisis del indicador 6.10

Las relaciones culturales de las comunidades con los bosques han sido relevadas como trascendentales de incorporar en la gestión forestal. La investigación existente se enfoca en localidades puntuales y no se encuentra sistematizada. Reyes et al. (2020) proporcionan información actualizada que permite indagar en estas relaciones a través de diferentes estudios de caso. Bidegain et al. (2019) visualizan dimensiones culturales hacia plantas medicinales en bosques de Chile central.

La forma en que la investigación que se va generando contribuye con las políticas públicas es aún un desafío.

Resulta actualmente un desafío la caracterización de valores no materiales de los bosques, e integrar los a procesos de toma de decisión, lo cual complejiza la aplicación del indicador. Los estudios existentes son para localidades particulares y no existe una sistematización de información de este tipo.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Cerda, C., Barkmann, J., Marggraf, R. 2014. Non-market economic valuation of the benefits provided by temperate ecosystems at the extreme south of the Americas. Regional Environmental Change. DOI 10.1007/s10113-014-0591-2.

Flores, S., Promis, Á., Hernández, R. 2019. Utilización de conocimientos locales en la generación de lineamientos estratégicos para la conservación de especies amenazadas: El caso de la Palma Chilena. En: Cerda, C., Silva-Rodríguez, E., Briceño, C. (Eds.): Naturaleza en Sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad. Editorial Ocho Libros, Santiago. Pp. 405-442.

Reyes, R., Razeto, J., Barreau, A., Muller-Using, S. 2020. Hacia una socio-ecología del bosque nativo de Chile. Social Ediciones, Santiago. 149 pp.

Proponentes del indicador 6.10

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Indicador 6.11

Turismo y recreación, y equidad en el acceso a áreas protegidas.

Descripción del indicador 6.11

El indicador puede abordarse a través de la cantidad, tipo y distribución geográfica de las visitas atribuidas a la recreación y el turismo, en relación con la disponibilidad de instalaciones (CONAF 2015).

Importancia del indicador 6.11

Turismo y recreación constituyen servicios ecosistémicos culturales (MEA 2005, Hermes et al. 2018). Este indicador ofrece una medida del nivel y el tipo de uso recreativo y turístico en los bosques. La cantidad y la distribución geográfica de las visitas, al igual que las instalaciones disponibles, reflejan el grado de participación de las personas en las actividades de esparcimiento en los bosques, así como la importancia de los bosques para la recreación y el turismo (CONAF 2015).

Análisis del indicador 6.11

El indicador fue planteado en el documento sobre Criterios e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Segundo Reporte Nacional, periodo 2003-2015, como relevante de ser abordado (CONAF 2015). CONAF tiene un registro de estadísticas de visitación a áreas protegidas y también posee información sobre disponibilidad de infraestructura, lo cual permite abordar el indicador. Sin embargo, en el documento relativo al proceso de Montreal (CONAF 2015), no existe información sobre equidad en el acceso, lo cual constituye un eje relevante en el ámbito de las necesidades de las personas a visitar estos espacios.

El acceso recreativo de las personas a espacios naturales con bosques ha sido estudiado en el mundo desde diferentes perspectivas, pero con un punto en común; es necesario que las personas visiten físicamente espacios con bosques naturales (Costanza, 2008; Martínez-Harms et al., 2018) para poder beneficiarse del contacto con una naturaleza más diversa de especies, en especial las especies silvestres (Bell et al., 2018).

Existen experiencias en Chile que han abordado las limitantes del acceso a áreas protegidas. Por ejemplo, Martínez-Harms et al. (2018) se enfocaron en la inequidad en el acceso a servicios ecosistémicos culturales que proporcionan las áreas protegidas presentes entre las regiones de Valparaíso y Araucanía, considerando en el estudio 7 AP de la región del Biobío. En esta investigación la cuantificación de las visitas a las áreas protegidas es obtenida mediante un sustituto (proxy) desarrollado con fotos geolocalizadas disponibles públicamente en la red social Flickr. Los resultados indican que las personas del área de estudio que tienden a visitar las AP más lejanas a su comuna de residencia son las personas de mayores ingresos, mientras que las personas de comunas de menores ingresos tienden a visitar las AP más cercanas.

La brecha está dada esencialmente en la información existente sobre equidad en el acceso, en lo cual se requiere avanzar.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Cerda, C., Barkmann, J., Marggraf, R. 2014. Non-market economic valuation of the benefits provided by temperate ecosystems at the extreme south of the Americas. *Regional Environmental Change*. DOI 10.1007/s10113-014-0591-2.

Bell, S. L., Westley, M., Lovell, R., & Wheeler, B. W. (2018). Everyday green space and experienced well-being: The significance of wildlife encounters. *Landscape Research*, 43(1), 8-19. <https://doi.org/10/gjz5jp>

CONAF. 2015. Criterio e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Segundo Reporte Nacional, periodo 2003-2015. Proceso de Montreal.

Costanza, R. (2008). Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 141(2), 350-352. <https://doi.org/10/b5gkdd>

Martínez-Harms, M. J., Bryan, B. A., Wood, S. A., Fisher, D. M., Law, E., Rhodes, J. R., Dobbs, C., Biggs, D., & Wilson, K. A. (2018). Inequality in access to cultural ecosystem services from protected areas in the Chilean biodiversity hotspot. *Science of The Total Environment*, 636, 1128-1138. <https://doi.org/10/gd7c55>

Millennium Ecosystem Assessment (Program) (Ed.). (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.

Proponentes del indicador 6.11

Claudia Cerda, Rodrigo Arriagada

Criterio 7: Marco legal, institucional y económico para la conservación y el manejo sustentable de los bosques

Este Criterio brinda el contexto para el análisis de los Criterios 1-6. La legislación, la capacidad institucional y los acuerdos económicos, junto a las medidas políticas asociadas, tanto a nivel nacional como a nivel subnacional, crean el entorno que hace posible el manejo sustentable de los bosques. Generar información sobre estos indicadores contribuye a fomentar una mayor conciencia pública y política sobre los problemas que afectan a los bosques y a aumentar el respaldo para su manejo sustentable.

Indicador 7.1

Instituciones, políticas, legislación, programas, y otros recursos, nacionales y regionales, que respaldan el manejo sustentable de los bosques de acuerdo al contexto, oportunidades y demandas territoriales.

Descripción del indicador 7.1

Este indicador proporciona información sobre las instituciones, las políticas y la legislación, incluyendo reglamentaciones y programas que rigen y guían el manejo, las operaciones, y el uso de los bienes y servicios forestales, de acuerdo a las particularidades de los diversos territorios. La legislación y las políticas creadas para conservar y mejorar las funciones y los valores de los bosques son un prerrequisito para alcanzar el desarrollo forestal sustentable.

Importancia del indicador 7.1

Es muy importante contar con una adecuada y pertinente capacidad institucional, así como con políticas de Estado que deben ser implementadas a través de adecuadas leyes y programas, tanto a nivel nacional como a nivel regional. Este marco institucional y legal genera el entorno que hace posible el manejo sustentable de los bosques. Analizar y monitorear estos aspectos contribuye a fomentar una mayor conciencia pública y política sobre la importancia que tienen los ecosistemas forestales y el desarrollo forestal sustentable.

Análisis del indicador 7.1

En el país existen instituciones, políticas y leyes que tiene injerencia en el desarrollo forestal. El desarrollo forestal es parte del mandato del Ministerio de Agricultura. Las instituciones sectoriales son la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Instituto Forestal (INFOR). En vista que el desarrollo forestal aborda aspectos ambientales, económicos y sociales, existen otros ministerios que también tienen injerencia en el desarrollo forestal, como el Ministerio de Medioambiente, de Economía, de Energía, de Ciencias, y de Vivienda y Urbanismo. El Ministerio de Agricultura, al igual que los otros ministerios, promueven y administran leyes y programas que abordan aspectos específicos del desarrollo forestal. En caso del Ministerio de Agricultura, éste se rige por la Política Forestal al año 2035, elaborada en el marco de un proceso participativo, que define los desafíos y acciones que deberían ser abordados. La CONAF es la institución encargada de implementar esta política, para lo que promueve y administra leyes y programas forestales, así como iniciativas financiadas por organismos internacionales.

A pesar de la existencia de instituciones, políticas y leyes, el desarrollo forestal sustentable sigue siendo una oportunidad y un desafío para el país. Esto significa que las instituciones, políticas y leyes no son lo suficientemente adecuadas. En la estructura del Estado no existe un claro responsable político que coordine el desarrollo forestal de manera que sea socialmente justo, culturalmente pertinente, ambientalmente amigable, y económicamente competitivo. El Ministerio de Agricultura se preocupa en forma preponderante del desarrollo agropecuario, quedando la complejidad del desarrollo forestal a cargo de un servicio (CONAF), que no tiene el rango ni status de responsabilidad política como es requerido. La principal brecha es la ausencia de una Subsecretaría Forestal que coordine a todos los organismos públicos y privados en los diversos aspectos sociales, culturales ambientales y económicos del desarrollo forestal, de acuerdo a las particularidades de cada territorio. Sin la existencia de una Subsecretaría Forestal la gobernabilidad para el desarrollo forestal es muy compleja y complica el cumplimiento de las metas estipuladas en la Política Forestal. Además, la ausencia en la estructura del Estado de un responsable político del desarrollo forestal complica el fluido diálogo con la sociedad civil, siendo esto un obstáculo para implementar una adecuada gobernanza, es decir, una adecuada interacción entre el Estado, las organizaciones de la sociedad civil y las organizaciones del sector privado en un determinado territorio de manera de influir en las decisiones, procesos y resultados del desarrollo forestal.

Fuentes de información y la literatura de referencia

<https://www.minagri.gob.cl/>

<https://www.conaf.cl/>

<https://www.infor.cl/>

<https://www.conaf.cl/wp-content/uploads/2020/12/6-Politica-forestal-2015-2035.pdf>

Proponentes del indicador 7.1

Rodrigo Mujica, Celso Navarro, Pablo Donoso

Indicador 7.2

Políticas multisectorial y coordinación de programas.

Descripción del indicador 7.2

Este indicador brinda información sobre el grado en el que tanto las políticas como los programas intersectoriales se coordinan para respaldar el desarrollo forestal sustentable. Las decisiones sectoriales de los diversos ministerios, y el uso de tierras del sector no forestal, pueden tener un impacto significativo en los bosques y el desarrollo forestal en general.

Importancia del indicador 7.2

En vista que el desarrollo forestal es complejo y aborda aspectos sociales, culturales ambientales y económicos, es imprescindible que los diversos organismos públicos y privados se coordinen adecuadamente de manera que las políticas y los programas de los distintos sectores puede promover un mejor manejo forestal, y así un desarrollo forestal sustentable.

Análisis del indicador 7.2

Son varios los ministerios que abordan temas vinculados con el desarrollo forestal. El principal es el Ministerio de Agricultura, pero también tiene injerencia en temas forestales los Ministerios de Medioambiente, de Economía, de Energía, de Ciencias, y de Vivienda y Urbanismo. Así mismo, existen programas del Ministerio de Agricultura que abordan el uso de la tierra con fines agropecuarios que deben ser complementarios a los programas que abordan el uso de la tierra con fines forestales.

En vista que no existe un responsable político que coordine el desarrollo forestal, como una Subsecretaría Forestal, los diversos organismos públicos que tiene injerencia y abordan temáticas relacionadas con el desarrollo forestal lo realizan en forma independiente y no totalmente congruente con lo planificado o planteado por la Política Forestal. Así mismo, no existe la adecuada coordinación entre las instituciones del Ministerio de Agricultura de manera que los programas que fomentan y administran sean congruentes y complementarios en pos de un desarrollo forestal y agropecuario sustentables.

Fuentes de información y la literatura de referencia

<https://mma.gob.cl/>

<https://www.economia.gob.cl/>

<https://energia.gob.cl/>

<https://www.minciencia.gob.cl/>

<https://www.minvu.gob.cl/>

Proponentes del indicador 7.2

Rodrigo Mujica, Celso Navarro, Pablo Donoso

Indicador 7.3

Desarrollo de políticas de I+D+i de largo plazo para el manejo forestal sustentable

Descripción del indicador 7.3

Se refiere a políticas de I+D+i que permitan la generación y monitoreo de conocimiento e información que requiere de plazos largos para generar resultados confiables para la implementación de actividades prácticas de terreno o bien para la actualización de políticas de conservación de bosques nativos.

Importancia del indicador 7.3

Sólo políticas de I+D+i coherentes, continuas, pertinentes y de largo plazo en relación al manejo forestal sustentable permitirán que la silvicultura y conservación de los bosques adquiera el carácter de "sustentable". Esfuerzos incoherentes es distintas líneas disciplinares, aún cuando vinculadas con bosques, no garantizará la sustentabilidad. Esto es porque tal concepto necesariamente involucra prueba y error de largo plazo, que raramente podría lograrse con los sistemas de financiamiento y adjudicación de proyectos actuales, que no tienen tal estructura de coherencia y largo plazo.

Análisis del indicador 7.3.

La carencia actual de investigaciones de largo plazo en Chile dificulta conocer en forma empírica qué está ocurriendo con los bosques ante diferentes perturbaciones naturales, como el cambio climático, o antrópicas, como el manejo o el floreo de bosques y los efectos del ganado sobre los bosques.

No se conocen los cambios que están sufriendo las especies de los bosques chilenos ante el cambio climático, salvo en la zona mediterránea en que los efectos son más evidentes, aunque no del todo conocidos ni cuantificados.

Similar al punto anterior, pero en relación a la funcionalidad de los distintos ecosistemas, incluyendo en este caso sus tasas de crecimiento y productividad, un tema clave para la mitigación del cambio climático.

Son casi nulos los estudios comparativos (con y sin manejo/distintos tipos de manejo) que permitan dar luces sobre los efectos de las estrategias de adaptación de los bosques y especies (Resistencia, Resiliencia, Transición).

Fuentes de información y la literatura de referencia

Donoso PJ, Zavaleta JC. 2014. Propuesta preliminar de incorporación de nuevos sitios de investigaciones socio-ecológicas de largo plazo en la Red LTSE de Chile. Bosque 35(3): 459-465.

Donoso PJ, L Otero. 2005. Hacia una definición de país forestal: ¿Dónde se sitúa Chile? Bosque 26 (3): 5-18.

Palik BJ, AW D'Amato, JF Franklin, KN Johnson. 2021. Ecological Silviculture. Foundations and Applications. Waveland Press, Inc., Illinois, Estados Unidos.

Proponentes del indicador 7.3

Rodrigo Mujica, Celso Navarro, Pablo Donoso

Indicador 7.4

Educación, Capacitación, Asistencia Técnica y Extensionismo.

Descripción del indicador 7.4

Este indicador aporta información sobre las políticas de educación, la estructura institucional y programas, que permiten la formación de profesionales, técnicos, y obreros capacitados, así como programas de posgrado, diplomados o cursos con diferentes niveles y modalidades en relación al conocimiento biológico, económico, social y cultural de los bosques, sobre su conservación y manejo sostenible.

Importancia del indicador 7.4

Para alcanzar y dar sostenibilidad al manejo sostenible de los bosques, es fundamental contar con una sociedad alfabetizada ambientalmente, para lo cual se debe contar con un sistema permanente de educación y capacitación en torno a los bosques y terrenos forestales. Sistema que debería integrar y reconocer los aprendizajes formales y aquellos adquiridos en el mundo del trabajo, considerando los ámbitos sociales, culturales, ambientales y económico en torno a los bosques, ello en un contexto de modelo de continuo educativo.

Análisis del indicador 7.4

El Ministerio de Educación es el órgano rector del Estado encargado de fomentar el desarrollo de la educación en todos sus niveles, a través de una educación humanista democrática, de excelencia y abierta al mundo en todos los niveles de enseñanza. En el ámbito de los niveles de educación en torno a los bosques se cuenta con Liceos Técnicos, Centros de Formación Técnica, Institutos Profesionales y Universidades.

El Ministerio de Agricultura tiene dos instituciones forestales de larga trayectoria y consolidadas, como lo son la CONAF y el INFOR, instituciones que a través de sus programas realizan principalmente extensionismos y capacitaciones a sus usuarios y funcionarios en relación al manejo de los bosques.

El Ministerio del Medio Ambiente, Energía, Ciencias y Vivienda y Urbanismo también son actores que se vinculan en menor medida mediante capacitaciones en relación a los bosques y sus productos.

La certificación de competencias laborales realizadas por la CORMA, es un componente destacable para la implementación del manejo sostenible de los bosques nativos, ya que actualmente estas certificaciones se desarrollan principalmente en el sector forestal de plantaciones.

Otras instancias de capacitación y asistencia técnicas más acotadas, que contribuyen al manejo sostenible de los bosques y a la educación ambiental, son aquellas que realizan las Empresas, Municipalidades, Corporaciones, Fundaciones y Organizaciones no Gubernamentales,

En Chile no se cuenta con una política sectorial de educación en relación a los bosques y su manejo sustentable. La Política Forestal 2015-2035 no contempla los ámbitos de educación y capacitación de manera explícita.

A nivel del Estado la oferta de programas conducente a títulos y grados obedece a las reglas de regulación del mercado, existiendo una desproporción entre los niveles de formación en relación a la superficie y distribución de los bosques y tierras forestales en Chile. Otras instituciones como INFOR y CONAF no cuentan con una política de capacitación y educación forestal, y actividades de este tipo corresponden a programas o proyectos con plazos acotados a su financiamiento o a demandas específicas, a excepción del programa de incendios forestales que se mantiene en el tiempo.

Las grandes empresas forestales desarrollan programas de capacitación de manera directa a sus trabajadores y realizan certificación de competencias laborales a través de CORMA, programas que se han mantenido en el tiempo.

Actualmente en Chile existen cerca de 20 liceos técnicos con la especialidad forestal con una matrícula de 528 estudiantes, 210 titulados (76 mujeres y 125 hombres) y una tasa de empleabilidad que va a la baja, con un promedio en los últimos años (período 2008-2017) de 50 por ciento. No se cuenta actualmente con oferta de técnicos forestales en los CFT, IP y Universidades.

La formación a nivel de pregrado, da cuenta que existen seis universidades que dictan Ingeniería Forestal, de las cuales dos en modalidad plan común, y se dictan siete programas de Ingeniería en Recursos Naturales y/o Conservación de Recursos Naturales. La matrícula el año 2020 para ambos programas fue de 605 estudiantes (305 mujeres y 300 hombres) y 118 en Ingeniería Forestal. El número de titulados de Ingeniería Forestal al año 2019 fue de 55, y la empleabilidad al primer año de egresado fue de 84% y al segundo año de egresado alcanzó a 95%.

La formación de posgrado en relación a los bosques y los recursos naturales cuenta con 18 programas de magíster y doctorado, de los cuales tres programas son específicos de las ciencias forestales. El total de titulados de estos programas alcanza a 89, en igual proporción de hombres y mujeres, con una edad promedio de 34 años. Los tres programas específicos de las ciencias forestales cuentan con 11 titulados.

Sobre la base del Sistema de Certificación Laboral de CORMA, existen vigentes 10.077 acreditaciones en el área bosque y área industria, de las cuales 9.935 corresponden al área bosques.

Análisis del indicador 7.4

En base a los antecedentes, se observa que no existe una política de Estado respecto de la educación, capacitación, asistencia técnica y extensionismo, en relación a la conservación y el manejo sustentable de los bosques. Más bien lo que existe son programas que obedecen a iniciativas independientes de las diversas instituciones, muchas de ellas que no perduran y responden a fuentes de financiamiento limitadas en el tiempo. Algunas excepciones a destacar corresponden a capacitaciones en incendios forestales (CONAF y Empresas) y certificaciones laborales (CORMA) y programas de pre y posgrado (Universidades). Sin embargo, un aspecto crítico es el déficit en la oferta permanente de programas de formación de obreros capacitados y técnicos, así como programas de especialización en la conservación y manejo sustentable de los diferentes bosques nativos, focalizados en aquellos territorios donde predominan bosques, que son la base para el desarrollo local, para lo cual debe existir la demanda de estos perfiles de competencias a través de un mayor impacto en los territorios de la Ley 20.283., así como el fortalecimiento de la Pyme forestal en torno a los bosques nativos.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Centro de Estudios Mineduc (CEM) 2021. <https://datosabiertos.mineduc.cl/>

Ministerio de Educación, Centro de Estudios 2020. Estudio sobre trayectorias educativas y laborales de estudiantes de educación media técnico-profesional. Evidencias N° 46. Santiago, Chile.

Ministerio de Educación 2021. Portal www.mifuturo.cl del Ministerio de Educación.

Corporación Chilena de la Madera (CORMA) 2021. Sistema de Certificación Laboral

Proponentes del indicador 7.4

Rodrigo Mujica, Celso Navarro, Pablo Donoso

Indicador 7.5

Mecanismos para la participación pública y resolución de conflictos en la toma de decisiones vinculadas con los bosques y el uso de la tierra.

Descripción del indicador 7.5

Este indicador ofrece información sobre los procesos que promueven la participación pública en la toma de decisiones relacionadas con los bosques y la medida en que reducen o resuelven los conflictos entre las partes interesadas. La participación pública en los procesos de toma de decisión y en los esfuerzos para la resolución de conflictos puede conducir a la adopción de medidas ampliamente aceptadas y, a la vez, dar paso a un mejor manejo forestal.

Importancia del indicador 7.5

Para alcanzar y dar sostenibilidad al manejo sostenible de los bosques, es fundamental contar con mecanismos de participación pública para implementar iniciativas privadas y/o públicas vinculadas a los bosques y tierras forestales, proceso que reduce el riesgo de sostenibilidad de iniciativas de manejo sostenible de los bosques, y al mismo tiempo genera empoderamiento y protagonismos a los actores de los territorios.

Análisis del indicador 7.5

El Consejo Consultivo de la Ley del Bosque Nativo es una instancia de participación de diversos actores del mundo forestal y de la conservación, y fue diseñado para apoyar en la discusión de los reglamentos, los incentivos y los recursos para la investigación que asigna la Ley del Bosque Nativo. Con la designación de los integrantes del Consejo Consultivo se abre un canal de participación para los actores sectoriales, constituyéndose en una herramienta trascendente para el uso sustentable del bosque nativo y las formaciones xerofíticas.

El Consejo de la Sociedad Civil (COSOC) de la Corporación Nacional Forestal es un mecanismo de participación ciudadana de carácter consultivo (no vinculante), que lo relaciona con los representantes de la sociedad civil cuyo principal objetivo es el de emitir opiniones las que serán consideradas por la autoridad en el proceso de toma de decisiones de su competencia. El Consejo de la Sociedad Civil tiene por función la incorporación de la voz de la ciudadanía en todo el ciclo de gestión de las políticas públicas. Es el encargado de velar por el fortalecimiento de la gestión pública participativa en la Corporación. Así habrá de aprobar la Cuenta Pública Participativa, antes que ésta sea dada a conocer y cumplir con otras tareas establecidas en el Estatuto. Asimismo, debe aportar conocimientos y opiniones respecto a otras materias de competencia del Servicio, también toma parte en las decisiones de todo el quehacer institucional, incluyendo lo que se realiza en términos de planes, programas, proyectos e instrumentos para el manejo sustentable del bosque nativo. El Consejo estará conformado por representantes de asociaciones, organizaciones de la sociedad civil y organismos sin fines de lucro, los que en una primera instancia comprenderán a quienes hayan acogido la invitación a participar de este órgano y, que tengan relación con las temáticas de competencia de CONAF.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales de Chile (ENCCRV), iniciativa que sus actividades físicas están enfocadas básicamente en el manejo, restauración y recuperación del bosque nativo, y para su formulación diseñó un proceso de participación nacional denominado Evaluación Ambiental y Social Estratégica (SESA por su sigla en inglés). Este mismo proceso se realizó también para los pueblos indígenas en todo el territorio nacional (excepto Rapa Nui). Como mecanismos de participación en territorios indígenas cuando la ENCCRV ejecute acciones físicas, la CONAF se ha obligado a utilizar el Modelo Forestal Intercultural Mapuche (MOFIM) y el Modelo Ambiental Intercultural Andino (MAIA), disponible. Para las inversiones físicas, esta misma iniciativa considera un sistema de distribución de beneficios que fue elaborado bajo un amplio proceso de participación nacional.

A nivel del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), la CONAF tiene los siguientes mecanismos de participación: a) El "Manual para la Planificación del Manejo de las Áreas Silvestres Protegidas del SNASPE", en que la participación es la piedra angular y los derechos indígenas, incluyendo la consulta, son obligatorios; b) el "Marco de Acción para la Participación de la Comunidad en la gestión del SNASPE", y c) el Manual para Personal del SNASPE, "Herramientas para la Gestión de Conflictos Socio Ambientales en Áreas Silvestres Protegidas del Estado".

En relación a otros usos de la tierra, específicamente los agropecuarios, la actualización del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario (PANCC SAP), se torna relevante para garantizar un proceso inclusivo y transparente, donde uno de sus resultados es el establecimiento de mecanismos de gobernanza y coordinación para la planificación de la adaptación del sector silvoagropecuario.

Las principales brechas para la participación pública y resolución de conflictos requieren reducir la brecha territorial urbano/rural y centralismo/regionalización, en términos de una participación efectiva y vinculante a la toma de decisiones por parte de los actores de los territorios. Esto implica reducir las brechas existentes de educación, de salud, información, conocimiento, conectividad, tecnología, entre otras.

Para ello es relevante diversificar de manera sostenible la base económica de los territorios y apoyar el desarrollo de la asociatividad y empleabilidad a través del fortalecimiento del capital social, entre otros factores.

Análisis del indicador 7.5

Fuentes de información y la literatura de referencia

<https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosque-nativo/consejo-consultivo-de-la-ley-del-bosque-nativo/>
<https://www.conaf.cl/quienes-somos/participacion-ciudadana/consejo-de-la-sociedad-civil/>
<http://www.enccrv.cl>
<https://www.enccrv.cl/doc-salvuardas>
<https://www.enccrv.cl/sesa-final>
https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1500992524InformeNacionaldeDialogoyParticipacionIndigena.pdf
<https://www.enccrv.cl/sdb-espanol-4ta-version>
<https://www.enccrv.cl/mofin>
<https://www.enccrv.cl/maia>
https://www.conaf.cl/wpcontent/files_mf/1515526054CONAF_2017_MANUALPARALAPLANIFICACION%20DE%20LASAREASPROTEGIDASDELSNASPE_BajaResoluci%C3%B3n.pdf
https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1605703679MARCODEACCIONPARALAPARTICIPACION-CONAF.2020.pdf
<https://www.odepa.gob.cl/temas-transversales/plan-de-adaptacion-nacional-al-cambio-climatico-sector-silvoagropecuario>

Proponentes del indicador 7.5

Rodrigo Mujica, Celso Navarro, Pablo Donoso

Indicador 7.6

Monitoreo, evaluación, comunicación y difusión sobre el avance hacia el manejo forestal sustentable

Descripción del indicador 7.6

Consiste en monitorear y evaluar el estado de conservación de ecosistemas y especies en bosques manejados, no manejados y degradados (en distintos estados) en el tiempo y para distintos ecosistemas, para lo cual se requiere una red de ensayos de largo plazo bajo diseños bien establecidos y estadísticamente robustos. La información generada debe ser comunicada a tomadores de decisión y usuarios, a través de adecuados canales de difusión.

Importancia del indicador 7.6

Fundamente por qué es necesario este indicador.

Análisis del indicador 7.6

En los países desarrollados en general y en particular con sectores forestales vigorosos con alto impacto social y económico es clave y notable la existencia de predios y ensayos de monitoreo de largo plazo de la funcionalidad de sus distintos ecosistemas y especies. Esta tarea es fuertemente acompañada de una institucionalidad robusta, mediante alianzas público-privadas, que también incluyen permanentes canales de difusión y educación relacionada con estos ecosistemas.

Hoy día casi no existen instituciones del sector forestal, ni públicas (INFOR, CONAF) ni privadas (universidades) que tengan estudios de largo plazo de ecosistemas forestales.

Fuentes de información y la literatura de referencia

Groffman PM, C Stylinski, MC Nisbet, CM Duarte, R Jordan, A Burgin, MA Previtali, J Coloso. 2010. Restarting the conversation: challenges at the interface between ecology and society. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(6): 284-291.

Donoso PJ, Zavaleta JC. 2014. Propuesta preliminar de incorporación de nuevos sitios de investigaciones socio-ecológicas de largo plazo en la Red LTSE de Chile. *Bosque* 35(3): 459-465.

Donoso PJ, L Otero. 2005. Hacia una definición de país forestal: ¿Dónde se sitúa Chile? *Bosque* 26 (3): 5-18.

Palik BJ, AW D'Amato, JF Franklin, KN Johnson. 2021. *Ecological Silviculture. Foundations and Applications*. Waveland Press, Inc., Illinois, Estados Unidos.

Proponentes del indicador 7.6

Rodrigo Mujica, Celso Navarro, Pablo Donoso

4.

Indicadores de Sustentabilidad en Fruticultura

Citar capítulo como:

Citar capítulo como: Hinrichsen, P., Ortiz, M., Barba, P., Bastías, R., Boza, S., Carrasco, J., Céspedes, M.C., France, A., Infante, R., Jara Rojas, R., Lobos G., Mártiz, J., Merino, C., Muñoz, C., Pastenes, C., Pepi, M.C., Riquelme, D., Rocco, L., Vogel, H., Zurita, A. 2022. Indicadores de Sustentabilidad en Agua y Suelo. En Meza, F., Muñoz, L., Acuña. D. Eds. Propuesta de Indicadores de Sustentabilidad para el Sector Silvoagropecuario de Chile.

INTEGRANTES MESA FRUTICULTURA

Nombre	Institución
Paola Barba	INIA
Richard Bastías	Universidad de Concepción
Sofía Boza	Universidad de Chile
Jorge Carrasco	INIA
María Cecilia Céspedes	INIA
Andrés France	INIA
Rodrigo Infante	Universidad de Chile
Roberto Jara Rojas	Universidad de Talca
Gustavo Lobos	Universidad de Talca
Johanna Mártiz	Pontificia Universidad Católica
Cristian Meriño	Universidad de la Frontera
Cristina Muñoz	Universidad de Concepción
Claudio Pastenes	Universidad de Chile
María Cecilia Peppi	INIA
Danae Riquelme	INIA
Lisandro Roco	Universidad Austral
Hermine Vogel	Universidad de Talca
Andrés Zurita	INIA

4.1. INTRODUCCION

La fruticultura en Chile es una actividad económica importante, que abarca 344.282 ha (ODEPA-CIREN, 2021), distribuidas a lo largo de todo el país, aunque con una fuerte concentración entre las regiones de Coquimbo y Maule (85%). La producción está orientada principalmente a la exportación, lo que requiere que sea de calidad y cumpla los estándares de los mercados de destino. Esto ha impulsado al sector a ser competitivo, lo que ha derivado en la intensificación de técnicas de producción, especialmente el uso de insumos, en particular de pesticidas (Demestihis et al., 2017). El sobreuso de estos insumos tiene diversos impactos, tanto en los recursos naturales y el funcionamiento de ecosistemas, como en la contaminación de napas subterráneas, suelo y atmosfera, llegando incluso a provocar una disminución en la biodiversidad (Geiger et al. 2011; Mottes et al. 2014). El impacto a nivel social es cada día más relevante, afectando la salud de los operarios agrícolas y de toda la cadena. Su uso también tiene un efecto en el ámbito económico, pues su presencia constituye en ciertos casos una barrera para su distribución y comercialización.

Frente a esto, en fruticultura la sostenibilidad se entiende de manera similar a otros rubros, como la mantención de la capacidad productiva del sistema en el tiempo, minimizando los efectos negativos sobre el medioambiente, con viabilidad socioeconómica. La sostenibilidad no es un concepto estático y en fruticultura además puede ser relativo, ya que dependerá de la ubicación del huerto, las características de suelo y climáticas locales, y factores sociopolíticos, estos últimos cada día más gravitantes. Un productor de mercado directo a pequeña escala tendrá criterios diferentes para lograr la sostenibilidad que un productor orientado a la exportación a gran escala o para la agroindustria. Misma consideración se debe tener al comparar productores de diferentes regiones o países. Por lo tanto, cualquier discusión sobre sostenibilidad debe tener en cuenta la escala, los destinos del mercado y la ubicación geográfica (Granatstein and Peck, 2017).

En el análisis de los procesos que considera la fruticultura, hay aspectos que son importantes y característicos, como el uso de pesticidas, agua, suelo, nutrientes y el efecto sobre la biodiversidad. Además, hay un uso importante de recursos no renovables en labores de campo, almacenamiento refrigerado por largos períodos y traslados. A esto hay que agregar la gran demanda de mano de obra en periodos como cosecha, poda y raleo; y los efectos que el cambio climático tiene sobre parámetros clave para los frutales, como menor precipitación, acumulación de horas frío, acumulación de días grado y altas temperaturas estivales. Por otra parte, hay una presión de los consumidores y los mercados de destino por adquirir frutas que sean producidas sin afectar el medioambiente y en esquemas de producción justos, similares a los de los países de destino, en marcos de equidad social.

Por lo anterior, resulta fundamental conocer y caracterizar el estado de un huerto con indicadores que aporten métricas para cada dimensión y sus componentes. Considerando que la sostenibilidad, más que un estado es un proceso dinámico, permitirá valorar el aporte de implementar técnicas de manejo que disminuyan el uso de insumos, hagan más eficientes procesos y faciliten las labores. Esto se alinea con las políticas que ha impulsado FAO, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (FAO, 2015) y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (FAO, 2016), así como con otras iniciativas que se están implementando en la Comunidad Europea y en EE.UU.

Con la gran cantidad de factores que abarcan la sostenibilidad, la definición precisa de un huerto sostenible es sitio dependiente. Por lo tanto, existe una necesidad real de sistemas de evaluación consistentes y objetivos, mediante los cuales los científicos, agricultores, políticos y reguladores, empresas, consumidores y otros puedan comprender el impacto que los sistemas de huertos y las prácticas específicas tienen sobre la sostenibilidad (Granatstein and Peck, 2017). Al revisar la experiencia internacional, a nivel de políticas públicas, existen iniciativas como el pacto verde europeo, que está promoviendo que los agricultores de la UE adopten este tipo de manejos, con metas y métricas establecidas. Por otra parte, las normas o sellos comerciales (orgánico, GlobalGAP, comercio justo, otros) que puedan exigir los mercados de destino también pueden estimular a que la fruticultura adopte manejos sostenibles. En cuanto al impacto de la fruticultura sobre el medioambiente, se han usado diferentes formas de estimarlo, a través de análisis de ciclo de vida en rubros como duraznos, manzanas, peras, kiwis, olivos y damascos (Vinyes et al., 2015; Vinyes et al., 2017; Medici et al. 2020); a través de la huella de carbono y de agua (Xiloyannis et al., 2016), y a través de

la aplicación de indicadores (OCDE, 2001; Movilla-Pateiro et al., 2020). Otra aproximación interesante es la evaluación de los servicios ecosistémicos que pueden proveer los huertos una vez que entran en un esquema de manejo sostenible (Demestihis et al., 2017; Montanaro et al. 2017; Giacalone et al., 2021).

Sin embargo, hay que tener algunas consideraciones con la escala y temporalidad de los indicadores y del efecto que pueda tener su implementación. Según la definición de sostenibilidad, los impactos económicos y ambientales son algo más cuantificables que los impactos sociales. Además, muchos sistemas de evaluación se centran en impactos a corto plazo y locales, como los efectos sobre insectos benéficos o la concentración de residuos de plaguicidas, en lugar de impactos a más largo plazo como la biodiversidad o la epidemiología relacionado con plaguicidas (Granatstein and Peck, 2017).

4.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD SECTORIAL RECOMENDADOS POR DIMENSIÓN

La sostenibilidad considera tres dimensiones, económica, ambiental y social. Desde una perspectiva sistémica hay procesos/factores importantes que son transversales, como ciclo de nutrientes, hidrología, dinámica de poblaciones y flujo de energía (Olson, 2001). A partir de esto se pueden priorizar algunas dimensiones en fruticultura, por sus efectos sobre la contaminación, reducción de emisiones de GEI, captura de C y aspectos socio económicos. Si bien la mesa de fruticultura definió 27 indicadores, asociados a los ámbitos ambiental, económico y social (Tabla 1), a continuación, se mencionan los más relevantes, de acuerdo a los procesos y manejos que considera este rubro.

Pesticidas. El carácter permanente de los huertos, con diferentes estructuras del árbol aptas para la colonización de artrópodos, así como la capacidad de hospedar agentes infecciosos como bacterias y hongos, hacen del control de plagas y enfermedades un gran desafío en frutales. Considerando que la mayor parte de la producción se destina al mercado en fresco, el daño en la fruta reducirá las ventas y las ganancias del agricultor (Desmetihis et al., 2017). Por otra parte, el sabido que en nuestro medio el alto consumo de químicos es un hecho de la causa, con las consecuencias negativas asociadas, ambientales y para las personas.

Agua. La disponibilidad y calidad del agua es un recurso importante que afecta la sostenibilidad de los huertos. Producto de la sobreexplotación por la actividad humana y una menor reposición, se ha comenzado a constatar un rápido agotamiento de las aguas subterráneas, situación que es esperable incrementarse en conjunto con el avance del cambio climático (Melchem, 2016) y el aumento de la población. Por lo anterior, se deben desplegar todos los esfuerzos necesarios para avanzar hacia la sostenibilidad de este recurso por parte de la producción agrícola, en la que la fruticultura nacional no puede ser la excepción.

De acuerdo con FAO (<http://www.fao.org/3/x5600s/x5600s05.htm>), el concepto de desarrollo sostenible está asociado de manera general, al aumento de bienestar individual y colectivo. Para esto se requiere de la construcción de indicadores que permitan caracterizar la productividad del agua en ambas dimensiones, la individual y social (en este último caso, las comunidades vecinas y comunas dentro de una cuenca, entre otras). Según FAO, la productividad se define como la relación entre una unidad de producción y una unidad de insumo. El término productividad del agua se usa exclusivamente para denotar la cantidad o valor del producto (crop per drop). Pero también plantea otras miradas como la materia seca producida, el aporte nutricional, y una mirada más social (drop per capita, jobs, sustainable livelihoods). A nivel país, por otra parte, la productividad del agua también se puede definir como PIB (en poder adquisitivo) normalizada por la huella del agua. Por último, es importante destacar que, para alcanzar un uso equitativo y sostenible del agua, se hace necesario una definición precisa de marco jurídico y los mecanismos de coordinación de cada país, en relación a este recurso (FAO, 2006; Melchem, 2016).

Suelo. En el suelo ocurren una serie de procesos físico-químicos y biológicos que generan funciones como entrega de nutrientes, almacenamiento de agua, estabilidad del suelo y biodiversidad (Montanaro et al., 2017). Un factor importante es el contenido de carbono orgánico, ya que genera efectos en el suelo, como el incremento en la estabilidad de los agregados. Se ha sugerido que este parámetro es una característica central e integradora de la calidad del suelo, ya que afecta a muchas otras propiedades del suelo, como la aireación, la capacidad de retención de agua, la infiltración, el drenaje, la densidad aparente y la resistencia a la erosión (Gale et al., 2000), lo que influye en la función del ecosistema del suelo. El suelo con una estructura mejorada puede proporcionar un mejor hábitat para una población microbiana más

grande y diversa directamente relacionada con los mecanismos generales de supresión de enfermedades y muchos efectos directos e indirectos importantes sobre la epidemiología de las enfermedades de las raíces (MacDonald, 1994). Además, el incremento de la estabilidad de agregados beneficia a las poblaciones microbianas residentes, la penetración de las raíces de las plantas y su absorción de nutrientes, favorece el crecimiento de las plantas y su salud al reducir el grado de susceptibilidad de las raíces a las enfermedades (Céspedes-León et al., 2006). Es por esto que manejos que promuevan el aumento del carbono orgánico del suelo, como cultivos de cobertera, manejo de residuos de poda como mulch, aplicación de enmiendas orgánicas, no tendrán los efectos positivos descritos, sino que también pueden reducir la emisión de GEI a la atmosfera e incrementar la captura de CO₂ (West and Marland, 2002).

Nutrientes. Las prácticas de fertilización y nutrición de los huertos pueden determinar efectos sobre la sostenibilidad. El nitrógeno puede provenir de la materia orgánica del suelo, fuentes orgánicas como abonos o legumbres, o de fuentes sintéticas que dependen del proceso de fijación de nitrógeno de Haber-Bosch que requiere altos aportes de energía fósil. Tanto las fuentes de nitrógeno orgánico como inorgánico tienen el potencial de liberar óxido nitroso, un potente gas de efecto invernadero, y los productos a base de urea y amoníaco pueden volatilizar el amoníaco. Una vez en forma de nitrato, el nitrógeno también se puede perder por lixiviación. Se pueden usar estrategias de manejo para minimizar estas pérdidas, como incorporación del suelo, momento adecuado de aplicación, manejo del agua y el ajuste del pH del suelo. El potasio es el otro macronutriente exportado en la fruta, en cantidades aproximadamente el doble de las tasas de nitrógeno. Los fertilizantes de potasio están disponibles a partir de múltiples fuentes que son relativamente abundantes, en comparación con el fósforo, otro macronutriente importante necesario para algunos suelos que se deriva de depósitos minerales extraídos de extensión limitada. Las exportaciones de fósforo en la fruta recolectada son relativamente pequeñas, pero el fósforo se puede lixiviar del perfil del suelo cuando se aplica en exceso (Granatstein and Peck, 2017).

Genética de punta. Un indicador crítico del ámbito productivo-económico es el acceso a la “genética competitiva”, en un escenario en que el recambio varietal está lanzado, con una dinámica brutal los últimos lustros y con una marcada tendencia a restringir el acceso recurriendo a la producción en

clubes cerrados, limitados a un grupo mínimo de productores y en superficies acotadas. En este escenario, la sostenibilidad debe sustentarse no solo en el acceso a material genético internacional, sino también apoyarse en el desarrollo de genética propia, basada en programas de fitomejoramiento locales.

Biodiversidad. La biodiversidad agrícola (o agrobiodiversidad) refiere a toda la diversidad dentro y entre especies asociadas a los sistemas de cultivo y ganado doméstico, especies silvestres emparentadas y especies que interactúan con ellas (DiFalco, 2012), y ha sido sugerida como una forma de mitigar los impactos negativos del cambio climático en el cultivo de plantas (Wood, 2015). Recientemente, un estudio en vides viníferas logró cuantificar el impacto de la diversidad intraespecífica en la reducción de pérdidas debidas al cambio climático (Morales-Castilla, 2020). Los resultados muestran que el uso de 11 variedades vs monocultivo mitiga pérdidas desde un 56% a un 24% ante un escenario de aumento de 2°C, y desde 85% a 58% ante un aumento de 4°C. La diversidad varietal intra-especie genera sistemas agrícolas más robustos al cambio mediante distintos mecanismos. En el estudio mencionado, la resiliencia se logra por una mayor diversidad fenológica, es decir, la ocurrencia de estados fisiológicos claves en distintas fechas dentro de la temporada. Otros casos documentados son el aumento general del rendimiento del cultivo, así como una mejor respuesta frente a estrés biótico, como presión de plagas y enfermedades, y abiótico, como disponibilidad de nutrientes y de materia orgánica. (Reiss, 2018). Chile posee alrededor de 340.000 ha dedicadas a la producción de fruta, con más de 16.000 huertos y campos en el territorio nacional (ASOEX, 2021). El recambio varietal en la fruticultura es una necesidad que los productores y exportadores han identificado desde hace un tiempo (Fedefruta, 2018) para mejorar aspectos productivos en prácticamente todas las especies relevantes para Chile. Además, es sabido que la diversidad varietal intra-especie es variable: desde las paltas, con un cultivar dominante (Hass), hasta las vides, con una gran diversidad de cultivares para uva de mesa, pasas, además de vino y pisco, a lo que se suma la diversidad genética intra-especie, muy variable también y una característica propia de cada caso; en este ámbito destaca el muy reducido fondo genético de algunas especies de primera importancia, encabezadas por *Prunus persica* L.

Uso de recursos no renovables. Un área de impacto importante es el uso de recursos no renovables, incluida la energía, los nutrientes y materias primas para diversos productos. El manejo de los huertos modernos requiere de numerosas operaciones de maquinaria, como aspersión de pesticidas y cosecha, que generalmente se realizan en cada hilera. Estas operaciones pueden comprender la mayor parte de la huella de carbono de la producción. Por otra parte, los huertos modernos involucran con mayor frecuencia alta densidad de plantación, que requiere de estructuras de soporte, alambre, riego presurizado y cubiertas protectoras. Muchos de estos insumos terminan como desechos que se queman o se entierran en vertederos al final de la vida útil del huerto (Granatstein and Peck, 2017). Este factor puede ser compensado a través del secuestro de Carbono en la biomasa de los árboles frutales y en el suelo. El secuestro de Carbono implica la transferencia de CO₂ atmosférico en diversos reservorios de larga vida sin ser re-emitidos (Lal, 2004). El secuestro de carbono tiene el potencial de compensar las emisiones de combustibles fósiles en 0,4 a 1,2 gigatoneladas de carbono por año, o del 5% al 15% de las emisiones globales de combustibles fósiles (Lal, 2004).

Económica. Aspecto relacionado con la producción (cantidad de fruta producida por hectárea) y el retorno económico para el productor. Esto se puede desglosar en indicadores que den cuenta del tamaño del productor, tipo de frutal, así como del destino de la producción. También se consideran aspectos tecnológicos que reflejen la posibilidad de soportar eventos climáticos (resiliencia), a través de agricultura protegida, así como manejos que promuevan la recuperación de la capacidad productiva de los suelos y la disminución del uso de insumos, como agricultura orgánica, manejo integrado y agricultura regenerativa.

Social. En Chile, a pesar de la relevancia de la producción agrícola para las exportaciones, los habitantes de las áreas rurales tienen ingresos menores que lo observado en áreas urbanas. Lo anterior se relaciona con un alto abandono y migración del campo a la ciudad y un cambio etario de la población rural muy acelerado en las últimas décadas. Por tanto, es muy relevante poder medir la evolución de la pobreza por ingresos en las zonas rurales y en especial en aquellas con mayor presencia de la fruticultura, para entender su efecto al respecto.

Si bien la desigualdad de ingresos entre hogares urbanos y rurales se ha venido reduciendo en los últimos años (Srinivasan y Rodríguez, 2016), los hogares rurales aún presentan niveles de pobreza más altos que aquéllos urbanos tanto en términos de ingreso como multidimensional (ODEPA, 2019). El propio Ministerio de Agricultura de Chile reconoció recientemente la importancia de la medición de la pobreza rural como un indicador esencial ligado al bienestar social y, por tanto, a la calidad de vida rural (ODEPA y DESE, 2020).

En cuanto a la comercialización, los pequeños agricultores tienen importantes limitantes en Chile para poder insertarse en las cadenas de productos de alto valor, entre las cuales destaca la fruticultura, considerando especies tales como uva de mesa, cerezas o arándanos. La conformación de cooperativas permite un mejor acceso a los canales de comercialización, lo cual permite suponer que es una fórmula que habilita a la pequeña agricultura para poder participar de la fruticultura de una manera más competitiva, por lo que un indicador que dé cuenta del asociativismo sería de gran importancia.

Tabla 1.
Caracterización de los indicadores de sostenibilidad definidos para fruticultura

Ámbito	Dimensión	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Ambiental	1. Suelo	1.1 Agregación estable al agua	La Agregación estable al agua (AEA) constituye un indicador de una propiedad física del suelo, refleja la resistencia de los agregados a romperse por efecto del agua y la manipulación mecánica.	-	Es una característica central e integradora de la calidad del suelo, ya que afecta a muchas otras propiedades, como la aireación, la capacidad de retención de agua, la infiltración, el drenaje, la densidad aparente y la resistencia a la erosión (Gale et al., 2000), lo que influye en la función del ecosistema del suelo.
		1.2 Compactación de suelo	La compactación del suelo es la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. La compactación disminuye el espacio poroso, especialmente la porosidad de mayor diámetro que es la ocupada por el aire y el agua útil. Se mide a través de parámetros físicos de suelo, como densidad aparente, macroporosidad, porosidad total, conductividad hidráulica saturada, velocidad de infiltración, resistencia a la penetración, y estabilidad estructural al agua, entre otros.	-	En huertos la compactación se produce principalmente por cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre. La compactación de suelo, medida a través de parámetros físicos, permite identificar suelos que presentan problemas de impedimento físico que afecta la infiltración del agua, y movimiento del oxígeno, y con ello el crecimiento de raíces y desarrollo y producción de los frutales. El mal drenaje también puede promover el desarrollo de enfermedades radiculares por hongos del suelo, afectando el desarrollo de las plantas.

Ámbito	Dimensión	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
		1.3 Carbono secuestrado	- CO2 secuestrado por la biomasa aérea (ton/ha/año): C obtenido a través de la fotosíntesis de las plantas menos el C liberado por procesos de respiración, expresado en dióxido de carbono al multiplicar por el factor 3,67 (relación entre peso molecular de CO2/C). - CO2 secuestrado en suelo (ton/ha/año): valor obtenido desde análisis químico del C total de un suelo (sin considerar C inorgánico), expresado como CO2 al multiplicar por factor 3,67.	-	Debido a la creciente necesidad de determinar el costo ambiental y energético que tienen los sistemas productivos, uno de los parámetros fundamentales para la elaboración de los balances de carbono y determinación de la huella de carbono en sistemas productivos, es el carbono secuestrado. El secuestro de C implica la transferencia de CO2 atmosférico en diversos reservorios de larga vida sin ser re-emitidos (Lal, 2004). El secuestro de carbono tiene el potencial de compensar las emisiones de combustibles fósiles en 0,4 a 1,2 gigatoneladas de carbono por año, o del 5 al 15% de las emisiones globales de combustibles fósiles (Lal, 2004).

Ámbito	Dimensión	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
	2. Agua	2.1 Productividad del agua	a. Productivos: productividad del agua, independiente de la escala y ambiente estudiado, o tecnología utilizada (crop per drop). b. Social: bienestar colectivo por sobre el individual, independiente de la escala, tecnología utilizada o ambiente estudiado (drop per capita, jobs, sustainable livelihoods). c. País:	$\frac{\text{retorno económico}}{\text{agua consumida o desviada}}$ $\frac{\text{Materia fresca (MF)}}{\text{agua consumida o desviada}}$ $\frac{\text{Materia seca (MS)}}{\text{agua consumida o desviada}}$ $\frac{\text{Valor nutricional}}{\text{agua consumida o desviada}}$ $\frac{\text{MS o valor nutricional}}{\text{Nº acciones de agua}}$ $\frac{\text{agua consumida o desviada}}{\text{cabeza (comunidad)}}$ $\frac{\text{Nº acciones de agua}}{\text{cabeza (comunidad)}}$ $\frac{\text{Nº acciones de agua}}{\text{fuerza laboral (intrapredio o extrapredio)}}$ $\frac{\text{PIB en paridades de poder adquisitivo (PPA)}}{\text{huella del agua nacional}}$	De acuerdo con FAO (http://www.fao.org/3/x5600s/x5600s05.htm), el concepto de desarrollo sostenible está asociado de manera general, al aumento de bienestar individual y colectivo. Para esto se requiere de la construcción de indicadores que permitan caracterizar la productividad del agua en ambas dimensiones, la individual y social (en este último caso, las comunidades vecinas y comunas dentro de una cuenca, entre otras). Según FAO, la productividad se define como la relación entre una unidad de producción y una unidad de insumo. El término productividad del agua se usa exclusivamente para denotar la cantidad o valor del producto (crop per drop). Pero también plantea otras miradas como la materia seca producida, el aporte nutricional, y la mirada mas social (drop per capita, jobs, sustainable livelihoods). A nivel país, por otra parte, la productividad del agua también se puede definir como PIB (en poder adquisitivo) normalizada por la huella del agua.
	3. Contaminación	3.1 Uso de plaguicidas	El indicador será estimado de la proporción de pesticidas usado en fruticultura a partir del volumen anual aplicado a nivel nacional.	-	El indicador proporciona información sobre los cambios complejos y dinámicos del uso de plaguicidas de una manera sintetizada, sirviendo como herramienta para el seguimiento de políticas públicas que impulsen a mejorar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

Ámbito	Dimensión	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
		3.2 Balance de nutrientes	Diferencia entre el nutriente disponible en un sistema agrícola (entradas, principalmente orgánicas y fertilizantes químicos) y la absorción del nutriente por parte de la agricultura (salidas, principalmente cultivos y forraje).	-	El balance de nutrientes puede ser utilizado como instrumento de análisis, indicador de desempeño, o como límite legal en el campo, en el predio o a escala territorial (Bassanino et al., 2010). Este indicador muestra la presión ambiental potencial de una aplicación inapropiada de fertilizantes (UN DESA, 2007).
		3.3 Emisiones de GEI en la industria frutícola	CO ₂ eq emitido en sistemas productivos.	CO₂eq del huerto (CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O desde los suelos) (ton/ha/año). CO₂eq por uso de energía (ton/ha/año).	Las emisiones de CO ₂ eq es un parámetro que engloba las emisiones generadas de CO ₂ , óxido nitroso (N ₂ O) y metano (CH ₄) expresadas en su equivalente de CO ₂ de acuerdo a su potencial de calentamiento global definido en el Protocolo de Kioto (1992); siendo el potencial de calentamiento global de 1 para CO ₂ , 265 para N ₂ O y 28 para CH ₄ (IPCC, 2013). Para el cálculo de las emisiones de GEI se consideran las emisiones del huerto y las que son obtenidas por factores propuestos por el IPCC debido al consumo de energía.
	4. Biodiversidad	4.1 Diversidad varietal por especie (biodiversidad agrícola)	Indicador que mide la diversidad de variedades frutícolas por especie, como una aproximación de la diversidad genética para cada cultivo.	-	La agrobiodiversidad reduce el riesgo y aumenta la productividad agrícola, generando sistemas más resilientes y aportando para alcanzar las metas de seguridad alimentaria. La necesidad de adaptación a condiciones de cultivo y climáticas cambiantes es aún más relevante en cultivos perennes y de largos períodos de crecimiento, como es el caso de los frutales, ya que los predios están diseñados para períodos productivos de al menos 10 años.
		4.2 Diversidad de especies frutales silvestres (Biodiversidad agrícola)	Proporción de territorio nacional bajo estatus de protección. Presencia y densidad de población de especies frutales nativas (al menos en las áreas protegidas o parques nacionales).	-	Mide de forma global el nivel de protección de la biodiversidad y recursos genéticos naturales por región, permitiendo entender de forma macro la preservación de ecosistemas donde habitan especies frutales silvestres de potencial valor genético y económico.

Ámbito	Dimensión	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Económico	1. Productividad	1.1 Toneladas fruta exportada/producción total/temporada (por especie)	Da cuenta del avance tecnológico de la fruticultura, ya que muestra la eficiencia productiva en una industria destinada a la exportación.	-	La fruta de exportación cumple requisitos de calidad que hacen que sea el producto de mayor valor y, muchas veces, define la sustentación del negocio. En términos generales, para la industria chilena, enfocada principalmente a la exportación, mientras mayor sea la proporción de fruta que va a los mercados internacionales, mejor se cumple el objetivo final de ella.
		1.2 Superficie total y superficie media por productor	Describe la superficie total destinada a la producción frutícola. Será obtenida cada 4 años de los datos de ODEPA.	-	Da cuenta de si las condiciones de clima, suelo y agua permiten mantener la misma superficie productiva o bien debe ir ajustándose a la oferta de los insumos necesarios para la producción.
	2. Económica	2.1 Mapa de competitividad (por especie)	Da cuenta del posicionamiento del país en el comercio mundial de fruta.	$ICCE = (X_{ki} / X_{kw}) / (M_{kij} / M_{kj})$	Una cuota de participación en un mercado específico que sea superior a la participación mundial como exportador, denotaría mayor competitividad estructural, y viceversa si es menor. Por lo tanto, combinar en un análisis el ICCE y su tendencia en los últimos años -porque es una variable de efecto y no de causa-, es un método válido para evaluar la posición competitiva internacional de un producto desde un país exportador como Chile.
	3. Recursos humanos	3.1 Eficiencia de la Mano de Obra	Da cuenta del nivel de profesionalización de las tareas agrícolas y del grado de avance en el mejoramiento de la productividad de la mano de obra.	-	La eficiencia se describe sobre la base de un trabajador y su capacidad de generación de riqueza en la exportación de fruta. En este sentido este es un indicador que deberá construirse sobre información proveniente de fuentes distintas. Por un lado se tiene la información generada por el valor de la exportación provista por el Servicio Nacional de Aduanas y por otro se debe recurrir a encuestas por especie para determinar el número de jornadas utilizadas en esa especie en particular.
	4. Resiliencia	4.1 Superficie frutícola orgánica en relación al total de superficie frutícola cultivada.	Este indicador permitirá dimensionar la situación actual del país en materia de desarrollo de sistemas productivos frutícolas que incorporan prácticas de manejo agronómico más amigables con el medioambiente.	superficie frutícola orgánica / total de superficie frutícola	Las prácticas de manejo orgánico combinan métodos de cultivos tradicionales y modernos, excluyendo el uso de insumos convencionales como plaguicidas sintéticos y fertilizantes, y en su reemplazo pone énfasis en la fertilidad natural del suelo con el manejo de inputs de compost y abonos de origen animal y vegetal, el control natural de plagas, y la rotación y diversificación de cultivos. Lo anterior reduce el impacto ambiental de la fruticultura.

Ámbito	Dimensión	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
		4.2 Superficie frutícola que incorpora prácticas de manejo de agricultura regenerativa en relación a la superficie frutícola cultivada	Determina la cantidad de superficie frutícola que utiliza prácticas de manejo orientadas hacia una agricultura regenerativa.	superficie frutícola bajo prácticas de manejo de agricultura regenerativa / superficie frutícola	Prácticas de manejo de agricultura regenerativa, con énfasis en la restauración de fertilidad de suelos y secuestro de carbono, permite reducir el impacto sobre el medioambiente de la fruticultura.
		4.3 Superficie frutícola que incorpora tecnologías de sistema intensivo sostenible.	Determina la cantidad de superficie frutícola que incorpora tecnologías de sistema intensivo sostenible y en relación a la cantidad de superficie frutícola total del país.	Superficie frutícola bajo tecnologías de sistema intensivo sostenible / Sup. frutícola.	El sistema productivo intensivo sostenible busca incrementar la producción por unidad de superficie cultivada, a través de técnicas que minimicen el impacto sobre el medioambiente y la conservación de recursos de suelo, agua y la biodiversidad. Simultáneamente, este sistema se plantea mejorar las condiciones socio-económicas de los productores, asegurando una rentabilidad justa y una sostenibilidad económica y social, permitiendo una armonía del desarrollo de los territorios y conservación de las zonas rurales (Iglesias, 2021).
		4.4 Superficie protegida	Este indicador permitiría dimensionar el nivel de riesgo de las plantaciones frente a eventos climáticos extremos y el cambio climático en general.	Superficie protegida/total superficie frutícola	La superficie bajo distintas cubiertas permite dimensionar el grado de adaptación y mitigación al cambio climático. En distintas especies el uso de plásticos o mallas se está ampliando y existe investigación en curso que permite profundizar los beneficios y cuidados en la fruticultura bajo cubiertas de protección.
		4.5 Número y área de influencia de estaciones meteorológicas	Estaciones meteorológicas en línea y de acceso (público o privado) que entreguen información meteorológica de interés frutícola, asociado a zonas productoras.	-	Una industria frutícola con mayor acceso a información climática puede responder y adaptarse de mejor forma.
		4.6 Superficie bajo riego tecnificado	Superficie bajo riego tecnificado a nivel regional y nacional	-	El indicador muestra tecnificación en el ámbito frutícola, que en consecuencia permite un uso más eficiente de los recursos, en particular del agua.

Ámbito	Dimensión	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
Social	1. Bienestar	1.1 Nivel salarial sector	El indicador será medido a través de la diferencia (ingreso real) entre nivel salarial del sector agrícola con respecto al resto de los sectores de la economía.	-	Durante las últimas décadas el crecimiento económico ha sido destacado en Chile, aumentando el PIB per cápita y los salarios reales. Sin embargo, existe preocupación sobre la alta desigualdad del ingreso en Chile y su aparente persistencia, principalmente en sector agrícola.
		1.2 Pobreza rural	Porcentaje de personas que sufren pobreza por ingresos y que habitan en zonas rurales respecto del total de la población rural.	-	En Chile, a pesar de la relevancia de la producción agrícola para las exportaciones, los habitantes de las áreas rurales tienen una pobreza por ingresos más alta que aquéllos en las áreas urbanas. Lo anterior se relaciona con un alto abandono y migración desde las áreas rurales a aquéllas urbanas, las cuales han perdido aceleradamente población en las últimas décadas. Por tanto, es muy relevante poder medir la evolución de la pobreza por ingresos en las zonas rurales y en especial en aquéllas con mayor presencia de la fruticultura, para entender su efecto al respecto.
		1.3 Contaminación por pesticidas	Número confirmado de intoxicaciones agudas por plaguicidas (IAP)	-	El uso de plaguicidas es una medida que permite el control efectivo de plagas y enfermedades, para aumentar la productividad agrícola, forestal y ganadera. Sin embargo, existe evidencia en Chile de contaminación en el agua, fruta, hortalizas, suelo, aire y personas aledañas a las áreas rurales como los propios trabajadores agrícolas. Desde el año 2005 y como resultado de la Reforma de Salud la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica en Plaguicidas (REVEP) se incorpora en las respectivas Seremis de Salud del país una legislación que obliga a notificar de manera inmediata la sospecha de intoxicación por plaguicidas (D.S. N°88).
	2. Inclusividad	2.1 Asociativismo	El indicador “asociativismo” será medido como el número de socios que tienen las cooperativas agrícolas activas que se dedican a la fruticultura.	-	Los pequeños agricultores tienen importantes limitantes en Chile para poder insertarse en las cadenas de valor de alto valor, entre las cuales destaca la fruticultura, en productos tales como uva de mesa, cerezas o arándanos. La conformación de cooperativas permite un mejor acceso a los canales de comercialización, lo cual nos lleva a suponer que es una fórmula que habilita a la pequeña agricultura para poder participar de la fruticultura de una manera más competitiva.

Ámbito	Dimensión	Indicador	Definición	Fórmula	Justificación
	3. Equidad	3.1 Brecha de género	El indicador “brecha de género” será medido como el porcentaje de mujeres sobre el total de los y las trabajadores en la fruticultura.	-	En Chile las mujeres tienen una menor inserción en el mercado laboral que los hombres. Por otro lado, en aquellos hogares que son sostenidos por mujeres la disponibilidad de ingresos es menor. En consecuencia, es importante poder revisar en qué medida la fruticultura está generando empleo para las mujeres, y, por tanto, contribuyendo a los ingresos de sus hogares.
	4. Resiliencia	4.1 Acceso al consumo de frutas	El indicador “acceso al consumo de frutas” será medido como una ratio del costo del consumo recomendado de frutas conforme a la Guía Nutricional de la Organización Panamericana de la Salud en relación con el ingreso per cápita del hogar.	-	En Chile, a pesar de la relevancia de la producción frutícola, la cual posiciona al país como líder dentro del hemisferio sur en los mercados internacionales, la ingesta de productos frescos, entre ellos las frutas, por parte de la población nacional es muy deficiente. Actualmente Chile es el país de la OCDE con un mayor nivel de sobrepeso y obesidad, la cual afecta tanto a adultos como a niños, niñas y adolescentes. Esto deriva en la proliferación de enfermedades crónicas, como la diabetes y las cardiovasculares, afectando especialmente a la población más vulnerable.

5.

Indicadores de Sustentabilidad en Ganadería

Citar capítulo como:

Alfaro, M., Tadich, T., Carter, L., Cornejo, J., Domínguez, E., Espinoza, S., Grez, A., Hepp, C., Iraira, S., Larraín, R., Nova, A., Salazar, F., Sales, F., Toro, P., Williams, P. 2022. Indicadores de Sustentabilidad en Ganadería. En Meza, F., Muñoz, L., Acuña, D., Avilés, O. Eds. Propuesta de Indicadores de Sustentabilidad para el Sector Silvoagropecuario de Chile.

INTEGRANTES MESA GANADERÍA

Luis Carter	Universidad Austral de Chile
Javiera Cornejo	Universidad de Chile
Erwin Domínguez	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Soledad Espinoza	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Audrey Grez	Universidad de Chile
Christian Hepp	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Sergio Iraira	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Rafael Larraín	Pontificia Universidad Católica de Chile
Andrés Nova	Universidad Austral de Chile
Francisco Salazar	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Francisco Sales	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Paula Toro	Universidad de O´ Higgins
Pamela Williams	Universidad de Concepción

5.1. INTRODUCCIÓN

La ganadería provee una variedad de bienes y servicios a la sociedad. El ganado representa el 40 % del valor mundial de la producción agrícola y es la base de los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas, incluyendo pequeños productores. La revolución ganadera de los últimos decenios ha permitido un progreso significativo del sector.

El aumento acelerado de la demanda de alimentos de origen animal en las economías mundiales ha provocado el incremento de la producción ganadera, en conjunto con innovaciones tecnológicas y cambios estructurales en el sector. La ganadería contribuye de manera directa a la seguridad alimentaria a través de la conversión de fuentes de energía y proteína que no se encuentran disponibles para las personas en productos de origen animal de alta calidad nutricional. Esta demanda es mayor en la medida que aumenta el ingreso per cápita de los países en desarrollo, y resulta en la intensificación de sistemas productivos ganaderos tradicionales. Por otra parte, la ganadería es la fuente de sustento para millones de familias a nivel global, convirtiéndose en sus medios de vida.

Sin embargo, de manera paralela, el sector enfrenta desafíos significativos tales como consumidores cada vez más exigentes del impacto ambiental de la actividad sobre los ecosistemas y los recursos naturales (tierra, agua y biodiversidad) y el bienestar animal (FAO, 2009), incluyendo la deforestación, la creciente competencia de otros sectores por los mismos recursos, y la presión por dietas flexitarianas, vegetarianas o veganas (GPAFSN, 2020). Es también de suma importancia comprender el rol de algunos sistemas pecuarios en el secuestro de carbono y reducción de los GEI. Esto requiere que la ciencia pueda establecer las mejores estrategias que puedan ser implementadas en los sistemas pecuarios locales. Por último, la ganadería también tiene un rol social y cultural que no puede ser desconocido, que en muchos casos permanecen pendientes para aquellos productores más susceptibles de los efectos del cambio climático.

Es así como se generan diversos desafíos ambientales, sociales y económicos que deben ser enfrentados por los productores, la sociedad y los tomadores de decisión.

En el caso particular de los sistemas pecuarios es importante comprender los efectos que tienen sobre la sostenibilidad ya que la ganadería tiene implicancias directas sobre el bienestar humano, animal y ambiental.

Sin embargo, no podemos desconocer el impacto negativo que pueden tener los sistemas pecuarios, cuando las prácticas de manejo implementadas son inadecuadas. Esto hace prioritario el establecimiento de mecanismos que permitan una buena comprensión y evaluación de la diversidad de los sistemas ganaderos presentes en el país.

La implementación de herramientas de evaluación de la sostenibilidad es clave para el desarrollo de sistemas pecuarios sostenibles (Sadok et al., 2008). La evaluación permite generar información sobre un sistema, sector o área geoclimática en particular, siendo el mayor desafío la selección de los indicadores apropiados (Lebacqz et al., 2013). Esta información puede ser utilizada para desarrollar modelos que permitan adelantar futuros impactos ambientales, sociales o económicos y así implementar estrategias de mitigación. Además, la generación de información permite apoyar la toma de decisiones basadas en evidencia a nivel estatal.

La sostenibilidad incluye una dimensión ambiental, una social y una económica, las tres son componentes importantes ya que al verse una afectada tendrá efectos sobre las otras dos debido a su interdependencia. Por lo mismo, más que una priorización de dimensiones lo que se busca es la optimización de cada una de ellas (EC, 2017). En los sistemas agropecuarios la intensificación de la actividad incluye el aumento en el uso de insumos (fertilizantes, alimento para ganado y concentrados), uso de mayores cargas animales y de cultivos de alta producción, con la finalidad de aumentar la producción por unidad de superficie (Alfaro et al., 2009). Cuando esta intensificación se realiza de manera inadecuada, puede acarrear potenciales impactos negativos sobre el medio ambiente (agua, suelo, aire) y sobre los animales.

Entre los principales efectos ambientales asociados al desarrollo de la agricultura y ganadería a nivel mundial, se encuentran aquellos generados por el manejo inadecuado de nutrientes, como los fertilizantes, y/o efluentes ganaderos, que pueden resultar en pérdidas de N y P hacia aguas superficiales y subterráneas, y en pérdidas de N en formas gaseosas que contribuyen a la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), además de la acumulación de metales pesados en los suelos y en la cadena de producción, y el potencial riesgo en el uso de antibióticos.

Las emisiones mundiales de GEI se han incrementado en un 81% entre 1970 (27 Gt año⁻¹) y 2010 (49 Gt año⁻¹), por lo que la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado en 0,6°C desde finales del siglo XIX. A nivel global, las emisiones de GEI en el año 2010 provenían principalmente de actividades ligadas a la producción de energía (34,6%), a la actividad de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (24%) y a la actividad industrial (21%) (IPCC, 2014).

El sector de agricultura contribuye con el 12%, considerando emisiones directas e indirectas, mientras que la ganadería es responsable del c. 50% (IPCC, 2019). Casi el 40% del total de las emisiones del ganado provienen de la fermentación entérica, con c. de un 50% asociado a la producción de alimentos, incluyendo la aplicación de estiércol (16%); trabajo de campo (13%); aplicación de fertilizantes (8%); y cambios en el uso de la tierra (9%).

Al mismo tiempo, se reconoce que el sector puede desempeñar una función fundamental en la mitigación del cambio climático a través de la adopción de tecnologías mejoradas, siendo también clave para la seguridad alimentaria global futura. Entre las contribuciones significativas que se reconocen al sector, se incluye su potencial contribución al secuestro de carbono, a la conservación de la biodiversidad y de los ciclos del agua. El ganado es el mayor usuario mundial de suelo, la superficie usada para sistemas pastoriles (3.400 mill ha) y en la producción de forrajes para su alimentación (500 mill ha) representan prácticamente el 80% de todas las tierras agrícolas. Si se considera la superficie de la Tierra sin hielo, 26% de ella corresponde a sistemas pastoriles, abarcando una gran variedad de climas, desde secos hasta húmedos (Steinfeld et al., 2006). Esto le otorga a la ganadería un rol gravitante en estos ámbitos a nivel global. Por ejemplo, la materia orgánica del suelo en pastizales templados promedia $3,31 \times 10^4$ g m², por lo que los suelos bajo pastura contienen grandes reservas de carbono en forma de materia orgánica, pudiendo constituir casi el 50% del C almacenado en bosques a nivel global (FAO, 2007). Al favorecer la captura de carbono en estos sistemas, aunque sea a menores tasas que las proyectadas para suelos bajo cultivo (Lal, 2011), se estima que se podrían reducir las emisiones del sector entre el 14 y 41% a nivel global (FAO, 2009), esto tendría además beneficios adicionales en la conservación del ciclo del agua, al reducir la erosión y favorecer la infiltración del agua en el suelo, y la conservación de la biodiversidad del suelo y del paisaje, al aumentar la biomasa microbiana del suelo, como los hongos micorrícicos, que llevan nutrientes a las raíces de plantas (Alfaro y Mejías, 2021).

La dimensión ambiental no puede ser considerada de manera separada de la dimensión social ya que existe un vínculo entre la sociedad y los sistemas pecuarios, los que han ido co-evolucionando. Los sistemas pecuarios impactan la sociedad desde diversos ámbitos, por ejemplo, reduciendo la pobreza y el hambre; permitiendo mejoras en la calidad de vida de las personas en el mundo rural; y permitiendo un desarrollo sostenible desde el punto de vista de la equidad, economía, protección social y medioambiental. Si bien, elementos de equidad de género, justicia social y derechos humanos han recibido menos atención que la dimensión ambiental y económica de la sostenibilidad, es importante considerarlos dentro de los indicadores a utilizar. Dentro de los temas a considerar propuestos por Bacon et al. (2012) están la salud de las personas donde el papel de los sistemas pecuarios en la seguridad e inocuidad alimentaria es esencial. En segundo lugar, está la democracia a través de la participación de las asociaciones y cooperativas rurales en la toma de decisiones, así como la soberanía alimentaria y capacidad de gobernanza. La generación de trabajos dignos, mejoras en la calidad de vida y en justicia, equidad y ética también son aspectos por considerar. La diversidad biológica y cultural también es un tema importante por considerar donde es importante el rescate de prácticas y conocimientos tradicionales. Por último, y de particular importancia en países como Chile, está la capacidad de resiliencia que los sistemas pecuarios pueden entregar a las comunidades, mejorando su capacidad de enfrentar y reorganizarse frente a situaciones de emergencia como pueden ser los desastres naturales.

Por último, la dimensión económica requiere del desarrollo de sistemas pecuarios más eficientes y de la inclusión de economías circulares, al menos en algunos de los componentes del sistema. La reducción de los requerimientos de los sistemas, la valorización de subproductos de los sistemas productivos, el desarrollo de la ganadería de precisión, son todas estrategias que impactan la economía de los sistemas (EC, 2017) y que también pueden tener impactos positivos sobre las dimensiones ambientales y sociales.

5.2. INDICADORES SUGERIDOS PARA EL SECTOR GANADERO NACIONAL

El uso de indicadores permitiría evaluar en el corto, mediano y largo plazo la evolución de la sustentabilidad de la ganadería nacional en los ámbitos económico, ambiental y social (Cuadro 1). Los 22 indicadores presentados a continuación han sido elegidos por su relevancia y pertinencia técnica, reconocida a nivel internacional, y su facilidad en la implementación, considerando las limitaciones del entorno nacional en cuanto a disponibilidad de la información, su frecuencia y cobertura territorial. Esta propuesta no es exhaustiva y está orientada a guiar la toma de decisión.

De acuerdo con el juicio experto de la mesa, estos sería de fácil implementación dado que la información requerida para su estimación existe (41%), mientras que los restantes requieren de la acción coordinada entre diferentes entidades (59 %). Asimismo, de los indicadores propuestos, se estima es urgente implementar 41% de ellos, dados los compromisos internacionales que el país ya ha adquirido o el nivel de impacto que pueden generar, mientras que el resto son deseables en el corto plazo.

Cuadro 1.

Tabla resumen de los indicadores de sostenibilidad seleccionados para el sector ganadero por ámbito

Ámbito	Principio	Indicador	Frecuencia	Fuente de Datos	ODS1	ODS2	Facilidad Implementación	Prioridad
Económico	Productividad	Proteína animal producida /existencias ganaderas	Anual	ODEPA, INE	10	12		
	Productividad	kg de producto/unidad de superficie	Cada 2 años	ODEPA, INE	2	8		
	Fomento programas sostenibles	Uso de recursos económicos en proyectos de I+D+i para la sustentabilidad de la ganadería	Anual	ANID, FIA, CORFO	9			
	Fomento programas sostenibles	Predios certificados en prácticas sustentables	Anual	MINAGRI	12	15		
	Fomento programas sostenibles	Uso de recursos económicos en programas con foco en la sustentabilidad	Anual	MINAGRI	9	11		
Social	Seguridad Alimentaria	Porcentaje de concentrados proteicos de origen foráneo utilizados en alimentación animal (PCPF).	Anual	ODEPA, INE	1	2		
	Seguridad Alimentaria	Porcentaje del consumo de carne que es importada (PCI)	Anual	ODEPA, Aduana	1	2		
	Bienestar Animal	Personal capacitado	Anual	SAG	8	5		
	Bienestar Animal	Radio faena	Anual	SAG	8	12		
	Bienestar Animal	Porcentaje de sistemas con plan de contingencia	Anual	SAG	2	3		
	Fomento programas sostenibles	Usuarios participantes en programas con foco en la sustentabilidad	Anual	MINAGRI	8	12		

Ámbito	Principio	Indicador	Frecuencia	Fuente de Datos	ODS1	ODS2	Facilidad Implementación	Prioridad
	Fomento programas sostenibles	Horas de capacitación a usuarios hombres y mujeres de programas en temáticas con foco en la sustentabilidad	Anual	MINAGRI	4	8		
	Equidad de género	Proporción de mujeres en propiedad de sistemas ganaderos sobre el total de derechos de propiedad	Anual	SAG	5	1		
	Equidad de género	Proporción de mujeres en cargos de liderazgo en asociaciones gremiales del sector pecuario	Cada 2 o 5 años	SEREMI economía y empresa menor tamaño	5			
Ambiental	Manejo residuos	Índice de Consumo de Antibiótico (%)	Anual	No existe actualmente	2	12		
	Biodiversidad	Número de especies exóticas, asilvestradas o naturalizadas en Chile	Cada 5 años	SAG, MMA, PNUD	15			
	Biodiversidad	Superficie natural o seminatural en el predio y paisaje (ha)	Cada 5 años	No existe para todo el país	15			
	Cambio climático	Emisiones de metano/cabeza animal	Cada 2 años	INGEI	13	12		
	Cambio climático	Conversión de praderas/pastizales	Cada 5 años	-	6	11		

Ámbito	Principio	Indicador	Frecuencia	Fuente de Datos	ODS1	ODS2	Facilidad Implementación	Prioridad
	Cambio Climático	Secuestro de Carbono	Cada 5 años	No existe actualmente	13			
	Agua	Reducción consumo agua	Anual	No existe actualmente	13			
	Agua	Concentración de Nitrógeno y Fosforo en aguas	Anual	No existe actualmente	15			

Facilidad de Implementación: la información para el indicador existe (verde), la información para el indicador existe, pero ésta se encuentra disgregada y se requiere su análisis (amarillo), la información requerida para el indicador debe construirse desde cero (rojo).

Prioridad: es urgente porque hay compromisos internacionales (verde), no hay compromisos país, pero es deseable contar con él en el corto plazo por el impacto que tiene (amarillo), puede esperar 2-5 años para levantarse (rojo).

5.3. INDICADORES PARA LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

El sector debe avanzar en el manejo de información respecto del uso de antibióticos. También, con la finalidad de reflejar los impactos a la conservación de la biodiversidad y/o la modificación del paisaje, se seleccionó un grupo de indicadores en este ámbito. Finalmente, dados los compromisos de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y carbono neutralidad adquiridos por Chile al alero de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC, por su sigla en inglés), la mesa priorizó indicadores asociados a la reducción de las emisiones de GEI y captura de CO₂.

Índice de Consumo de Antibiótico (%)

Unidades: Proporción de la cantidad de principio activo utilizado (t) respecto de la cantidad de biomasa animal producida, según especie (t) (OIE, 2018).

Ámbito: Ambiental

Principio: Manejo de residuos contaminantes

Frecuencia: Anual

Descripción del indicador: Los antibióticos (AMs) son utilizados en los sistemas ganaderos para el tratamiento de las infecciones bacterianas. Si bien su uso ha beneficiado a la producción animal, son contaminantes que se introducen en el medio ambiente a través de la ganadería y que pueden afectar a la salud humana (Hao et al., 2014; Schar et al., 2018; Weese et al., 2015). El excremento de los animales de producción es la principal fuente de eliminación de antibióticos. Entre el 17% y el 90 de los antibióticos administrados, se elimina a través de las excretas (Kumar et al., 2012; D. Massé et al., 2014), se considera una de las fuentes más importantes de residuos antibióticos en la ganadería (EMA, 2021). De esta forma, el manejo y la cuantificación de la eliminación de sus residuos es crucial para el desarrollo de una agricultura sostenible (FAO 2017).

$$\text{Índice de Consumo de Antibiótico (\%)} = \frac{\text{Cantidad de principio activo (t)}}{\text{Biomasa animal producida por especie (t)}} \times 100$$

La FAO (2020) estimó que en 2017 se utilizaron 93.309 toneladas de AM en pollos, bovinos y cerdos, y se prevé que aumente un 11,5% hasta 104.079 toneladas en 2030 (Tiseo et al., 2020). Dado que residuos de contaminantes provenientes de la ganadería son una amenaza para los recursos naturales,

y considerando el efecto acumulativo de los residuos, se hace necesario vigilar las consecuencias medioambientales (FAO, 2017). Esto se debe realizar cuantificando el uso, en base a los lineamientos de la organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), del Código Sanitario para los Animales Terrestres “Seguimiento de las cantidades y patrones de utilización de agentes antimicrobianos en los animales destinados a la alimentación y en animales acuáticos” (OIE 2021). Actualmente, en concordancia con el Plan Nacional Contra la Resistencia a los Antimicrobianos, el SAG está implementando un sistema digital para el uso de la receta electrónica en distintas cadenas de producción ganadera. Esto permitirá cuantificar la cantidad de principio activo utilizado de acuerdo con la cantidad de biomasa ganadera de diferentes especies (Minsal, 2020). Esto permitirá construir el indicador.

El Índice de Consumo de Antibiótico (%), es un proxy del manejo de residuos contaminantes (EFSA, 2021).

Se estima que el sistema digital para uso de la receta electrónica en distintas cadenas de producción ganadera del SAG (No operativo a la fecha). Actualmente solo están disponibles datos de declaración de venta de antimicrobianos en especies productivas terrestres (no diferencia por especie).

No existe información de la cantidad principio activo utilizado. Actualmente el SAG, realiza el seguimiento del uso de agentes antimicrobianos considerando los datos sobre la venta de antimicrobianos (expresados como kilos de principio activo), a través del formulario para efectuar la declaración de venta según la Resolución N° 5.571 de 2017 (SAG 2019). Cuantificar la cantidad de antibióticos utilizados en la ganadería nacional es un desafío pendiente.

Contribución a ODS:

2, Poner fin al hambre, punto 2.4 (Asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción),

12, Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, punto 12.4 (lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente)

Número de especies exóticas, asilvestradas o naturalizadas en Chile

Ámbito: Ambiental

Principio: Biodiversidad

Frecuencia con que se mide: Cada 5 años (Oliva et al. 2016, 2020).

Descripción del Indicador: Valor de Importancia en relación con la frecuencia y cobertura de las especies exóticas, asilvestradas o naturalizadas, en agroecosistemas de uso silvoagropecuario (IEMA, 2020).

No existe cartografía de los agroecosistemas de uso silvoagropecuario, para todas las regiones del país. No existen registros históricos permanentes de especies exóticas y sus impactos sociales, ambientales y económicos sobre los agroecosistemas. Tampoco se sabe cuál es el efecto del cambio climático sobre las especies exóticas; no existiendo herramientas científicas y objetivas, para diseñar políticas que ayuden a mejorar la conservación de la diversidad biológica en los agroecosistemas en Chile.

La introducción de especies no nativas (exóticas) que se convierten en invasoras (plagas) es una causa muy importante de pérdida de biodiversidad a nivel global. Estas especies que provienen de sitios lejanos de manera accidental o deliberada depredan a las especies nativas, compiten con ellas, transmiten enfermedades, modifican los hábitats causando problemas ambientales, económicos y sociales (CBD, 2002; FAO, 2020).

La pérdida y fragmentación de hábitat generada por la introducción de especies forrajeras, para aumentar el valor nutricional de la cubierta vegetal para la ganadería, afecta negativamente la abundancia y riqueza de las especies nativas, y aumenta los procesos de invasión de especies exóticas. Se considera un indicador directo.

Se podrían instalar a nivel predial en los diferentes agroecosistemas, Monitores Ambientales (MA)

Esta es una herramienta precisa y estándar, que sirve para evaluar los cambios en la composición y estructura de la vegetación, suelo y paisaje.

Índice Especies exóticas (%)

$$= \frac{\text{Número de especies exóticas (año t)} - \text{Número especies exóticas reportadas año (2017)}}{\text{Número especies exóticas reportadas}} \times 100$$

Se considera como fuente de datos a SAG, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), así como también el Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/ naturalizadas del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2017).

Este indicador busca medir el número de especies exóticas asilvestradas o naturalizadas en todos los territorios de Chile.

Contribución ODS: 15

Superficie natural o seminatural en el predio y paisaje (ha)

Ámbito: Ambiental

Principio: Biodiversidad

Frecuencia con que se mide: Cada 5 años (Oliva et al. 2016, 2020).

Consideraciones generales: La agricultura (incluyendo ganadería), es uno de los principales motores de pérdida de biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, a partir del cambio de uso de suelo, compactación y degradación de los suelos y contaminación de aguas, entre otros. Afecta la biodiversidad a distintos niveles jerárquicos de organización (genético, poblacional, comunitario y de paisajes) y a múltiples escalas espaciales (predio a paisaje), y temporales. Los indicadores, por tanto, deben considerar múltiples escalas (Noss, 1990; OCDE, 2001). El IEMA 2020 lista 59 indicadores de Biodiversidad para medir el estado del medio ambiente. 24 (de los 103) indicadores ambientales de la ODS corresponden a biodiversidad.

Descripción del Indicador: Proporción (%) o área (en hectáreas), de remanentes de hábitat natural (nativo) y seminatural en el predio y paisaje. Cambio de superficie en el tiempo (puede ser otro indicador o el mismo) (FAO, 2020). Se considera deseable 30-40% de remanente nativo (Arroyo-Rodríguez 2020, DS 25 protección de musgo).

No existe información de la pérdida de hábitat para todas las regiones del país. Usualmente se evalúa para bosques (Maulino, templado), pero no para otros tipos de biomas terrestres (e.g., matorral esclerófilo, semi-árido). En Chile y en el mundo, el cambio de uso de suelo desde sistemas naturales a terrenos de uso agrícola es uno de los principales factores que afectan la biodiversidad (Informe País, 2018). La pérdida y fragmentación de hábitat afectan negativamente la abundancia y riqueza de especies, y las funciones ecosistémicas, y aumenta la invasión de especies exóticas (Marquet et al., 2019; MMA, 2020). A mayor cantidad de hábitat natural o seminatural en el paisaje agrícola y a mayor heterogeneidad de estos paisajes, mayor es la

biodiversidad (Fahrig et al., 2011). Es un indicador que agrupa los numerosos indicadores listados en el IEMA (2020). El indicador “Superficie forestal como proporción de la superficie total”, es el que más países han implementado (Léonard, 2020).

Es fácil de medir (fotografías aéreas) y pertinente.

La cantidad de hábitat natural (nativo) o seminatural (setos vivos arbóreos, árboles aislados) en el predio y en el paisaje es un proxy de la biodiversidad remanente en un paisaje agrícola/ganadero (Fahrig et al. 2011).

Fuente de datos: Datos satelitales de cambio de uso del suelo a nivel país
Desafío que aborda el indicador: medir la superficie y pérdida de hábitat natural y seminatural en todos los territorios de Chile.

Contribución a ODS: 15 (Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica). 13, (al mantener más bosques, se contribuye a la captura de Gases de Efecto Invernadero).

Emisiones de metano/cabeza animal

Ámbito: Ambiental

Principio: Cambio climático

Unidad: kg CH₄/cabeza/año

Frecuencia: Cada dos años

Descripción del Indicador: La emisión de metano de origen entérico (CH₄) es una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global (IPCC, 2021).

Existe información para la serie de tiempo 1990–2018, en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de Chile (2020). La actualización se realiza cada dos años, e incluye una ampliación de la serie de tiempo reportada y la revisión del indicador, por cambios en los datos de caracterización productiva o de los parámetros asociados al cálculo del factor de emisión de CH₄, para los sistemas productivos ganaderos nacionales (MMA, 2020).

Para aquellos sistemas ganaderos que constituyen una categoría clave en el INGEl la estimación de las emisiones se realiza con información país específica (ganadería bovina y producción de cerdos) incluyendo la desagregación para sistemas productivos estabulados o de pastoreo

(bovino), mientras que para sistemas productivos de menor impacto en el INGEI (aves, ovinos y otras categorías animales), las emisiones calculadas utilizan factores de emisión estándares a nivel internacional (IPCC, 2006).

Este es un indicador directo, para vacas lecheras en 2018 el valor alcanzó a 87,15 kg CH₄/cabeza/año, con un incremento de 11% desde 1990. Para producción bovina, es posible generar un indicador asociado, la intensidad de emisión, esto es kg CH₄/kg leche, lo que permitiría reportar avances en la eficiencia productiva.

Este indicador se utiliza ampliamente a nivel global, reportándose además a la UNFCCC como parte de la reportería de inventarios GEI a nivel internacional. Asimismo, puede obtenerse del Inventario nacional GEI, permitiendo al sector evaluar su avance en la reducción de emisiones de GEI del sector y contribución a las metas NDC.

Contribución a ODS:

13, Acción por el clima

13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales

12, Producción y consumos responsable

12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales

Conversión de praderas/pastizales

Principio: Biodiversidad

Unidad: ha

Frecuencia: cada 5 años

Descripción del Indicador: Las praderas y pastizales mantienen una cobertura permanente del suelo y aumentan los inputs de raíces y residuos al suelo. Este aporte de carbono ocurre frecuentemente bajo el suelo por la renovación de raíces y el consecuente aumento de actividad microbiana (Don et al., 2011; Li et al., 2012). De acuerdo con el IPCC (2006), los suelos minerales (<12% materia orgánica) pierden 20-40% del stock original cuando se convierten de praderas a cultivos, mientras que Sanderman et al. (2017) indican que esta conversión reduce en promedio un 31.2% y un 26.1% del carbono original entre 0-30 cm y 0-100 cm, respectivamente. Evitar la conversión de praderas y pastizales a tierras de cultivo ayuda a conservar carbono en el suelo y potenciar su captura cuando son bien manejadas.

Al existir un mapa detallado de cobertura de suelos de Chile, disponible en forma pública (Zhao et al., 2016), el indicador podría aplicarse a nivel país. Sería necesario hacer actualizaciones periódicas para estimar conversión desde y hacia praderas. Se considera como fuente de datos imágenes satelitales y bases de datos, utilizando metodología de Zhao et al. (2016).

Contribución a ODS:

13, Acción por el clima, ya que reduce las emisiones de CO₂ (al evitar la conversión)

6, Agua limpia y sanitización, ya que tiene como ayuda a mantener la cobertura de vegetación, lo que reduce la erosión y escorrentía superficial

5.4. INDICADORES PARA LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

Consientes que la actividad ganadera debe ser rentable económicamente para quien la desarrolla, se han priorizado indicadores orientados a determinar la eficiencia productiva.

Proteína animal producida /existencias ganaderas

Unidad: kg de proteína/Unidad Animal (UA)

Ámbito: Económico

Principio: Productividad

Frecuencia con que se mide: Anualmente

Descripción del Indicador: Este indicador se relaciona con la productividad de cada uno de los subsectores dentro de la producción animal (leche bovina, carne bovina, carne ovina, carne de cerdo, carne ave, huevos). Para que el indicador sea aplicable y tenga utilidad debe ser estimado considerando como variables de agrupación la especie, producto de que se trate y sistema productivo, además de utilizar un horizonte temporal estandarizado de un año. Para la estimación del numerador se utilizarán como fuentes de información las estadísticas de leche entregada a planta, faena bovina, ovina, porcina y avícola, además de producción de huevos, según registros de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Existe información anexa que podría utilizarse en forma complementaria del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), asociaciones de productores y plantas faenadoras.

Para el cálculo del denominador, se debe contar con la información de las existencias ganaderas ligadas a cada producto. Para ello, se utilizará la información obtenida a través de las encuestas ganaderas y/o censos agropecuarios realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) a nivel nacional. También podría utilizarse como indicador de existencias las estadísticas anuales que entrega la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a través de su sistema FAOSTAT ([www.http://www.fao.org/faostat/es/](http://www.fao.org/faostat/es/)).

La información para algunos productos puede no estar disponible en forma sistemática, particularmente en el caso de las encuestas de ganado y censos pecuarios. Asimismo, existen niveles productivos que no cuentan con estadísticas actualizadas, como es el caso de la Agricultura Familiar Campesina (AFC) y rebaños menores a 60 cabezas de ovinos o menores a 10 cabezas de bovinos.

Este indicador puede ser aplicado a los diferentes rubros y sistemas productivos, a diferentes macrozonas nacionales, o bien integrado para determinar un indicador global nacional. Con la obtención de este indicador se pretende evaluar la productividad de cada sistema de producción evidenciando ventajas/desventajas comparativas y el desafío de aumentar la productividad de los sistemas de producción menos especializados.

Tipo de indicador: indicador directo.

Para la estimación del numerador, se debe estandarizar cada producto según su contenido de proteína. En el caso de producción de carne se usarán relaciones específicas de peso vivo a carcasa y de carcasa a carne, contenido óseo y contenido proteico. En leche, se expresará la producción en términos estandarizados respecto a los contenidos de grasa y proteínas, mientras que, en producción de huevos en función de su contenido proteico, de manera similar al proceso de estandarización propuesto por Opio et al. (2013) y Vetter et al. (2018) para la determinación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero. De este modo, el numerador quedará expresado en kilos de proteína al año. Se podrá generar un indicador global de proteína producida a nivel nacional al año, como también para cada producto por separado. Ello puede ser importante al existir la posibilidad de que un producto pueda incidir de forma variable en años sucesivos.

Para la estimación del denominador, la información pertinente corresponde a la existencia de cada especie animal, considerando distintas categorías animales para su transformación en unidades animales presentes en un año. En el caso de aves y cerdos en sistemas intensivos la información será obtenida a partir de asociaciones de productores y las estadísticas de ODEPA e INE. En el caso de pequeños productores de aves y cerdos se necesitará información adicional asociada a la longitud de los ciclos productivos, para esto será necesaria la búsqueda de información secundaria y/o la realización de encuestas de caracterización de estos sistemas de producción. Para estandarizar las existencias de animales por especie y categorías se transformarán a equivalentes de unidad animal.

Este indicador permite estimar los niveles de proteína generados en los sistemas ganaderos nacionales en relación a la unidad animal presente. En el tiempo permitirá monitorear tendencias globales a nivel nacional o bien por producto o rubro.

El principal desafío para la implementación de este indicador es la estimación de datos locales, particularmente relacionados con sectores de estadísticas más deficientes.

Contribución a ODS:

2, hambre cero: apoyando una mayor eficiencia en la producción de proteínas de origen animal.

10, reducción de las desigualdades: en la medida que busque apoyar el desarrollo de estrategias de mejora de la productividad de los sistemas de agricultura familiar campesina (AFC),

12, producción y consumo responsable: en la medida que las estrategias propuestas sean basadas en los principios de la producción sostenible.

Evolución comparativa de la productividad pecuaria

Unidades: kg de producto/unidad de superficie

Ámbito: Económico

Principio: Brecha de productividad

Frecuencia: Cada dos años.

Descripción del Indicador: Este indicador debe construirse por rubro, ya que los productos tienen características diferentes y difíciles de tratar como un indicador global. Este indicador considera la cantidad de producto generado en relación a la superficie sobre la cual se genera (kg de carne/ha, kg de leche/ha).

Se requiere un estimador de productividad de los diferentes rubros de la ganadería, que permitan establecer el valor de línea base y poder comparar con valores internacionales para definir brechas. En este sentido, se recomienda aplicarlo para los rubros de producción de carne bovina y ovina y de producción de leche bovina, permitiendo establecer un sistema de benchmarking para establecer sustentabilidad en relación a la situación mundial. Se considera un indicador directo, dado que se debe construir a través de fuentes de información de diferentes fuentes.

Para su cálculo se requiere:

Rubro Carne: Se calcula la producción de carne bovina u ovina (t) como el producto de las existencias (cabezas) y la productividad vacuna (kg/cab) = tasa de extracción * peso de canal). La tasa de extracción (TE) es la proporción de animales faenados con respecto a las existencias bovinas y el peso de canal es el peso de la carcasa (PC, kg/cab). Se expresa en términos de superficie (kg/ha).

Rubro Leche: Se calcula la producción de leche bovina (PL) como el producto de las existencias (cabezas) y la productividad vacuna (kg leche/cab). Se expresa en términos de superficie (kg/ha).

Para el análisis de brechas de rendimiento, se establecen comparaciones con dos grupos de países: una selección de países latinoamericanos con sistemas ganaderos susceptibles de comparar y, por otra parte, con un grupo seleccionado de países OCDE con sistemas ganaderos también comparables (p.ej. sistemas pastoriles). Se podría utilizar estadística del tipo FAOSTAT para obtener los datos.

Por ejemplo, para el caso de la producción de carne, se estima la productividad actual como el producto entre TE y PC para cada país. La productividad potencial (PCp) se estima con los valores máximos de Tasa de extracción TE (TE_m) y PR (PR_m) del grupo de países de referencia. La relación PCr/PCp para cada país se considera como un indicador de la proporción de la productividad potencial de carne que es alcanzada. La brecha de rendimiento se calcula como $1 - \text{PCr/PCp}$.

El principal desafío para la implementación de este indicador es que no existe información actualizada anual para todos los rubros y regiones/ países. La obtención de datos de la AFC también puede ser una limitante. En

una primera etapa, se podrían considerar sólo valores nacionales, utilizando un estrato de tecnología alta como referencia para la brecha, que así pueda llevar a generar una desviación de la productividad real.

Tipo de indicador: indicador directo

Contribución a ODS

2, Hambre cero, con su objetivo específico 2.3,

8, Trabajo decente y crecimiento económico en su objetivo específico 8.2.

Uso de recursos económicos en programas con foco en la sustentabilidad

Ámbito: Económico

Principio: Fomento a programas sustentables

Unidad: Medido en pesos (unidad monetaria), expresado como porcentaje del total

Frecuencia: Anual

Descripción del Indicador: Este indicador busca medir el porcentaje de dinero, de la cantidad total destinada a los programas financiados por el Minagri (a través de sus distintas entidades tales como INDAP, INIA, SAG, CONAF, etc.), que realmente es utilizado en programas con un foco en la sustentabilidad. Lo anterior, en el entendido que no todos los programas financiados, a través de las distintas unidades dependientes del Minagri, tienen foco en estimular prácticas sustentables y, a veces cuando sí tiene ese fin, sucede que no todo el dinero es efectivamente utilizado por razones diversas. Este indicador está en línea con los planteado por el Global Sustainability Standards Board (GSSB), que forma parte del Global Report Initiative (GRI).

$$\text{Recursos I + D + i ganadería} = \frac{\text{Presupuesto ejecutado en proyectos sobre sustentabilidad}}{\text{Presupuesto total ejecutado}} \times 100$$

La información para este indicador existe en Minagri, a partir de los presupuestos efectivamente ejecutados por sus distintos servicios. En este sentido se debe establecer la cantidad agregada total utilizada en los programas que son desplegados, de forma directa o a través de las instituciones que de él dependen, tendientes a conseguir los lineamientos estratégicos que tiene definido.

El primer desafío es establecer cuáles son los requisitos/características que debiese tener un programa gestionado por alguno de los servicios dependientes del MINAGRI para ser considerado como un programa que fomenta la sustentabilidad. A partir de esto, el segundo desafío consiste en la recopilación de las partidas presupuestarias ejecutadas destinadas a programas de apoyo o fomento en general y las que tuvieron foco en sustentabilidad, información que debería ser aportada por cada una de las unidades gestoras de esos recursos.

Contribución a ODS:

9, “Industria, Innovación e Infraestructura”,
11.a,

Uso de recursos económicos en proyectos de I+D+i para la sustentabilidad de la ganadería

Ámbito: Económico

Principio: Fomento a programas sustentables

Unidad: Medido en pesos (unidad monetaria), expresado como porcentaje del total

Frecuencia: Anual

Descripción del Indicador: Este indicador busca medir el porcentaje de dinero, de la cantidad total destinada a los proyectos con un foco en la sustentabilidad financiados por agencias de financiamiento de I+D+i nacionales (ANID, FIA, CORFO). Lo anterior, en el entendido que el financiamiento puede ser circunstancial y variable a lo largo del tiempo según los énfasis de las fuentes de financiamiento limitando el desarrollo de líneas de investigación de mediano y largo plazo en temáticas de sustentabilidad de la ganadería.

$$\text{Recursos I + D + i ganadería} = \frac{\text{Presupuesto ejecutado en proyectos sobre sustentabilidad}}{\text{Presupuesto total ejecutado}} \times 100$$

La información para este indicador existe en MinCiencia (ANID), Minagri (FIA), a partir de los presupuestos efectivamente ejecutados en los concursos financiados cada año.

El principal desafío consiste en la recopilación de las partidas presupuestarias ejecutadas destinadas a proyectos ligados a la sustentabilidad, información que debería ser aportada por cada una de las unidades gestoras de esos recursos.

Contribución a ODS:

9, Industria, Innovación e Infraestructura

5.5. INDICADORES PARA LA DIMENSIÓN SOCIAL

La actividad ganadera no es sólo una actividad económica y representa muchas veces una forma de vida. Asimismo, contribuye al desarrollo familiar. De esta forma se han propuesto indicadores que permiten ar cuenta del pilar de sustentabilidad social.

Porcentaje de concentrados proteicos de origen foráneo utilizados en alimentación animal (PCPF)

Ámbito: Social

Principio: Seguridad Alimentaria

Frecuencia con que se mide: Anualmente

Descripción del indicador: La autosuficiencia alimentaria es clave en la sostenibilidad de la actividad agropecuaria, ya que protege al país de las fluctuaciones de precios de los alimentos pecuarios, a la vez que disminuye las huellas de carbono y agua de los sistemas productivos.

A pesar de existir la información para el cálculo del indicador, no existen investigaciones en la que se estime el indicador propuesto a nivel nacional. A nivel internacional diversos estudian proponen indicadores similares para evaluar la autosuficiencia en la alimentación pecuaria (Li et al., 2021; FAO, Food, 2001). Así, Li et al., (2021), cuantifican la suficiencia alimenticia, como un índice de balance definido como:

$$BI_{ij} = (P_{ij} - D_{ij}) / D_{ij}$$

Donde P_{ij} y D_{ij} son producción anual, y demanda anual de i alimentos o grupos de ingredientes (t año⁻¹) y j región o zona geográfica, permitiendo el uso de este indicador a nivel comunal, provincial, regional y nacional.

Este indicador pretende evaluar la suficiencia alimentaria de la ganadería chilena en relación con las fuentes de proteínas. El indicador corresponde a la siguiente relación:

$$PCPF = \frac{\text{Concentrados proteicos importados para alimentación animal}}{\text{Consumo nacional de concentrados proteicos para alimentación animal}} \times 100$$

Como concentrado proteico se considera aquellos ingredientes dietarios que contienen más de 20% de PC y menos de 18% de FC. A continuación, se detalla la información requerida para la estimación del indicador, así como los supuestos a considerar.

- Consumo/demanda nacional.
 - » Existencias animales. Las especies animales que serán consideradas como demandantes de los concentrados proteicos incluyen aves, cerdos, bovinos de leche y carne, caprinos lecheros y carniceros, ovinos y mascotas. Para la obtención de estos datos se utilizará la información obtenida a través de Censos Agropecuarios y Encuestas ganaderas (INE, 2022 y ODEPA) y estudios de mercados. En caso de no existir la información será necesaria la realización de encuestas.
 - » Consumo de concentrado proteico por animal. El consumo de concentrado de cada especie animal será estimado en función del sistema de producción, cuya definición a su vez se asociará a la carga animal. La información de carga animal será obtenida desde Censos Agropecuarios y Encuestas ganaderas (INE, 2021 y ODEPA, 2021). En el caso de mascotas, el consumo de concentrados proteicos será estimado en relación con la composición de los alimentos presentes en el mercado. Como primera aproximación se reporta, según fuentes internacionales, que el consumo de concentrados proteicos oscila entre 10-20% en bovinos, menos de 10% en rumiantes menores, entre 15-30% en aves y cerdos y hasta un 50% en mascotas.
- Producción nacional de concentrados proteicos. Como una forma de validar el denominador del indicador (consumo nacional de concentrados proteicos) se realizará la estimación de la producción nacional de granos de oleaginosas, residuos del procesamiento de estas, granos de leguminosas orientadas al consumo animal, granos de leguminosas de descarte, harinas de origen animal (carne, vísceras

y huesos; harinas de pescado). Además, será necesario contar con información generada por intermediarios en la Alimentación Animal, como Fábricas de alimentos para animales y/o distribuidores, y agroindustrias productoras de residuos. En relación con los productos provenientes desde intermediarios existe información nutricional, no así volúmenes. Para la obtención de la información requerida para la definición de este ítem se utilizará como fuentes ODEPA, el Servicio de Impuestos Internos (SII) y estudios de mercados.

- Importación de concentrados proteicos. La definición de concentrados proteicos incluirá los siguientes productos: granos de oleaginosas, granos de leguminosas, residuos de oleaginosas, residuos de destilería de granos como maíz y trigo y harinas de origen animal. Para la obtención del volumen de cada alimento importado se recurrirá a la información disponible en Aduanas y ODEPA. En el indicador Bij, del índice determinado por Li *et al* (2021), la cantidad a importar se obtiene cuando este valor es negativo.

Teniendo en cuenta la superficie cultivada con leguminosas de grano y oleaginosas (Censo Agropecuario), la industrialización de estos productos, la industrialización de alimentos de origen animal es posible cuantificar la producción y disponibilidad de concentrados proteicos a nivel nacional. El costo asociado al transporte, dependiente del costo del petróleo en el mercado internacional, y la fluctuación del dólar, son parámetros a considerar en el cálculo de costos de producción de los sistemas pecuarios y estimación de rentabilidad de los distintos rubros pecuarios. Estos aspectos se relacionan con las existencias de animales, no solo las productivas principales (aves, cerdos, peces, bovinos, ovinos, caprinos y equinos) sino también con otras especies de menor importancia comercial, pero con marcada importancia local (Alpacas, Llamas y guanacos) (INE). Los factores antes mencionados indican que se requiere la determinación a nivel país de la capacidad de autoabastecerse en concentrados proteicos como ingredientes dietarios para el sector agropecuario.

Este es un indicador directo, ya que es calculado directamente desde fuentes de información secundaria. Como fuentes de datos se considera relevantes el Censo Agropecuario, Aduana, asociaciones de productores (ASPROCER, APA, ASOHUEVO, corporación de la carne, entre otros), información de productores sobre porcentaje de consumos de concentrados proteicos y ODEPA.

Este indicador busca determinar la capacidad a nivel país para autoabastecerse de alimentos para animales.

Contribución a ODS

12, producción y consumo responsable

Porcentaje del consumo de carne que es importada (PCI)

Ámbito: Social

Principio: Seguridad Alimentaria

Frecuencia con que se mide. Anualmente

Descripción del indicador: A pesar de existir la información para el cálculo del indicador, no existen investigaciones en la que se estime el indicador propuesto a nivel nacional. A nivel internacional FAO (2012) propone como indicador, para cualquier producto alimenticio, la razón de autosuficiencia (Self-sufficiency ratio (SSR)), definido como:

$$SSR = \frac{Producción * 100}{(Producción + importación - importación)}$$

El SRR puede ser medido en volumen, calorías o monetariamente.

La autosuficiencia alimentaria es clave en la sostenibilidad de la actividad agropecuaria, ya que protege al país de las fluctuaciones de precios de los alimentos pecuarios, a la vez que disminuye las huellas de carbono y agua de los sistemas productivos.

El indicador reporta la dependencia del país de las importaciones de carne, siendo un indicador de la seguridad alimentaria del consumo de carne a nivel nacional.

Correspondiente a la relación:

$$PCI = \frac{Consumo de carne importada}{Consumo de carne total} \times 100$$

Para la estimación de este indicador se considerarán las siguientes especies pecuarias: Bovinos, broilers, cerdos, ovinos y caprinos. A continuación, se detalla la información requerida para la estimación del indicador, así como los supuestos a considerar.

- Consumo/demanda nacional. Para la estimación de la demanda se utilizarán dos variables: población nacional y consumo per cápita de carne

- » Población nacional. La población nacional será obtenida a través del Censo de población (INE, 2021)
- » Consumo per cápita de carne. Para determinar el consumo per cápita de carne será necesario conocer el consumo a nivel de cada una de las especies pecuarias, procediendo posteriormente a su suma. A nivel nacional existen estimaciones del consumo por especie provenientes de las respectivas asociaciones de productores (ASPROCER, APA, Corporación de la Carne, entre otros) y estudios de ODEPA.
- Importaciones de carne. Para la estimación de las importaciones de carne se recurrirá a la información disponible en Aduana (2021) y ODEPA (2021)

Considerando que gran parte de la producción nacional de carne (cerdo/aves) se exporta se evaluará la pertinencia de la utilización del indicador autoabastecimiento de carne (PAC), el cual será definido como:

$$PAC = \frac{\text{Producción de carne nacional}}{\text{Consumo de carne total}} \times 100$$

Para la determinación de la producción de carne nacional se utilizará información disponible en ODEPA (2021), FAOSTAT (2021), plantas faenadoras, asociaciones de productores y datos del Censo Agropecuario (INE, 2021).

Considerando la tendencia a la baja del número de cabezas bovinas a nivel nacional durante los últimos censos agropecuarios (INE, 2021) y la dependencia de países como Brasil, Argentina y Uruguay de las exportaciones de carne bovina (ODEPA, 2021), así como también el volumen de exportación de carne de cerdo y aves, se requiere la determinación a nivel país de la capacidad de autoabastecerse de carne.

Este es un indicador directo, ya que es calculado directamente desde fuentes de información secundaria. Como fuentes de datos se considera el Censo de población, Aduana, asociaciones de productores (ASPROCER, APA, corporación de la carne, entre otros) y ODEPA (2021).

Este indicador busca determinar la capacidad a nivel país para autoabastecerse de alimentos de origen animal.

Contribución a ODS:

12, producción y consumo responsable.

Personal capacitado

Ámbito: social

Principio: Bienestar Animal

Unidades: Número de trabajadores capacitados/total trabajadores

Frecuencia: Anual

Descripción del Indicador: Este indicador puede ser aplicado a todos los sistemas de producción independiente de la especie y producto. Gran parte de los problemas de bienestar que presentan los animales están asociados a malos manejos que resultan de un desconocimiento de las necesidades biológicas y conductuales de los animales, sumado a problemas de infraestructura. Capacitar al personal encargado de los animales resulta en mejoras del bienestar animal lo que se ve reflejado en una reducción de las respuestas de miedo y estrés, disminución de lesiones y de conductas no deseadas. Por otra parte, al capacitar al personal se han registrado una mejora en la percepción de calidad de vida del personal, mejoras en los salarios y satisfacción laboral, y reducción de los accidentes laborales. En el caso particular de Chile es obligación que tanto en los planteles de producción, ferias ganaderas, durante el transporte y en la planta faenadora exista a lo menos una persona encargada del bienestar animal. De acuerdo con los decretos 28, 29 y 30 estas personas deberán contar con un curso de capacitación dictado por una entidad autorizada por el Servicio Agrícola y Ganadero y que cumpla con los requisitos indicados en la resolución N°4380. La necesidad de tener personal capacitado en temas de bienestar animal también ha sido levantada como un desafío por parte de la comunidad europea a través la Estrategia de la unión europea para la protección del bienestar de los animales.

Indicador: (porcentaje de transportistas capacitados, porcentaje plantas faenadoras con personal capacitado, personal predio capacitado, porcentaje de mujeres capacitadas sobre total capacitados, número de profesionales formados como capacitadores oficiales.

Información para su estimación se encuentra en Registro SAG de personas capacitadas a través de cursos autorizados asociados a los decretos 28, 29 y 30.

Contribución a ODS:

5, igualdad de género,
8, trabajo y crecimiento económico.

Radio de faena

Ámbito: social

Principio: Bienestar Animal

Unidad: kilómetros desde centro de producción a centro de faena

Frecuencia: Anual

Descripción del Indicador: Este indicador puede ser aplicado a los sistemas de producción de carne (bovinos, ovinos, cerdos, aves, equinos). Busca establecer la distancia (km) que deben ser transportados los animales para ser faenados, considerando que el transporte es uno de los manejos más estresantes en los animales de abasto. A mayor tiempo de viaje, mayor será la respuesta de estrés del animal, repercutiendo en su conducta, fisiología e indicadores productivos y cualitativos. Durante el transporte los animales podrían sufrir por diseño inadecuado de los vehículos, manejos inapropiados, fatiga, falta de agua por periodos prolongados de tiempo. También existe un impacto ambiental asociado al uso de combustibles fósiles y la emisión de GEI. El impacto en las personas está asociado al impacto económico generado por los elevados costos de transporte y a las pérdidas asociadas a la presencia de contusiones en los animales y a la presentación de cortes DFD en la carne, como consecuencia de una respuesta de estrés crónica en los animales.

En Chile los tiempos de transporte se encuentran regulados a través del decreto 30 (protección del ganado durante el transporte), el cual establece un tiempo máximo de 24h continuas, luego de lo cual los animales deberán descansar por al menos 8 horas y recibir alimento y agua.

La información para la estimación de este indicador puede encontrarse en la planta de faena y el Servicio Agrícola y Ganadero.

El desafío de acortar los tiempos de transporte de animales vivos para disminuir los problemas de bienestar animal asociados, costos de transporte, pérdidas por mermas en calidad de carne, baja de categoría y las emisiones de CO₂ asociadas al transporte (terrestre y marítimo en el caso chileno), además promover la producción y empleo local.

Contribución a ODS:

8, trabajo y crecimiento económico,
12, producción y consumo responsable,

Porcentaje de sistemas con plan de contingencia

Ámbito: social

Principio: Bienestar Animal

Unidad: número de sistemas productivos o plantas con plan/total de sistemas o plantas

Frecuencia: Anual

Descripción del Indicador: Debido a la globalización y al cambio climático existe un aumento en el riesgo de presentación de eventos de origen antropogénico y naturales que pueden resultar en afectación del bienestar de los animales en los sistemas ganaderos. Dentro de estos eventos o situaciones de desastres se encuentran los brotes de enfermedades infecciosas, ingreso de patógenos emergentes y reemergentes, aluviones, incendios, terremotos, presencia de sustancias tóxicas entre otros. La identificación de estos posibles escenarios permite el desarrollo de planes de contingencia que incorporen medidas de prevención y mitigación, respuesta y recuperación. La implementación de los planes de contingencia permite mitigar los problemas de bienestar animal y evitar sufrimientos innecesarios, independiente de la especie o sistema de producción en el que se encuentre, además de prevenir la propagación de enfermedades a otros planteles, a las especies silvestres o su traspaso al ser humano en el caso de los patógenos zoonóticos.

Actualmente los decretos 28, 29 y 30 sobre protección de los animales obliga a contar con planes de contingencia en los sistemas productivos, medios de transporte y plantas faenadoras. El cumplimiento de esta normativa se fiscaliza a través de pautas de verificación del SAG. Tanto la Organización Mundial de Sanidad Animal como gobiernos de países europeos y Estados Unidos recomiendan la existencia de planes de contingencia para la protección del bienestar animal en situaciones de emergencia.

La implementación de planes de contingencia en situaciones de desastre no sólo protege el bienestar de los animales, sino que también permiten incrementar la capacidad de resiliencia de las comunidades, proteger los hábitats, proteger fuentes de trabajo y la seguridad alimentaria.

La información para la estimación de este indicador puede encontrarse en SAG, a través de la información recopilada por medio de las planillas de verificación de BA al momento de la fiscalización.

El desafío es aumentar la capacidad de fiscalización del SAG, actualmente las fiscalizaciones son a un porcentaje aleatorio de los sistemas productivos por región, por lo que se podría contar con información parcial respecto a la implementación del indicador.

Contribución a ODS:

12, producción y consumo responsable.

3, Salud y Bienestar,

Usuarios participantes en programas con foco en la sustentabilidad

Ámbito: Social

Principio: Fomento a programas sustentables

Unidad: Número de personas

Frecuencia: anual

Descripción del Indicador: Este indicador busca medir el porcentaje de usuarios que participan en programas con foco en la sustentabilidad, con respecto al total usuarios que son beneficiarios de los programas gestionados por el MINAGRI o a través de sus distintas entidades tales como INDAP, INIA, SAG, CONAF, etc. Este indicador entregará un porcentaje de usuarios con respecto al total, que permitirá no solo ir contrastando el interés de las comunidades y territorios en capacitarse en distintas iniciativas que propendan a prácticas sustentables, sino que también (en base a la literatura), es esperable que esto se traduzca en el tiempo en inversiones en procesos y técnicas productivas más sustentables, así como una mayor conciencia social referente al tema. Este indicador está en línea con los planteado por el Global Sustainability Standards Board (GSSB), que forma parte del Global Report Initiative (GRI).

$$PAC = \frac{\text{Producción de carne nacional}}{\text{Consumo de carne total}} \times 100$$

Fuente de datos: Datos del Minagri, a partir del catastro de usuarios que toman parte en los distintos programas desarrollados de forma directa o a través de las unidades de servicios que dependen de él.

Los desafíos para la cuantificación de este indicador incluyen establecer cuáles son los requisitos/características que debiese tener un programa gestionado por alguno de los servicios dependientes del MINAGRI para ser considerado como un programa que fomenta la sustentabilidad. Posterior a esto, recopilar el número de personas participantes en programas de apoyo o fomento en general y las que tuvieron foco en sustentabilidad, información que debería ser aportada por cada una de las unidades que los gestionan.

Contribución a ODS:

8.2, 8.3, 8.4,
9.a, 9.b y 9.c,

Horas de capacitación a usuarios hombres y mujeres de programas en temáticas con foco en la sustentabilidad

Ámbito: Social

Principio: Fomento a programas sustentables

Unidad: Número de horas

Frecuencia: anual

Descripción del Indicador: Este indicador busca medir el porcentaje de horas de capacitación efectivamente recibidas por usuarios de los programas impulsados por el MINAGRI o sus unidades de servicios, que tienen una orientación directa en temáticas vinculadas con la sustentabilidad. Este indicador entregará un porcentaje de horas de capacitación impartidas con respecto al total, que permitirá ir contrastando el interés de los usuarios y, por extrapolación, las comunidades en capacitarse en temáticas vinculadas con prácticas sustentables. Estas capacidades deberían, en el medio-largo plazo, impactar en el uso de procesos y técnicas productivas más sustentables, así como una mayor conciencia social referente al tema. Este indicador está en línea con los planteado por el Global Sustainability Standards Board (GSSB), que forma parte del Global Report Initiative (GRI).

$$\text{Capacitación} = \frac{\text{Número horas de capacitación en temas de sustentabilidad}}{\text{Número total de horas en capacitación}} \times 100$$

La información para la estimación puede obtenerse desde Minagri, a partir del catastro de horas de capacitación efectivamente realizadas en los distintos programas desarrollados de forma directa o a través de las unidades de servicios que dependen de él.

Primero debe establecerse cuáles son los requisitos/características que debiese tener las capacitaciones a usuarios ofrecidas por el MINAGRI o a través de alguno de los servicios que de él dependen, para ser consideradas como capacitaciones que fomentan la sustentabilidad. Por otra parte, se hace necesario contar con el catastro del número total de horas de capacitación realizadas, para establecer el porcentaje de estas que, teniendo foco en la sustentabilidad, fueron efectivamente realizadas.

Contribución a ODS:

4.4,
8.2, 8.3, 8.4,

Predios certificados en prácticas sustentables

Ámbito: Económico/Social

Principio: Sustentabilidad en el sistema productivo

Unidad: Número

Frecuencia: Anual

Descripción del Indicador: Este es un indicador que busca medir el número de predios certificados en prácticas sustentables del total de predios que son usuarios o beneficiarios de los programas gestionados por el MINAGRI o por sus unidades de servicio. Este indicador toma como unidad básica del sistema productivo el predio, por ser este recurso el que es destinado para las distintas actividades económico-sociales.

$$\text{Predios certificados} = \frac{\text{Número predios certificados en temas de sustentabilidad}}{\text{Número total predios usuarios MINAGRI}} \times 100$$

Los datos pueden obtenerse desde el Minagri, a partir del catastro de predios que forman parte de sus usuarios y/o beneficiarios, agrupados por actividad económica para la que se emplea (un predio podría ser utilizado para más de una actividad económica (p.e. producción agrícola y/o ganadera).

El gran desafío para conseguir este indicador sería la implementación de una certificación que reconozca el uso de prácticas sustentables en las actividades económicas realizadas en los predios. Esta certificación se debería entregar por actividad económica, por lo que uno de los desafíos sería el establecer cuáles son las actividades por certificar y a qué nivel se va a establecer la certificación [1]. Dado que es complejo poder hacer un seguimiento de la totalidad de productos resultantes del manejo de los predios, la certificación permitiría, a los menos, tener un control de los

sistemas productivos en cuanto a las materias primas y procesos de base que permiten su elaboración. En la práctica, se trataría de instaurar, en el ámbito del MINAGRI, una certificación con la misma impronta que han actuado otras instituciones del estado, como es el caso de SERNATUR que desde el año 2013 entrega el “Sello de Sustentabilidad” (conocido como Sello S), que garantiza al visitante que el servicio turístico que cuenta con este distintivo, cumple con criterios globales de sustentabilidad turística, en los ámbitos sociocultural, medioambientales y económicos. A fin de reconocer a las empresas que implementan prácticas alineadas con los criterios mundiales de sustentabilidad turística. En este caso, como ya se ha mencionado, la unidad a certificar por el MINAGRI sería el predio/actividad y, entre otras decisiones, se debería establecer los criterios de certificación.

Contribución a ODS:

12, Producción y consumo responsables, orientados a garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

15, Vida de ecosistemas terrestre, que persiguen proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.

Proporción de mujeres en propiedad de sistemas ganaderos sobre el total de derechos de propiedad

Ámbito: Social/económico

Principio: Equidad de Género

Unidad: Número

Frecuencia: Anual

Descripción del Indicador: Este indicador busca medir la extensión de la participación de las mujeres que tienen acceso a tierras productivas como dueñas o propietarias de sistemas productivos ganaderos, independiente de la especie animal producida. La propiedad de tierras productivas es un capital importante que permite a las mujeres incrementar la seguridad alimentaria de sus familias, asegurar una fuente de trabajo y evitar la dependencia de hombres y familiares. De acuerdo con información de FAO, las mujeres con acceso a tierras logran mejores niveles productivos, incrementan sus ganancias y mejorar la calidad de los alimentos consumidos en sus hogares, mejorando de esta manera el estado nutricional de sus familias

Los datos para su estimación se pueden a través de los registros de establecimientos pecuarios que mantiene el Servicio Agrícola y Ganadero. Cada establecimiento pecuario tiene un RUP (rol único pecuario) asociado, lo que permite establecer el porcentaje de RUP asociados a mujeres del total de RUP inscritos.

El indicador es posible de implementar de manera directa para aquellos RUP asociados a personas naturales, para los RUP asociados a una sociedad o empresa no podríamos obtener el género, sin embargo, en aquellos casos si se podría aplicar el segundo indicador de equidad de género y conocer la proporción de estas sociedades lideradas por mujeres.

Contribución a ODS:

5 de equidad de género,

8 trabajo decente y crecimiento económico

*Proporción de mujeres en cargos de liderazgo en
asociaciones gremiales del sector pecuario*

Ámbito: Social/económico

Principio: Equidad de Género

Unidad: Unidad

Frecuencia: 2-5 años

Descripción del Indicador: Este indicador busca reconocer la importancia de darle a las mujeres espacios de participación y de ser escuchadas en la toma de decisiones. El permitirles estar en puestos les entrega la posibilidad de dar a conocer sus visiones, intereses y necesidades particulares. Este indicador también busca evaluar la promoción de sistemas de gobernanza más inclusivos y participativos. Las mujeres sólo pueden alcanzar liderazgo efectivo, tanto a nivel individual como colectivo, cuando obtienen el apoyo de hombres y la generación de espacios de trabajo seguros.

Se puede estimar a través de los registros de las asociaciones gremiales de productores y otras sociedades asociadas al sector pecuario, quienes deben declarar la conformación de sus directivas. El registro de las asociaciones gremiales se encuentra en registro de las asociaciones gremiales vigentes de la Unidad de Asociaciones Gremiales y de Consumidores de la Subsecretaría de Economía y Empresa de Menor Tamaño. Podrían existir asociaciones y cooperativas de productores que no se encuentren conformadas legalmente, lo que dificulte el acceso a la información de sus directivas.

Contribución a ODS:

5, equidad de género

5.6. HUELLA HÍDRICA

Unidad de medida: litros agua/unidad producida (kg carne/litro leche, otro)

Ámbito: Ambiental

Principio: Conservación del Agua

Frecuencia: Anual

Fundamentación: Gran parte de la superficie de Chile sufre de sequía en algún grado, esto significa una amenaza para sus habitantes, animales y flora. La escasez hídrica requiere de la implementación de planes de acción que permitan hacer un uso más eficiente de este recurso dentro de los sistemas productivos pecuarios, los que debieran implementar planes que permitan un aumento de eficiencia y productividad en su uso, proponiendo metas de reducción del uso de este recurso. La conservación del agua, en este contexto, hace referencia a cualquier reducción de uso, pérdida o desperdicio de agua que pueda ser implementado. El indicador puede reflejar el estatus de la eficiencia y productividad en cualquier punto de la cadena productiva y en cualquier sector pecuario. Es importante considerar que la huella hídrica se compone de la huella azul que se refiere al consumo de agua superficial y subterránea utilizada por un cultivo. La huella verde que corresponde al consumo por parte de un cultivo, de agua almacenada en la humedad del suelo proveniente de precipitaciones. Por último, la huella gris es un indicador del grado en que el agua es contaminada en el proceso de producción por fertilizantes o pesticidas. Constituye el volumen de agua requerida para diluir la carga de contaminantes para que se cumpla con los estándares existentes de calidad. La huella total es la suma de estos tres componentes.

Desafíos: la reducción en el uso, pérdidas y desperdicio de agua puede requerir la implementación de nuevas tecnologías (i.e. de riego), desarrollo de variedades forrajeras tolerantes al déficit hídrico, sistemas de regulación de presión y corte automático, selección genética de animales con mayor resistencia a la sequía, entre otros.

Contribución a ODS: 6 sobre agua limpia y saneamiento, 12 sobre producción y consumo responsable y 13 acción por el clima.

Ámbito: Ambiental

Principio: Biodiversidad

Indicador: Concentración (ppm) de Nitrógeno (N) y Fosforo (P) en las aguas subterráneas y superficiales, en los predios donde se aplican estiércol y desechos.

Indicador indirecto: Cantidad de desechos y estiércol a aplicar en los suelos. Concentración de nitrógeno y fósforo contenidos en los desechos y estiércol. Cantidad y tipo de ganado. Cantidad de hectáreas. Orden de suelos. Extensivo o intensivo.

Descripción del Indicador: La expansión de la agricultura y ganadería intensiva se han establecido mayoritariamente en áreas con escases de agua. Es así que ha incrementado el agua contaminada por excretas ganaderas directamente a través de escurrimientos, infiltraciones y percolación profunda en las granjas, e indirectamente por escorrentías y flujos superficiales desde zonas de pastoreo y tierras de cultivo (EPA, 2006).

Los desechos de ganadería exceden la capacidad de absorción de la tierra, resultando en contaminación del suelo, del agua subterránea y en la pérdida de biodiversidad (Machovina et al., 2015). Como, por ejemplo, el nitrógeno es abundante en el estiércol, y está relacionado con la contaminación de aguas subterráneas por la lixiviación de nitrato a través del suelo, mientras que el fósforo del estiércol está relacionado con la contaminación de aguas superficiales si no también impide el uso de su agua para diferentes fines y amenaza la salud humana (Miller, 2001; Reddy et al., 1999; Burkholder et al. 2007).

Frecuencia con que se mide: anualmente (época) de mayor lixiviación.

Brechas: Existe escasa información sobre el uso total de agua, directa o indirecta, del sector ganadero. Igualmente, su responsabilidad en el agotamiento del recurso hídrico, la cual suele centrarse casi exclusivamente a la contaminación del recurso por estiércol y desechos. La reglamentación ambiental en Chile no menciona la actividad agropecuaria ni el manejo de estiércol. La Ley 19.300 sobre bases generales del ambiente señala la función del Estado como protector de los recursos naturales y la prevención de la contaminación. Aunque no se mencionan las operaciones de ganadería intensiva en el Decreto 144.

Relevancia internacional: La ganadería y otras actividades relacionadas con la agricultura pueden acelerar en gran medida la eutrofización, al incrementar la tasa de entrada de nutrientes y sustancias orgánicas a los ecosistemas acuáticos que son arrastrados a las cuencas circundantes (Nelson et al., 1996). Globalmente, la deposición de nutrientes (especialmente N) excede la carga crítica de eutrofización de un 7-18% del área de ecosistemas naturales y seminaturales (Bouwman an van Vuuren, 1999). Por otro lado, en áreas de producción intensiva existe una excesiva concentración de nutrientes que puede superar la capacidad de absorción de los ecosistemas locales y degradar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas (Hooda et al., 2000).

A su vez, el contenido de P suele ser un problema relacionado con la calidad de las aguas superficiales, mientras que el N tiende a ser una amenaza para la calidad de las aguas subterráneas por la lixiviación de nitrato a través de las capas del suelo (Reddy et al., 1999; Miller, 2001).

Aplicabilidad nacional (Revisión de por qué se decidió incluir este indicador): Identificar y priorizar los cuerpos de agua en riesgo a través del levantamiento de una línea base de la contaminación de los principales cuerpos de agua que abastecen los campos. Existen desde el 2018, programas de monitoreo de humedales y cuencas, con normas de calidad. Se puede realizar a nivel predial.

Es un indicador directo o proxy: manejo del recurso hídrico a nivel predial y como afecta en la ganadería en los afluentes cercanos en el predio y en cuencas es proxy por la diversidad acuática.

¿Hay que construirlo a partir de otras fuentes? A partir del CENSO, conocemos número de animales, predios y localización de estos a nivel predial como nacional. Tendría que construirse una fuente de volumen de estiércol a aplicar, fecha, lugar, tipo de suelo, concentración de nutrientes. También, buscar la información de napas y afluentes de ríos cercanos.

Resultado del indicador. Concentración de N y P, en aguas subterráneas y superficiales, donde de aplican estiércol y desechos, en los predios.

Fuente de datos: Catastro Público de Aguas (CPA) a cargo de la Dirección General de Aguas (DGA), donde se inscriben aprovechamiento de aguas superficiales o subterráneas. Además, los datos que posee SAG e INDAP de aguadas y vertientes. A su vez, la DGA monitorea 287 estaciones de medición de la calidad del agua que se distribuyen en los principales ríos y solo en 16 lagos.

Desafío que aborda el indicador: Muestreo de los predios y costo de análisis, para predio como regional y nacional. Además, monitorear la eutrofización en los ecosistemas naturales y seminaturales. Por otro lado, la DGA no ha incluido el monitoreo de la diversidad biológica, si no que registra: pH, oxígeno disuelto, concentración de clorofila, nutrientes e iones, como descriptores de la calidad del agua. Varios autores, mencionan que falta información biótica de los ecosistemas de agua dulce a nivel nacional (Fuster et al., 2015; Marquet et al., 2020).

Contribución a ODS:

15 (Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica). Y a los ODS 6 sobre agua limpia y saneamiento, 12 sobre producción y consumo responsable

6.

Indicadores de Sustentabilidad en Sector Alimentos

Citar capítulo como:

Muñoz, G., Carrasco, B., Barra, P., Bernal, C., Cañoles, M., Concha, A., Corvalán, C., González, A., Iriarte, A., Leporati, M., Meisel, L., Morales, R., Palacios, J.L., Pino, M.T., Salazar, R., Salvo, H., Schwember, A., Vanhulst, J., Villaseñor, J., Zúñiga, M.E., , 2022. Indicadores de Sustentabilidad en Sector Alimentos. En Meza, F., Muñoz, L., Acuña, D., Avilés, O. Eds. *Propuesta de Indicadores de Sustentabilidad para el Sector Silvoagropecuario de Chile.*

INTEGRANTES MESA ALIMENTOS

Mauricio Cañoles	Director UC Davis
Basilio Carrasco	Director Científico CEAP
Maria Elvira Zúñiga	Directora CREAS
José Luis Palacios	Subdirector CECTA, Universidad de Santiago de Chile
Michel Leporati	Director de Transferencia Tecnológica Universidad de Talca
Alfredo Iriarte	Profesor e Investigador Universidad de Talca
Andrés Schwember	Profesor e Investigador Pontificia Universidad Católica
Rodrigo Morales	Profesor e Investigador Universidad Católica del Maule
Rodrigo Salazar	Gerente Innovación CEAP.
Haroldo Salvo	Director CGNA
María Teresa Pino	Investigadora de alimentos del futuro, INIA.
Pabla Barra	Investigadora principal LEITAT.
Anibal Concha	Académico Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, U. Austral.
Lee Meisel	Directora de Investigación. Académica INTA. Universidad de Chile
Jorge Villaseñor	Profesor e Investigador Universidad de Talca
Álvaro González	Director Centro Concha y Toro
Claudia Bernal	Profesora e Investigadora Universidad de La Serena
Julien Vanhulst	Profesor e Investigador Universidad Católica del Maule
Camila Corvalán	Directora de CIAPEC, Académica INTA. Universidad de Chile

6.1. INTRODUCCIÓN

Las empresas de alimentos que participan en los mercados más exigentes, en forma creciente se están viendo enfrentadas a consumidores que demandan alimentos de mayor calidad y elaborados de manera amigable con el medio ambiente. Por tal motivo, Chile debe avanzar rápidamente para así consolidarse como un actor clave a nivel mundial en el desarrollo de una industria con altos estándares socioambientales de inocuidad y de calidad nutricional.

La situación de la industria de alimentos procesados hoy en día es que no tiene la obligación de reportar indicadores de sustentabilidad. Sin embargo, las empresas productoras del sector de la industria de alimentos procesados, agrupadas en la Asociación de Empresas de Alimentos de Chile A.G., Chilealimentos, suscribieron en octubre de 2017 un Tercer Acuerdo de Producción Limpia (APL). Este Acuerdo, propuso como objetivo profundizar la estrategia de producción limpia y de sustentabilidad, de manera de implementar acciones de mitigación del cambio climático y aumentar la competitividad de las empresas del rubro (Chilealimentos, 2019).

Las acciones del Acuerdo se orientaron a potenciar la gestión de la sustentabilidad en las empresas del sector, a través de la eficiencia en el uso de los recursos, incorporando buenas prácticas y tecnologías para la eficiencia en el uso de la energía y el agua, la cuantificación y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la evaluación de energías renovables.

Como base para el sistema de gestión de sustentabilidad se definieron indicadores de sustentabilidad para el sector y una guía técnica para su gestión (medición y reporte), promoviendo el reporte sistemático de los indicadores de sustentabilidad al Gremio y sus partes interesadas. Para el desarrollo de estas Guías y la definición de indicadores de sustentabilidad se han analizado distintas metodologías y se ha adoptado trabajar en base a los lineamientos del Global Reporting Initiative (GRI), su definición de indicadores de sustentabilidad relevantes, guía G4 y las recomendaciones para la elaboración de reportes (Chilealimentos, 2019)

En este tercer APL, así como en las anteriores APL, los indicadores se han dividido en 3 dimensiones: Económico, Ambiental y Social. En el año 2019, el APL reformuló sus indicadores y priorizó 10 de ellos, los cuales han sido considerados como básicos. Estos son:

- Consumo de energía desglosado por fuentes primarias.
- Consumo de energía eléctrica.
- Captación total de agua por fuentes.
- Agua reutilizada.
- Gases refrigerantes | Emisiones gases efecto invernadero (GEI).
- Vertimiento total de aguas residuales, según su naturaleza y destino.
- Peso de residuos gestionados, según tipo y método de tratamiento.
- Beneficios a los trabajadores.
- Fuerza laboral por género.
- Formación de capacidades en sustentabilidad.

El 2017 participaron voluntariamente 10 empresas respondiendo a los indicadores del Acuerdo de sustentabilidad y el 2019 el número de empresas aumentó a 16.

En el contexto internacional, se han identificado trabajos similares en donde el número de indicadores aumenta a 27 e integra una dimensión adicional: la alimentación y la nutrición. Este es el caso del artículo titulado “Mapa mundial e indicadores de sostenibilidad del sistema alimentario” (Béné et al., 2019), y que postula una metodología de trabajo en dos etapas: (1) construir la métrica de sostenibilidad del sistema alimentario y poblarla con los indicadores apropiados; y (2) calcular la puntuación de sostenibilidad.

Adicionalmente, con un enfoque en salud, nutrición y alimentación, se encuentra el documento denominado “Global Access to Nutrition Index 2021”, el cual describe el desarrollo de indicadores que permiten dar seguimiento a las políticas, prácticas y divulgación de las empresas de la industria alimentaria, en relación a la prevención de la obesidad, enfermedades crónicas relacionadas con la dieta, la inseguridad alimentaria, la desnutrición y las carencias de micronutrientes para todos los consumidores (Global Index, 2021).

De acuerdo con todas estas iniciativas, este capítulo propone un número de indicadores relativamente acotado (45) y que abordarán la sustentabilidad y/o sostenibilidad como un sinónimo y como eje motor en las cuatro dimensiones: económico, ambiental, social y alimentación y nutrición.

6.2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Las cuatro dimensiones que se exponen y sus respectivos indicadores de sustentabilidad fueron acordadas en reuniones de trabajo desde agosto a diciembre 2021, en donde se discutieron opiniones y posturas en relación con la información publicada en los documentos de Chilealimentos y una serie de publicaciones internacionales relacionadas con esta temática.

El ente coordinador de esta Mesa, fue el Centro de Estudios en Alimentos Procesados (CEAP) de la Región del Maule, y estuvo conformada por 19 integrantes, provenientes de diferentes centros de investigación del país, además de académicas/os e investigadoras/es de diversas universidades, todos ellos vinculados al sector de los alimentos.

A partir de este trabajo de discusión se propusieron indicadores, tomando como punto de partida la industria de alimentos procesados, desde que la materia prima (incluidas frutas y hortalizas) llega a una empresa o planta procesadora de alimentos, y ésta genera un producto terminado. Lo anterior es dado que, en el marco del trabajo encomendado por ambos Ministerios, existe una Mesa de Fruticultura que aborda el desarrollo inicial de la cadena alimentaria, así como una Mesa de Agua. Sin embargo, se hace hincapié en la necesidad de abordar en conjunto toda la cadena alimentaria, desde la producción agrícola hasta los alimentos procesados.

Dimensión Económica

Desde el punto de vista económico, es importante destacar que el grupo puso énfasis en contextualizar la importancia del rubro de los alimentos procesados en la economía nacional, a partir de la generación de ingresos, empleo, valor de la producción e innovación en otros ámbitos (ambiental y social principalmente). Bajo esta mirada, se proponen, en forma inicial, los siguientes indicadores detallados en el cuadro 1:

Cuadro 1. Indicadores Económicos

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
Económica	Valor económico	1. Ventas de Alimentos Procesados/ Valor de la producción total (PIB Nacional).	Valor informado por las empresas e información sistematizada por las gremiales de alimentos procesados. Valor PIB Nacional/Banco Central.	Este indicador busca medir la importancia relativa de los alimentos procesados en la economía nacional.
		2. Valor de la exportación de alimentos procesados/ Valor total de exportaciones del país	Valor informado por las empresas exportadoras de alimentos procesados. total. Valor total de exportaciones desde Aduana/Banco Central.	Este indicador busca medir la importancia relativa de los alimentos procesados en la matriz exportadora del país.
	Empleo	3. Número de trabajadores/Miles de US\$ (o millones de pesos) producido	Depto. de RRHH y Comercial de las empresas.	Este indicador muestra como el valor de la producción genera empleo.
	Valor de la producción	4. Valor de la producción de alimentos procesados/Valor materias primas de estos alimentos	Depto. Comercial de las empresas y/o las unidades de Adquisiciones/Proveedores.	Este indicador da cuenta del valor específico que el proceso secundario de esta industria otorga a las materias primas
	Agregación de valor en productos alimenticios procesados que integren I+D+i	5. Porcentaje de inversión en I+D	Gerencias Generales de las empresas. También se pueden incluir las inversiones gremiales en cifras agregadas del sector.	Este indicador da cuenta del involucramiento empresarial y sectorial desde la mirada económica en acciones que tienden a la sostenibilidad futura.

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
	Valor ambiental	6. Valor generado por el uso de residuos/ Valor total de la producción	Depto. de Operaciones y/o Sustentabilidad de la empresa	Este indicador muestra el valor económico directo que generan las acciones de valorización de los residuos de la producción.
		7. Ahorro de energía (\$) por medidas de autogeneración o reducción de consumo	Depto. de Operaciones y/o Sustentabilidad de la empresa	Este indicador muestra el valor económico directo que generan las acciones de autogeneración de energía y/o de reducción en el consumo (eficiencia).
		8. Ahorro de consumo de agua (\$) por medidas de reciclaje o reducción de consumo	Depto. de Operaciones y/o Sustentabilidad de la empresa	Este indicador muestra el valor económico directo que generan las acciones de reciclaje de agua y su reutilización en la producción, además de la reducción en el consumo (eficiencia).

Dimensión Ambiental

Esta dimensión aborda cuatro ámbitos: Agua, Residuos, Emisiones y Energía, cuyos indicadores se describen en los cuadros número 2 al 5.

a) Agua

Este grupo de trabajo orientó su análisis a todos los procesos y ámbitos de acción exclusivos de una planta de producción de alimentos y no consideró los elementos asociados a las actividades externas, particularmente aquellos relacionados con las condiciones de entrada de las materias primas. En contraste, como las condiciones de salida asociada a la producción de alimentos procesados sí son responsabilidad de la planta, ellas fueron consideradas en el análisis.

La escasez de agua es una carencia evidente en la realidad planetaria. Sin embargo, desde el análisis de los alimentos procesados, el concepto de la escasez no se ha priorizado, ya que la disponibilidad de agua es un bien esencial en una empresa o planta procesadora de alimentos. No se visualiza que la escasez de agua respecto al territorio/región (asociado a huella hídrica) este abordada en algún indicador, y desde la opinión de esta mesa, el concepto de huella hídrica sí representa un problema importante de abordar y aplicar a la industria de alimentos procesados.

En esta materia, esta mesa planteó la importancia de la cantidad de agua obtenida a través de diferentes fuentes, como también se consideró el uso de la misma desde fuentes no convencionales, como por ejemplo la obtención de agua desalinizada y el uso de aguas de tratamiento. Un posible indicador propuesto es el porcentaje de uso de agua de fuentes no convencionales (m³ de agua/ton de producto terminado).

Además, se consideró importante tomar en cuenta la calidad del agua, tanto desde el punto de vista químico, biológico, trazas de metales pesados, residuos de pesticidas y su toxicidad, mediante las normas existentes para ello (NCh409 y NCh1333).

Cuadro 2

Indicadores medioambientales en el ámbito de agua

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
Ambiental	Agua por fuentes (input: pozo, empresas sanitarias, río, lluvias).	9. Volumen de agua utilizada total/ ton producto terminado (m3/ton de producto).	Depto. de Administración y Operaciones de la empresa.	Este indicador mide la eficiencia del uso de agua según productos alimenticios terminados.
	Agua reutilizada (Agua de proceso reutilizada sin tratar)	10. Volumen de agua de proceso reutilizada (m3/año) / total de agua utilizada (m3/año).	Depto. de Operaciones y/o sustentabilidad de la empresa.	Este indicador mide el volumen de agua reutilizada.
	Agua tratada evacuada (Agua de proceso tratada y evacuada)	11. Volumen de agua tratada no reutilizada (m3/año) / total de agua utilizada (m3/año).	Depto. de Operaciones y/o sustentabilidad de la empresa.	Este indicador mide el volumen de agua que se trató, en proporción al total de agua utilizada y/o evacuada a un cauce.
	Agua reciclada (Agua de proceso tratada y reutilizada)	12. Volumen de agua reciclada (m3/año) / total de agua utilizada (m3/año).	Depto. de Operaciones y/o sustentabilidad de la empresa.	Este indicador mide el volumen de agua reciclada.
	Residuos industriales líquidos	13. Volumen de RILES tratados (m3/año) / Volumen total de RILES generados (m3/año) (Sin tratamiento, Tratamiento primario, Tratamiento secundario).	Depto. de Operaciones y/o sustentabilidad de la empresa.	Este indicador mide el volumen de RILES tratados.
		14. Volumen de RILES tratados /Ton de producto (m3/ton) (Curso de agua superficial, Riego, Disposición en terreno, Alcantarillado, Infiltración en suelo, Otro).	Depto. de Operaciones y/o sustentabilidad de la empresa.	Este indicador mide el volumen RILES tratados en proporción a los productos generados.

b) Residuos

Si bien los residuos alimentarios se generan en cada fase de la cadena de producción y de suministro, así como en la fase de consumo, es de gran importancia conocer los residuos que solo son generados en plantas procesadoras de alimentos. Para este fin, es necesario analizar y focalizar todas las etapas involucradas en el procesamiento para abordar adecuadamente la necesaria reducción de los residuos. Todo esto en función de disminuir la “Huella Alimentaria Ambiental”, sabiendo que es un gran desafío encontrar un punto de equilibrio entre el aumento de la productividad agroalimentaria y la sostenibilidad (Béné et al., 2019).

En el ámbito de los residuos, se ha considerado la prevalencia de los residuos sólidos totales comprometidos en la generación del producto final, considerando como residuo sólido todo aquel desecho procedente de operaciones industriales, tales como la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo, de acuerdo con la Agencia de Protección al Medio Ambiente de EE.UU. (EPA). En este sentido, es importante señalar que la definición de residuos sólidos no se limita a los que son físicamente sólidos, sino que también contemplan los desechos sólidos con líquidos y semisólidos o que contienen material gaseoso (International Food Policy Research Institute, 2015; EPA, 2021).

En base a lo anterior, y tomando en consideración el Indicador EN22 de Chilealimentos (Chilealimentos, 2013), los residuos generados pueden ser clasificados como:

- Residuos sólidos no peligrosos: Orgánicos, biosólidos, semisólidos, plásticos, papeles y cartones, residuos de madera, metálicos, asimilables a domésticos, neumáticos u otro (indicando a qué residuo corresponde).
- Residuos peligrosos: aceites usados, material contaminado (con hidrocarburos y otros químicos, como, por ejemplo, guaípe, guantes, ropa de trabajo, entre otros), envases de productos químicos, corto punzantes, pilas y baterías, residuos de iluminación, residuos electrónicos u otros (indicando a qué residuo corresponde).

Junto con la descripción de los residuos es necesario indicar la disposición de estos según recomendación del Indicador EN 22 de acuerdo con:

- Disposición de los residuos sólidos no peligrosos: reutilizados, reciclados, fuente de energía, alimentación animal, mejorador de suelo, compostaje, relleno/vertedero u otros (indicando a qué método corresponde).
- Destino de los Residuos sólidos peligrosos: reciclaje, reutilización, destinatario autorizado u otro (Indicando cual).

De acuerdo con lo anterior, y tomando en consideración que deben ser contemplados todos los componentes que participan en la generación del producto dentro de la planta procesadora de alimentos, se han considerado como indicadores: residuos totales generados por producto terminado, total de residuos valorados en función al total de residuos producidos y, finalmente, el total de residuos reutilizados en función al total de residuos producidos, todo en unidades de toneladas, tal como se observa en la Cuadro 3. Cabe señalar que el residuo valorado es el residuo que ha sido sometido a procesos de tratamiento parcial o total para obtener una materia prima o nuevo producto, en cambio, el residuo reutilizado hace referencia a la cantidad de residuo aprovechado para las mismas aplicaciones que tenía cuando se encontraba en su vida útil.

Cuadro 3.

Indicadores Medioambientales en el ámbito de Residuos Sólidos

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
Ambiental	Residuos sólidos	15. Total de residuos (t) / producto terminado (t).	Depto. de Operaciones y/o Sustentabilidad de la empresa.	Este indicador mide el total de residuos sólidos según productos terminados.
		16. Total de residuos valorados (t) / total residuos producidos (t).	Depto. de Operaciones y/o Sustentabilidad de la empresa.	Este indicador mide el total de residuos valorados según residuos producidos.
		17. Total de residuos reutilizados (t) / total de residuos producidos (t)	Depto. de Operaciones y/o Sustentabilidad de la empresa	Este indicador mide el total de residuos reutilizados según residuos producidos

c) Emisiones

Las emisiones se han relacionado directamente con los procesos productivos industriales, agrícolas, actividades domésticas de la población, los que consumen combustible, materias primas, alimentos, y por lo tanto generan gases de efecto invernadero (González-Sánchez y Martín-Ortega, 2020).

La agroindustria constituye un sector importante dentro de la actividad agrícola que se desarrolla en Chile. Más de la mitad de las frutas y hortalizas que se producen en el país se consumen en el mercado interno o se exportan con algún grado de procesamiento. Se estima que la industria procesadora de alimentos contribuye con el **4% a nivel global** de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema de producción alimentaria (Poore et al., 2018).

El sistema de procesamiento de alimentos se considera una industria perteneciente al grupo productivo transformador de materia prima en un producto elaborado. Por lo tanto, en términos de emisiones, según Fishedick et al. (2014) se deben considerar al menos emisiones industriales de CO₂ y emisiones industriales no relacionadas con CO₂. Procesos intensamente energéticos como fermentaciones, cocciones, enfriamientos, deshidrataciones, y congelamiento son habituales dentro de la industria (Pelletier et al., 2011), los cuales, según la tecnología que se aplique, pueden ser grandes emisores. En el Cuadro 4, se consideran indicadores relacionados con emisiones directas asociadas a la utilización de energía, procesos productivos, y utilización de refrigerantes del tipo HFCs. Adicionalmente, se proponen indicadores que involucran la generación de material particulado y olores. Por último, se incluye un indicador relacionado con la captura y/o reutilización de CO₂ en los procesos productivos, para identificar esfuerzos tecnológicos orientados a disminuir las emisiones de CO₂ del sistema productivo.

Cuadro 4.
Indicadores Medioambientales en el ámbito de Emisiones

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
Ambiental	Emisiones/captura industrial de CO ₂ (GWP)	18. Gases efecto invernadero generados en CO ₂ equivalente (t)/ t de producto producido.	Depto. de Operaciones y Sustentabilidad de la empresa.	Emisiones de CO ₂ en la producción.
		19. Captura y almacenamiento de CO ₂ equivalente (t) / t de CO ₂ equivalente generada (Uso propio y comercialización).	Depto. de Operaciones y Sustentabilidad de la empresa.	Reducción de las emisiones de CO ₂ .
	Emisiones directas de la recarga de gases refrigerantes tipo HFCs (Hidrofluorocarbonos)	20. t gas refrigerante /t de producto producido.	Depto. de Operaciones y Sustentabilidad de la empresa.	Emisiones de HFCs.
	Material particulado	21. Total material particulado generado PM (2,5) /t de producto producido.	Depto. de Operaciones y Sustentabilidad de la empresa.	Nivel de material particulado emitido.

d) Energía

La industria de alimentos incluye actividades que consumen mucha energía y los costos de su uso se sitúan entre el **20% y 50% de los costos totales de producción** (Bundschuh, 2014). Generalmente estas industrias queman petróleo, u otro combustible fósil, en calderas como fuente de energía térmica para la producción de vapor y calentar fluidos. Usan energía eléctrica en sistemas de refrigeración de túneles y cámaras de frío, ventiladores y bombas de procesos de limpieza y transporte de líquidos, embalaje, secado y prensado de materias primas (Ladha-Sabur, 2019).

La actual dependencia de energía de combustibles fósiles por parte de la industria de alimentos y las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) asociadas, pueden reducirse mejorando la eficiencia energética de los procesos y usando energías renovables que reemplacen parte de los combustibles fósiles. El consumo energético de muchas plantas de procesamiento puede ser un 50% mayor a lo necesario debido a, entre otros factores, tecnologías obsoletas y sistemas de energía deficientes comparados a las mejores tecnologías disponibles. Esto brinda una

oportunidad significativa para reducir el consumo de energía y emisiones de GEI asociados al uso de combustibles fósiles (Sims et al., 2015). En el cuadro 5 se muestran los indicadores relacionados con energía.

Cuadro 5.

Indicadores Medioambientales en el ámbito de Energía

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
Ambienta	Consumo de energía (Autoproducida, Renovable, Convencional)	22. Consumo total de energía ^a (kWh)/producto total anual (ton).	Depto. de Operaciones y Sustentabilidad de la empresa	Consumo energético convencional por producción.
		23. Consumo total de energías renovables y autoproducidas ^b (kWh) / consumo total de energía ^a (kWh).	Depto. de Operaciones y Sustentabilidad de la empresa.	Consumo de energías renovables.

^a Consumo de todas las fuentes de energía usadas dentro de la planta/instalación en un año, equivalente a la suma de energías convencionales (gas licuado, gas natural, petróleo, electricidad de la red, carbón, diesel, etc.) más energías renovables (eólica, fotovoltaica, biomasa, etc.).

^b Consumo de todas las fuentes de energía renovables que autoproduce la planta/instalación en un año, equivalente a la suma de energía eólica, fotovoltaica, biomasa, termosolar, etc.

Dimensión Social

En materia de sustentabilidad, la dimensión social contempla cinco ámbitos: bienestar social, inclusión, integración tecnológica, formación y medidas de involucramiento con las comunidades locales y programas de desarrollo. Estos cinco ámbitos, pretenden reflejar la visión de la empresa sobre las prácticas laborales más inclusivas y favorables al bienestar integral de los trabajadores, el avance tecnológico y la integración con las comunidades locales. A continuación, se listan los indicadores propuestos (Cuadro 6).

Cuadro 6
Indicadores para la dimensión social

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
Social	Bienestar laboral	24. N° de trabajadores temporales <u>Total en el período</u> / N° total de trabajadores para el período X 100	Depto. de RR. HH. y Administrador de la empresa.	Este indicador busca medir la situación de estabilidad laboral de los trabajadores a partir de la proporción de tipo temporal contractual (más inestable) en relación al total de los trabajadores.
		25. N° de horas de licencias anuales / N° Total de horas trabajadas en el periodo X 100	Depto. de RR. HH. y Administrador de la empresa.	Este indicador busca dar cuenta de la situación general de salud e integridad física y mental de los trabajadores a partir de la proporción de las horas de licencia por concepto de enfermedad, accidentes, estrés u otros.
	Inclusión (Igualdad de género, étnica, capacidades especiales)	26. N° de trabajadoras permanentes (equivalentes a tiempo completo) / N° de trabajadores permanentes equivalentes a tiempo completo X 100	Depto. de RR. HH. y Administrador de la empresa.	Este indicador constituye el primero de una serie sobre equidad de género. Algunos de estos indicadores se miden en "equivalentes a tiempo completo" (ETC) para tener una imagen más objetiva de la realidad de la presencia proporcional de mujeres en la empresa. Se obtiene dividiendo las horas de trabajo totales de los trabajadores por la cantidad de horas de trabajo semanal. El primer indicador releva la presencia proporcional de mujeres en el universo de trabajadores/as con contrato permanente.
		27. N° de trabajadoras temporales en el período (equivalentes en tiempo completo) / N° total de trabajadores temporales en el período (equivalentes en tiempo completo) X 100	Depto. de RR. HH. y Administrador de la empresa.	Este indicador releva la presencia proporcional de mujeres con contrato temporal en el universo de trabajadores con contrato temporal. Junto con el indicador de trabajadores permanentes, cubren el total de los trabajadores/as de la empresa.
		28. N° de mujeres en cargo directivos/ N° Total de cargos directivos	Depto. de RR.HH. Administrador de la empresa.	Este indicador busca relevar el acceso a cargos directivos según el género. En los estudios de género se usa el concepto de "Techo de cristal" para referirse a una barrera invisible (porque se tratan de limitaciones implícitas basadas en estereotipos y dispositivos socioculturales) que se impone a las mujeres para poder avanzar en la escala laboral.

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
		29. N° de trabajadores provenientes de minorías étnicas e inmigrantes (equivalentes en tiempo completo) / N° total de trabajadores para el período (equivalentes en tiempo completo) X 100 (<i>equidad étnica</i>)	Depto. de RR.HH. Administrador de la empresa.	Este indicador busca relevar la participación de la empresa en promover la equidad étnica, es decir la no discriminación por pertenencia a un grupo étnico minoritario. Evidentemente, la presencia de fuerza laboral de diversos grupos étnicos depende de la realidad demográfica local. Por consiguiente, idealmente este indicador debería ser ponderado considerando la realidad demográfica local o regional (presencia de inmigrantes y comunidades indígenas)
		30. N° trabajadores adultos mayores (equivalentes en tiempo completo) / N° total de trabajadores para el período (equivalentes tiempo completo) X 100	Depto. de RR.HH. y Administrador de la empresa.	Este indicador busca relevar la equidad etaria. El indicador se enfoca en la situación de los adultos mayores de 50 años que trabajan en la empresa. Lo ideal sería poder afinar el dato y estratificar el indicador de equidad etaria por cuatro rangos de edades de 5 años (50-54, 55 -59, 60-65 y >65) y por género.
		31. N° de trabajadores en situación de discapacidad (equivalentes en tiempo completo) / N° total de trabajadores para el período (equivalentes en tiempo completo) X 100	Depto. de RR.HH. y Administrador de la empresa.	El indicador de igualdad de oportunidades de las personas en situación de discapacidad busca relevar la participación de la empresa en promover la equidad para este segmento.
	Integración tecnológica	32. N° de reconversión de puestos laborales reemplazados por tecnologías / Total de puestos eliminados por nuevas tecnologías X 100	Depto. de RR.HH. y Administrador de la empresa.	El indicador busca medir el impacto en los trabajadores de la integración de automatización o nuevas tecnologías en las empresas. Propone dar cuenta de la cantidad de trabajadores que han sido reubicados en otras labores a raíz de la introducción de tecnología que automatiza sus antiguas labores.

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
	Total de horas de formación continua	33. Total de horas de capacitación / Total de trabajadores de la empresa para el período reportado.	Depto. de RR.HH. y Administrador de la empresa.	El ámbito de formación continua releva la inversión de la empresa en la actualización de competencias profesionales de sus trabajadores. El indicador da cuenta de la cantidad de horas de formación promedio por empleado.
		34. Total de trabajadores capacitados en el período / Total de trabajadores X 100.	Depto. De RR. HH. y Administrador de la empresa.	El indicador da cuenta de la proporción de trabajadores capacitados en el periodo en la empresa.
	Medidas de involucramiento con las comunidades locales y programas de desarrollo	35. N° de convenios de la empresa con la comunidad local/ regional.	Informe anual a los inversionistas. Administrador / Gerente de la empresa.	Con este indicador se espera que la empresa pueda reportar los programas dirigidos a actores sociales vulnerables (entrega de alimentos, cooperativas, donaciones, acciones de mitigación) y la eventual participación de la empresa en programas gubernamentales de desarrollo local para mejorar las condiciones económicas, sanitarias, de educación, trabajo y medio ambiente a nivel de la localidad o región donde está ubicada la empresa.
		36. Cantidad de recursos financieros invertidos en programas de Responsabilidad Social empresarial / Total de las utilidades de la empresa.	Informe anual a los inversionistas. Administrador / Gerente de la empresa.	Este indicador da cuenta de la proporción de las utilidades de la empresa que está destinada a programas de Responsabilidad Social Empresarial, o contribución voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental, más allá de las leyes y normas en estos ámbitos.

Dimensión Alimentación y Nutrición

La Food and Agriculture Organization (FAO) define un sistema alimentario sostenible como aquel “capaz de proveer seguridad alimentaria y adecuada nutrición de tal forma que las bases económicas, sociales y ambientales para lograr estos objetivos, no comprometan el sistema para las nuevas generaciones” (Intini et al., 2019). Desde esta perspectiva considerar indicadores que permitan monitorear la sustentabilidad de una empresa considerando su impacto en la calidad de la nutrición y alimentación resulta central.

Chile presenta hoy una de las cifras de obesidad más altas de la región y del mundo (74,2% en adultos, ENS 2016), como también de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) asociadas a una mala alimentación, de hecho, son la principal causa de discapacidad y muerte de la población. De acuerdo con la última encuesta nacional de consumo de alimentos, los ultraprocesados (aquellos que sufren múltiples transformaciones y adiciones de ingredientes para alargar su duración y facilitar su preparación) dan cuenta del 28,6% del consumo de calorías, 59% del consumo de azúcares añadidas, y 30% del consumo de grasas (Cediel et al., 2017). Mientras que el que el consumo de alimentos más saludables, tales como frutas y verduras o consumo de pescados y mariscos, no superan el 20% (Margozzini P. y Passi A. 2018).

En Chile, tradicionalmente las cifras de inseguridad alimentaria han sido bajas, sin embargo, con la emergencia de la pandemia de Covid19 y las migraciones, se han reportado cifras de inseguridad moderada a severa en alrededor del 10% de los hogares, llegando a cifras más altas en el caso de hogares de menor educación o con mujeres jefas de hogar (MIDESO, 2020). Estos datos reflejan que hoy en día Chile tiene el desafío de proveer alimentos en cantidad suficiente a su población, y también, de mejorar su calidad. Esta estrategia permitirá reemplazar el consumo de alimentos poco saludables por alimentos de mejor contenido nutrimental, en cuanto a proteínas, fibra, vitaminas y minerales.

Tradicionalmente, los indicadores de sustentabilidad en esta dimensión se han planteado formando parte de indicadores más globales. Por consiguiente, en este documento se hizo un esfuerzo por identificar y sugerir indicadores específicos para la alimentación y nutrición que puedan ser monitoreables y reportables. Al respecto, se priorizaron indicadores fáciles de identificar, recopilar y analizar y además válidos y fiables, de tal manera que puedan ser utilizados en sistemas de evaluación y seguimiento de las actividades desarrolladas por la industria de alimentación y la nutrición. En los casos en que no existan indicadores disponibles o que tuviesen relevancia dado el contexto del país, se menciona la brecha y se entrega la justificación para avanzar en la identificación del mejor indicador o serie de indicadores.

Cuadro 7.

Indicadores para las dimensiones nutrición y alimentos e inocuidad alimentaria

Dimensión	Ámbito	Indicador	Fuente de información o referencia	Criterio
Nutrición y Alimentos	Nutrición y Alimentación Saludable	37. SKU con sellos / Total de SKU producidos.	Global Access to Nutrition Index (https://access-tonutrition.org/index/global-index-2021/).	Mide producción de alimentos no saludables en unidades.
		38. Volumen de producción con sellos / volumen total producido.	Global Access to Nutrition Index (https://access-tonutrition.org/index/global-index-2021/).	Mide producción de alimentos no saludables en volumen.
		39. SKU con etiquetado HSR >3.5 /Total de SKU producidos.	Global Access to Nutrition Index (https://access-tonutrition.org/index/global-index-2021/).	Mide producción de alimentos saludables en unidades.
		40. Volumen de producción con etiquetado HSR >3.5 /Volumen Total producido.	Global Access to Nutrition Index (https://access-tonutrition.org/index/global-index-2021/).	Mide producción de alimentos saludables en volumen.
		41. N° de Acciones de promoción y marketing de SKU saludables (sin sellos) / N° acciones de promoción del total de SKU.	Global Access to Nutrition Index (https://access-tonutrition.org/index/global-index-2021/).	Mide la importancia relativa de los alimentos saludables en las actividades de promoción.
	Inocuidad Alimentaria	42. Volumen de producción con certificación homologada (GFSI)/ Volumen de producción total.	Chilealimentos.	Mide la cantidad de producción con Certificación de Seguridad Alimentaria (GFSI)
	Seguridad Alimentaria	43. Volumen de materias primas importadas / Volumen de materia prima total.	FAO	Mide la dependencia de la industria con respecto de las importaciones de materias primas.

6.3. GLOSARIO

- **Acuerdo de sustentabilidad:** son aquellos acuerdos de cooperación entre las empresas para la consecución de objetivos de sustentabilidad. Los objetivos incluyen principalmente, la dimensión medioambiental de los acuerdos de sustentabilidad, con especial énfasis en el cambio climático.
- **Acuerdo de producción limpia (APL):** es un convenio celebrado entre un sector empresarial, empresas y los organismos públicos con competencia en las materias del acuerdo, cuyo objetivo es aplicar producción limpia a través de metas y acciones específicas. El objetivo general de los APL es servir como un instrumento de gestión que permite mejorar las condiciones productivas, ambientales, de higiene y seguridad laboral, de eficiencia energética, de eficiencia en el uso del agua, y otras materias abordadas por el acuerdo, de las empresas de un determinado sector productivo que lo suscriben, buscando generar sinergia y economías de escala en el logro de los objetivos acordados.
- **Agua reutilizada:** agua de proceso reutilizada sin tratar.
- **Agua tratada evacuada:** agua de proceso tratada y evacuada.
- **Agua reciclada:** agua de proceso tratada y reutilizada.
- **Aguas residuales:** son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales).
- **Amoníaco:** gas compuesto por nitrógeno e hidrógeno.
- **Calidad de agua:** es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua.
- **CO₂ Equivalente:** es una medida en toneladas de la huella de carbono. Huella de carbono es el nombre dado a la totalidad de la emisión de gases de efecto invernadero.

- **Comunidad indígena:** conjuntos de familias que se reconozcan como tales por el hecho de descender de poblaciones que habitaban del territorio nacional, en la época de la conquista o colonización e indígenas o indios a los miembros de dicha comunidad.
- **Consumo de energía eléctrica:** es la cantidad de energía utilizada en un punto de suministro durante un periodo de tiempo determinado. Este concepto es facturado por las comercializadoras al aplicarse un precio del kilovatio hora (kWh), que determinará el importe a abonar por la energía.
- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** es un parámetro que mide la cantidad de dióxigeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida. Es la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión.
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l).
- **Decreto Supremo N°90/2000:** tiene por objeto regular la descarga de contaminantes hacia cursos de aguas marinas y continentales superficiales mediante la fijación de límites máximos permisibles para la descarga de residuos líquidos, previniendo así de la contaminación de dichos cuerpos de agua. Este decreto establece que toda fuente que descargue sus residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua, deberá caracterizar sus residuos líquidos a modo de evaluar si califica como fuente emisora y si queda sujeta al cumplimiento de la norma de emisión.
- **Dimensiones de sostenibilidad:** medioambiente (ecológica) social y económica.
- **Eficiencia en el uso de la energía y el agua:** la “eficiencia en el uso del agua (EUA)” o “productividad del agua (PA)” es la relación existente entre la biomasa presente en un cultivo por unidad de agua utilizada por éste en un determinado momento.

- **Emisiones gases efecto invernadero (GEI):** son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmósfera y las nubes.
- **Energía autoproducida:** es la generación de energía eléctrica renovable por parte de quien la utiliza, ya sea una persona (que la utiliza en su hogar particular), una empresa o comercio, un equipamiento de servicios según corresponda.
- **Energía convencional:** se denomina así a todas las energías que son de uso frecuente en el mundo o que son las fuentes más comunes para producir energía eléctrica.
- **Energía renovable:** son aquellas que provienen de fuentes consideradas inagotables, y que se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento no se consumen a escala humana, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse en el tiempo.
- **Escasez de agua:** se refiere a la falta de suficientes recursos hídricos para satisfacer las demandas de consumo de agua en una región. La escasez de agua implica estrés hídrico, déficit hídrico, y crisis hídrica.
- **Gases refrigerantes:** es un compuesto químico al cual le vamos a provocar unos cambios físicos para obtener nuestro resultado, el frío. Como compuesto químico que es, contiene unos elementos los cuales resultan ser altamente contaminantes, provocando efectos adversos para nuestro planeta. Existen en la actualidad tres tipos de refrigerantes de la familia de los hidrocarburos halogenados: CFC (Flúor, Carbono, Cloro), HCFC (Hidrógeno, Carbono, Flúor, Cloro) y HFC (Hidrógeno, Flúor, Carbono).
- **Global Access to Nutrition Index 2021:** Índice de Acceso Global a la Nutrición (ATNI) es una iniciativa pionera que evalúa las políticas y el desempeño de los fabricantes de alimentos y bebidas más grandes del mundo relacionados con los desafíos nutricionales más urgentes del mundo: la obesidad y la desnutrición.

- **Global Reporting Initiative (GRI):** es una organización cuyo fin es impulsar la elaboración de memorias de sostenibilidad en todo tipo de organizaciones.
- **Grupo étnico:** Grupo de personas que comparten una cultura similar (creencias, valores y comportamientos), idioma, religión, antepasados y otras características que a menudo pasan de una generación a la siguiente.
- **HealthStar Rating (HSR):** es un sistema de etiquetado voluntario en el frente del envase que califica el perfil nutricional general de los alimentos envasados y le asigna una calificación de ½ estrella a 5 estrellas. Proporciona una forma rápida, fácil y estándar de comparar alimentos envasados similares. Cuantas más estrellas, más saludable será la elección.
- **Indicadores de sustentabilidad:** son aquellos indicadores sobre el desempeño económico, ambiental y social de una organización, que permiten gestionar la sustentabilidad, a través de la medición, evaluación, monitoreo y mejora de los mismos.
- **Insumo:** conjunto de bienes que se utilizan para producir otros bienes.
- **Industria de alimentos procesados:** se puede definir como el sector que agrupa el conjunto de las operaciones de transformación, conservación, preparación y acondicionamiento de los productos agrarios y alimentarios, efectuadas en unidades de producción industrial.
- **Materia prima:** es cualquier bien que se transforma a través de un proceso de producción para obtener un bien de consumo. La característica principal de las materias primas es que no han sido tratadas ni han sido sometidas a la actividad del ser humano, sino que se encuentran muy cerca de su estado natural.
- **Metales pesados:** es un miembro de un grupo de elementos químicos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Se incluyen principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos y actínidos. Muchas definiciones diferentes han propuesto basarse en la densidad, otras en el número atómico o peso atómico, y algunas en sus propiedades químicas o de toxicidad. De esta forma, la definición de metal pesado referida al peso atómico, un metal pesado

es un elemento químico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg); otra manera se refiere a los metales de densidad entre 4 g/cm³ hasta 7 g/cm³ y también hay otra clasificación referida al número atómico.

- **Norma NCH409:** esta norma establece los procedimientos de inspección y muestreo para verificar los requisitos microbiológicos, químicos, radiactivos, organolépticos y de desinfección del agua potable, que se especifican en NCH 409/1.
- **Norma NCH 1333:** regula un conjunto muy amplio de aspectos en materia de aguas y su aprovechamiento, abordando principalmente: las aguas y los derechos de aprovechamiento (de aguas terrestres, ya sean superficiales o subterráneas) y su adquisición. los cauces de las aguas, naturales y artificiales. los derrames y drenajes de aguas.
- **Inmigrante:** se refiere a una persona que deja su país natal y se va para otro, para radicarse en él.
- **Planta productora de alimentos:** es una sala que cuenta con la maquinaria industrial necesaria y cumple con todos los principios y regulaciones de higiene y seguridad requeridos por la ley, para producir alimentos en serie.
- **Patógenos:** son agentes (virus, bacterias u otros) que pueden causar enfermedades. Hay ciertos patógenos que pueden transmitirse vía alimentos generando un tipo de enfermedades llamadas ETAs (Enfermedades Transmitidas por Alimentos).
- **R22:** o clorodifluorometano es un gas incoloro comúnmente utilizado para los equipos de refrigeración, en principio por su bajo punto de fusión, (-157°C). El R-22 era hasta hace poco el gas refrigerante más utilizado en el sector del aire acondicionado, tanto para instalaciones de tipo industrial como domésticas, aunque está prohibido su distribución por ser altamente perjudicial para la capa de ozono. Actualmente ha sido sustituido para la fabricación de equipos nuevos por el R-407C o más modernamente por el R-410A.
- **R507:** es una mezcla de 2 gases refrigerantes licuados del tipo HFC (hidrofluorcarbono) que no daña la capa de ozono. Es de baja toxicidad, no es inflamable con la presencia del aire atmosférico a temperatura inferior a 100 °C y a presión atmosférica.

- **Reciclabilidad:** es la capacidad que tienen los productos diseñados en cumplir con la cadena de reciclado de la mejor forma. El reciclado cuenta con una cadena compuesta de 5 pasos: Origen, Recuperación, Transferencia, Clasificación y Reciclador Final.
- **Reciclaje:** es un proceso cuyo objetivo es convertir residuos en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización. Se previene el desuso de materiales potencialmente útiles, se reduce el consumo de nueva materia prima y el uso de energía. Adicionalmente, se previene la contaminación del aire (a través de la incineración) y del agua (a través de los vertederos), así como también se disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la producción de plásticos.
- **Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero:** las medidas de mitigación son aquellas políticas y tecnologías tendientes a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar los sumideros de los mismos. Debido a la diversidad y complejidad de cada país y región, así como las circunstancias que obstaculizan el desarrollo y la implantación de tecnologías y prácticas de mitigación, se requiere implementar medidas combinadas y adaptadas a las particularidades nacionales, regionales y locales.
- **Residuos:** es cualquier material que su productor o dueño considera que no tienen valor suficiente para retenerlo y que se diferencia de la basura, que son desechos producidos por los humanos y que no puede ser reutilizado o reciclado, destacando los residuos sólidos urbanos.
- **Residuos industriales líquidos o RILes:** son aguas de desecho resultantes del proceso, actividad o los servicios de las industrias, y que pueden traer consigo altas concentraciones de elementos contaminantes. También conocidos como RILes.
- **Residuos peligrosos:** son el resultado de la utilización de sustancias peligrosas, estas sustancias son las que afectan la salud de los individuos y el medioambiente de manera instantánea o en el tiempo. Dadas las características de estas sustancias, la clasificación por la cual se puede medir su nivel de peligrosidad: Toxicidad, Toxicidad crónica, Toxicidad extrínseca, Inflamabilidad, Explosividad, Reactividad.

- **Residuos sólidos no peligrosos:** se pueden definir como aquellos que no son ni inertes ni peligrosos. Así, por ejemplo, son residuos no peligrosos el plástico, el papel/cartón, o el metal, siempre que no estén contaminados por alguna sustancia peligrosa.
- **Responsabilidad social empresarial:** es la responsabilidad que cada organización tiene con el medio ambiente en que se desenvuelve y con la sociedad de la que hace parte, se define como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, generalmente con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y su valor añadido.
- **Sistema de etiquetado HSR (HealthStar Rating)** es un modelo interpretativo híbrido que adopta un ranking de media de cinco estrellas para indicar el nivel de la calidad nutricional general del producto.
- **Stock Keeping Unit (SKU):** es el número de referencia único de un producto, tal y como aparece registrado en el sistema de la empresa. es un código único que está compuesto habitualmente de letras y números. Normalmente, a partir de él se puede concluir a qué producto se refiere, aunque también los hay generados automáticamente por sistemas informatizados que no son tan intuitivos.
- **Sustentabilidad:** es la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas.
- **Sostenibilidad:** es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social.
- **Tasa de accidentabilidad:** es el cociente entre el número de accidentes del trabajo, ocurridos en el período de 12 meses, y el número promedio de trabajadores protegidos del mismo período, multiplicados por 100. Se interpreta como el número de accidentes por 100 trabajadores.

- **Tasa de siniestralidad:** este indicador se calcula dividiendo el número de accidentes del trabajo ocurridos en un período (numerador), por el número promedio anual de trabajadores dependientes del mismo período (denominador).
- **Tercer Acuerdo de Producción Limpia (APL):** son acuerdos voluntarios que establecen acciones y metas para alcanzar la producción limpia en un período determinado.
- **Trabajador en situación de discapacidad:** persona que teniendo una o más deficiencias físicas, mentales, sea por causa psíquica o intelectual, o sensoriales, de carácter temporal o permanente, al interactuar con diversas barreras presentes en el entorno, ve impedida o restringida su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con los demás.
- **Trabajadoras temporales:** trabajadores contratados sólo por un período de tiempo específico, incluye los contratos de duración determinada, basados en proyectos o en tareas, así como el trabajo ocasional o estacional, incluido el trabajo por días.
- **Ventas netas exportación:** son a las ventas o envíos de nuestros productos al exterior.
- **Ventas netas mercado nacional:** es un elemento contable que representa la suma de todas las ventas realizadas por una empresa de un bien o servicio.

7.

Referencias

- Access to nutrition initiative (ATNI). 2021. Global index 2021.181p. Available at: <https://accesstonutrition.org/?library=global-index-2021>.
- Acosta, A., & de los Santos, L. (2019). What is driving livestock total factor productivity change? A persistent and transient efficiency analysis. *Global Food Security*, 21, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.001>
- Acuña, D. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible y el sector agrícola chileno. Tópicos: agricultura sustentable, sustentabilidad, objetivos de desarrollo sostenible, ODS, Agenda 2030. ODEPA Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura de Chile. 15p.
- Adriaanse A. (1993). Environmental policy performance indicators. Sdu Uitgeverij Koninginnegracht, mei.
- Aduana. (2021). Estadísticas COMEX. URL://www.aduana.cl/aduana/site/edic/base/port/estadisticas.html?filtro=20181205221005_4
- Aguirre Royuela, M. A. (2002). Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medio ambiente. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Vol. II, p. 1231-1256. Madrid, 12-15 de febrero de 2002.
- Aldo Madariaga, Antoine Maillet, Joaquín Rozas. 2021. Multilevel business power in environmental politics: the avocado boom and water scarcity in Chile, *Environmental Politics*.
- Alfaro, M., Salazar, F., Oenema, O., Iraira, S., Teuber, N., Villarroel, D., et al. 2009. Nutrients balances in beef cattle production systems and their implications for the environment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 9, 40-54.
- Alfaro, M.A. y Mejias, J. 2021. El secuestro de carbono en los sistemas ganaderos, sus oportunidades y desafíos. En: Calvet, S. et al (eds), *Sostenibilidad en la producción ganadera*. Cajamar Caja Rural, España. pp: 97-116.
- Alimentos, Fruticultura, Agua y Suelo, Ganadería y
- Alkire, S., Meinzen-Dick, R., Peterman, A., Quisumbing, A., Seymour, G., Vaz, A., (2013). The women's empowerment in agriculture index. *World Development*, 52, 71-91.

- Alloza, J., García, S., Gimeno, T., Baeza, J., Vallejo, V.R., Rojo, L. & Martínez, A., 2014. Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Alvarez-Garretón, C., Lara, A., Boisier, J., Galleguillos, M. 2019. The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. *Forests* (10): 473. <https://doi.org/10.3390/f10060473>.
- Amanda Alfonso, Francisco Zorondo-Rodríguez & Javier A. Simonetti (2017) Perceived changes in environmental degradation and loss of ecosystem services, and their implications in human well-being, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24:6, 561-574, DOI: 10.1080/13504509.2016.1255674.
- Amoroso, M. M., & Turnblom, E. C. (2006). Comparing productivity of pure and mixed Douglas-fir and western hemlock plantations in the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(6), 1484-1496.
- Andersson, K., Lawrence, D., Zavaleta, J. et al. More Trees, More Poverty? The Socioeconomic Effects of Tree Plantations in Chile, 2001-2011. *Environmental Management* 57, 123-136 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0594-x>.
- Andersson, K., Lawrence, D., Zavaleta, J. et al. More Trees, More Poverty? The Socioeconomic Effects of Tree Plantations in Chile, 2001-2011. *Environmental Management* 57: 123-136 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0594-x>
- Andersson, K., Lawrence, D., Zavaleta, J. et al. More Trees, More Poverty? The Socioeconomic Effects of Tree Plantations in Chile, 2001-2011. *Environmental Management* 57: 123-136 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0594-x>
- APHIS. Animal and Plant Health Inspection Service. (2021). Handling of Animals; contingency plans. USDA, USA. <https://www.federalregister.gov/documents/2021/06/25/2021-13152/handling-of-animals-contingency-plans>
- Arellano, E.; Morales, N.; Gilabert, H.; Gaxiola A.; Miranda M. 2018. Acción temprana post-incendio en Chile: herramientas para definir objetivos de restauración de zonas incendiadas. *Temas d la Agenda Publica* Pontificia Universidad Católica de Chile. Año 13 (109).

- Arnold, FE. 2003. Native forest policy in Chile: understanding sectoral process dynamics in a country with an emerging economy. *International Forest Review* 5(4):317–328.
- Arroyo Rodríguez, V., Fahrig, L., Tabarelli, M., Watling, J. I., Tischendorf, L., Benchimol, M., ... & Tschardt, T. (2020). Designing optimal human modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecology letters*, 23(9), 1404–1420.
- Bacon, C.M., Getz, C., Kraus, S., Montenegro, M., & Holland, K. (2012). The social dimensions of sustainability and change in diversified farming systems. *Ecology and Society*, 17(4), 41.
- Baldini, A., & Alvarado, A. (Editores) (2008). Manual de plagas y enfermedades del bosque nativo en Chile. Asistencia para la recuperación y revitalización de los bosques templados de Chile, con énfasis en los *Nothofagus* Caducifolios. FAO-CONAF. 240p.
- Baldini, A., Cogollor, G., Sartoni, A., & Aguayo, J. (2005) Control biológico de plagas forestales de importancia económica en Chile. Corporación Nacional Forestal y Fundación para la Innovación Agraria, Santiago, Chile. 205p.
- Baldwin, E.A.; Bai, J.; Plotto, A.; Dea, S. Electronic Noses and Tongues: Applications for the Food and Pharmaceutical Industries. *Sensors* 2011, 11, 4744–4766. <https://doi.org/10.3390/s110504744>
- Baltussen, W.H.M, Spoolder, H.A.M., Lambooi, E., & Backus, G.B.C. (2009). Sustainable production: Transporting animals or meat. Marketing and Trade. 17th International Farm Management Congress, Bloomington/Normal, Illinois, USA.
- Baltussen, W.H.M, Spoolder, H.A.M., Lambooi, E., & Backus, G.B.C. (2009). Sustainable production: Transporting animals or meat. Marketing and Trade. 17th International Farm Management Congress, Bloomington/Normal, Illinois, USA.
- Barría, P., Chadwick, C., Ocampo-Melgar, A. et al. Water management or megadrought: what caused the Chilean Aculeo Lake drying?. *Reg Environ Change* 21, 19 (2021).

- Bell, S. L., Westley, M., Lovell, R., & Wheeler, B. W. (2018). Everyday green space and experienced well-being: The significance of wildlife encounters. *Landscape Research*, 43(1), 8–19. <https://doi.org/10/gjz5jp>
- Béné, C.; Prager, S.D.; Achicanoy, H.A.E.; Toro, P.A.; Lamotte, L.; Bonilla, C.; Mapes, B.R. 2019. Global map and indicators of food system sustainability. *Sci. Data* 6:1–15.
- Bidegain, I., Cerda, C., Catalán, E., Tironi, A., López-Santiago, C. 2019. Social preferences for ecosystem services in a biodiversity hotspot in South America. *PlosOne*. DOI: 10.1371/journal.pone.0215715.
- Bouwman, A.F., and D.P. van Vuuren. 1999. Global assessment of acidification and eutrophication of natural ecosystems. RIVM report 402001012. Bilthoven, the Netherlands National Institute of Public Health and the Environment (RIVM). 64 p.
- Bowman, D. M., Moreira-Muñoz, A., Kolden, C. A., Chávez, R. O., Muñoz, A. A., Salinas, F., ... & Johnston, F. H. (2019). Human-environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio*, 48(4), 350–362.
- Bozinovic, F., Medina, N.R., Alruiz, J.M., Cavieres, G., Sabat, P. (2016) Thermal tolerance and survival responses to scenarios of experimental climatic change: changing thermal variability reduces the heat and cold tolerance in a fly. *Journal of Comparative Physiology B* 186: 581–587.
- Bozinovic, F., Sabat, P., Rezende, E., Canals, M. (2016) Temperature variability and thermal performance in ectotherms acclimation, behaviour and experimental considerations. *Evolutionary Ecology Research* 17: 111–124.
- Bravo, L. 2018. Impactos de la escasez hídrica sobre las prácticas cotidianas de uso de agua de las mujeres mapuches en la comuna de San Juan de la Costa. Tesis Geografía, Universidad de Chile.
- Bravo, V., Gallo, C. & Acosta-Jamett, G. (2018). Effects of short transport and prolonged fasting in beef calves. *Animals* 8, 170; doi:10.3390/ani8100170
- Bravo, V., Gallo, C. & Acosta-Jamett, G. (2018). Effects of short transport and prolonged fasting in beef calves. *Animals* 8, 170; doi:10.3390/ani8100170

- Brejda, J. J., and Moorman, T. B. (2001). Identification and interpretation of regional soil quality factors for the Central High Plains of the Midwestern USA. In *Sustaining the global farm—Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting (ISCO99)*, ed. D. E. Stott,
- Bryant Benjamin P., Kelsey T. Rodd, Vogl Adrian L., Wolny Stacie A., MacEwan Duncan, Selman Paul C., Biswas Tanushree, Butterfield H. Scott. *Shaping Land Use Change and Ecosystem Restoration in a Water-Stressed Agricultural Landscape to Achieve Multiple Benefits*. *Front. Sustain. Food Syst.*, 31 August 2020.
- Budds J. 2004. Power, Nature and Neoliberalism: The political ecology of water in Chile. *Singapore Journal of Tropical Geography* Volume 25 (3): 322–342.
- Bundschuh J., Chen G. and Mushtaq S. 2014. Towards a sustainable energy technologies based agriculture. In: *Sustainable energy solutions in agriculture: sustainable energy developments*. Sustainable Energy Developments. Taylor & Francis (CRC Press), London, United Kingdom.
- Burkholder, J., Libra, B., Weyer, P., Heathcote, S., Kolpin, D., Thorne, P.S., and M. Wichman. 2007. Impacts of waste from concentrated animal feeding operations on water quality. *Environ Health Perspect* 115:308–312.
- Butin H., Peredo H. (1986). Hongos parásitos en coníferas de América del Sur, con especial referencia a Chile. *Bibliotheca Mycologica* 101:1–100.
- Campos J. 1998. *Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile*. FAO. Santiago, Chile. 65p.
- Campusano, R. (2014). Cambio climático y migraciones: Desafíos para el derecho y las políticas públicas. *Revista ACTUALIDAD JURÍDICA* N° 29 – Enero 2014. 15p. Disponible en: https://derecho.udd.cl/actualidad-juridica/files/2021/01/AJ29_239.pdf
- CARE. (2020). *Gender Equality and Women's Empowerment in the context of Food Security and Nutrition*. CFS Forum on Women's Empowerment in the context of Food Security and Nutrition, Rome, 2017 (CFS 2017/Inf 21). https://www.fao.org/fileadmin/templates/cfs/Docs1920/Gender/GEWE_Scoping_Paper-FINAL04Oct.pdf

- Careaga, R., Gómez Villarino, M. (2004). Indicadores de sostenibilidad y ambientales. La necesidad de avanzar en el consenso y la comprensión de los mismos. II Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, Vol. I, 321- 328, Santiago de Compostela (22-24 de septiembre de 2004)
- CBD (Convention on Biological Diversity). (2002). Decision VI/23: Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. [en línea] 6th meeting of the Conference of the Parties of the Convention on Biological Diversity. The Hague, 7-19 April 2002. «Convention on Biological Diversity» <http://www.cbd.int/decisions/cop06.shtml?m=COP-06&id=7197&lg=0> [Consulta: 05-01-2013].
- Ceballos M.C., Sant'Anna A.C., Boivin X., de Oliveira Costa F., Carvalhal M., Paranhos da Costa M. (2018). Impact of Good practices of handling training on beef cattle welfare and stockpeople attitudes and behaviors. *Livestock Science* 216, 24-31.
- Cediel G., Reyes M., da Costa Louzada ML, Martinez E., Monteiro C A, Corvalán C. and Uauy R. 2017. Ultra-processed foods and added sugars in the Chilean diet (2010). *Public Health Nutrition*: 21(1), 125-133.
- Fischedick M., J. Roy, A. Abdel-Aziz, A. Acquaye, J.M. Allwood, J.-P. Ceron, Y. Geng, H. Kheshgi, A. Lanza, D. Perczyk, L. Price, E. Santalla, C. Sheinbaum, and K. Tanaka, 2014: Industry. In: *Climate Change: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter10.pdf
- Centro de Estudios Mineduc (CEM) 2021. <https://datosabiertos.mineduc.cl/>
- CEPAL. (2014). Big data and open data as sustainability tools. A working paper prepared by the Economic Commission for Latin America and the Caribbean. Santiago, Chile. Available from: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37158/1/S1420677_en.pdf

- Cerda, C., Barkmann, J., Marggraf, R. 2014. Non-market economic valuation of the benefits provided by temperate ecosystems at the extreme south of the Americas. *Regional Environmental Change*. DOI 10.1007/s10113-014-0591-2.
- Cerda, C., Fuentes, J.P., Mancilla, G. 2018. Can conservation in protected areas and visitor preferences converge? An empirical study in Central Chile. *Biodiversity and Conservation* 27: 1431–1451.
- Cerda, C., Ponce, A., Zappi, M. 2013. Using choice experiments to understand public demand for the conservation of nature: A case study in central Chile. *Journal for Nature Conservation* 21: 143–153.
- Cerda, C., Silva-Rodríguez, E., Briceño, C. 2019. *Naturaleza en Sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad*. Editorial Ocho Libros, Santiago. 475 pp.
- Cerda, L., Angulo, A., Durán, A., & Olivares, T., (2002) Insectos asociados a bosques del centro sur de Chile. En: *Agentes de daño en el bosque nativo*. Baldini, A., & Pancel, L. (Eds.). Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 201–281pp.
- Chen D., Elhadj A., Xu H., Xu X., Zhi Q. A Study on the Relationship between Land Use Change and Water Quality of the Mitidja Watershed in Algeria Based on GIS and RS.
- Chilealimentos y Prochile. 2019. *Indicadores de Sustentabilidad y Cambio Climático*. 40p.
- Chilealimentos. 2013. *Guía de Indicadores de Sustentabilidad en la Industria de Alimentos Procesados*. 56p.
- Chilealimentos. 2017. *Guía para la elaboración y comunicación de Reportes de Sustentabilidad en la Industria de Alimentos Procesados*. Tercer Acuerdo de Producción Limpia Chilealimentos. 22p.
- Chum, H., A. Faaij, J. Moreira, G. Berndes, P. Dhamija, H. Dong, B. Gabrielle, A. Goss Eng, W. Lucht, M. Mapako, O. Masera Cerutti, T. McIntyre, T. Minowa, K. Pingoud, 2011: Bioenergy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Cogollor, G. (2002) Control. En: Agentes de daño en el bosque nativo. Baldini, A., & Pancel, L. (Eds.). Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 373-396pp.
- CONAF. 2015. Criterio e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. Segundo Reporte Nacional, periodo 2003-2015. Proceso de Montreal.
- Corporación Chilena de la Madera (CORMA) 2021. Sistema de Certificación Laboral
- Costanza, R. (2008). Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 141(2), 350-352. <https://doi.org/10/b5gkkd>
- Dahl, Arthur L. (1995). Human Settlements . Our Planet 8.1. June 1996. Measuring the unmeasurable. <http://www.ourplanet.com/imgversn/81/lyon.html>.
- Dahl, Arthur L. (1995). Towards indicators of sustainability. Paper presented at Scope Scientific Workshop on Indicators of Sustainable development. (Wuppertal, 15-17 November 1995).
- Das, R.C. (Ed.). (2021). Optimum Size of Government Intervention: Emerging Economies and Their Challenges (1st ed.). Routledge India. <https://doi.org/10.4324/9781003026495>
- Das, R.C. (Ed.). (2021). Optimum Size of Government Intervention: Emerging Economies and Their Challenges (1st ed.). Routledge India. <https://doi.org/10.4324/9781003026495>
- De Koning, RG., Capistrano, D., Yasmi, Y., Cerutti, P.O. 2008. Forest-related conflict: impacts, links and measures to mitigate. Rights and Resources Initiative, Washington DC. 52 p.
- Decreto 28. (2013). Aprueba reglamento sobre protección de los animales que provean de carne, pieles, plumas y otros productos al momento del beneficio en establecimientos industriales. Ministerio de Agricultura, Chile.
- Decreto 29. (2013). Aprueba reglamento sobre protección de los animales durante su producción industrial, su comercialización y en otros recintos de mantención de animales. Ministerio de Agricultura, Chile.

- Decreto 30. (2013). Aprueba reglamento sobre protección del Ganado durante el transporte. Ministerio de Agricultura.
- Desprez-Loustau, M-L., Aguayo J., Dutech C., Hayden K. J., Husson C., Jakushki B., Marçais B., Piou D., Robin C., Vacher C. (2016). An evolutionary ecology perspective to address forest pathology challenges of today and tomorrow. *Annals of Forest Science* 73:45–67.
- Devendra M. Amatya, Ge Sun, Cole Green Rossi, Herbert S. Ssegane, Jami E. Nettles and Sudhanshu Panda. Forests, Land Use Change, and Water. July 2015 DOI: 10.1201/b18652-8. In book: Impact of Climate Change on Water Resources in Agriculture Edition: 1stChapter: 7Publisher: CRC Press Editors: Cornelio Alberto Zolin, Renato de A. R. Rodrigues
- Díaz-Gaona, C., Sánchez-Rodríguez, M., & Rodríguez-Estévez, V. (2021). Assessment of the Sustainability of Extensive Livestock Farms on the Common Grasslands of the Natural Park Sierra de Grazalema. *Sustainability*, 13(4), 1818. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/1818>
- Dobermann A. et al. (2013). Solutions for Sustainable Agriculture and Food Systems: Technical Report for the Post-2015 Development Agenda. Thematic Group on Sustainable and Food Systems of the Sustainable Development Solutions Network. New York, NY.
- Domínguez, E., Oliva, G., Báez, J., & Suárez, Á. (2019). Monitores MARAS: una metodología eficiente y precisa para evaluar el efecto a largo plazo del pastoreo sobre las praderas y pastizales naturales [en línea]. Punta Arenas: Informativo INIA Kampenaike. no. 87. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/4937> (Consultado: 20 septiembre 2021).
- Don, A., Schumacher, J., & Freibauer, A. (2011). Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. *Global Change Biology* 17 1658–1670.
- Donoso PJ, L Otero. 2005. Hacia una definición de país forestal: ¿Dónde se sitúa Chile? *Bosque* 26 (3): 5–18.
- Donoso PJ, Zavaleta JC. 2014. Propuesta preliminar de incorporación de nuevos sitios de investigaciones socio-ecológicas de largo plazo en la Red LTSER de Chile. *Bosque* 35(3): 459–465.
- Donoso, G., Franco, G. (2013) La huella hídrica agrícola de Chile. *Agronomía y Forestal* n°47

- Donoso, P. J., & Lusk, C. H. (2007). Differential effects of emergent *Nothofagus dombeyi* on growth and basal area of canopy species in an old growth temperate rainforest. *Journal of Vegetation Science*, 18(5), 675–684.
- Donoso, P. J., & Soto, D. P. (2016). Does site quality affect the additive basal area phenomenon? Results from Chilean old-growth temperate rainforests. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(11), 1330–1336.
- DPCSD. (1995). Implementation Plan for CDS Work Programme on Indicators of Sustainable Development, United Nations, New York.
- Durán, A., Gryzenhouta M., Slippers B., Ahumada R., Rotella A., Flores F., Wingfield B. D., Wingfield M. J. (2008). *Phytophthora pinifolia* sp. nov. associated with a serious needle disease of *Pinus radiata* in Chile. *Plant Pathology* 57, 715–727.
- EC, European Commission. (2017). Research workshop on the sustainability of the EU's livestock production systems: a research agenda for Horizon 2020. Available from: https://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2017-2/2016-09-14-15_ws_sustainable_livestock_production_systems_report_41376.pdf
- Elizabeth J. Macpherson, Pia Weber Salazar. 2020. Towards a Holistic Environmental Flow Regime in Chile: Providing for Ecosystem Health and Indigenous Rights, *Transnational Environmental Law*.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2021. Criteria for the Definition of Solid Waste and Solid and Hazardous Waste Exclusions. Available online: <https://www.epa.gov/hw/criteria-definition-solid-waste-and-solid-and-hazardous-waste-exclusions>.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2000. National Water Quality Inventory 2000 Report (EPA-841-R-02-001). United States Environment Protection Agency, USA. pp: 207.
- Esteban Moratilla, F. (2002). La estrategia española de desarrollo sostenible. Un proyecto de futuro en marcha. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, Vol. I, p. 5–21, (Madrid, 13–15 febrero de 2002).
- EU Science Hub. 2021. EU Soil Observatory – dashboard with indicators. Revisado en <https://ec.europa.eu/jrc/en/eu-soil-observatory/dashboard> (30 septiembre 2021)

Eurobarometer: Protecting the environment and climate. (2020). https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_331

European Commission. (2021). Commission staff working document evaluation of the european unión strategy for the protection and welfare of animals 2012–2015. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021SC0076&rid=1>

EUROSTAT. (2005). “Structural indicators”. Ed: Web Eurostat.

Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., ... & Martin, J. L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14, 101–112.

Fajardo S. N., Valenzuela S., Dos Santos A. F., González M. P., Sanfuentes E. A. (2017). *Phytophthora pseudosyringae* associated with the mortality of *Nothofagus obliqua* in a pure stand in central-southern Chile. *Forest Pathology* e12361. 1–3.

FAO; The World Bank; UN-Habitat. (2019). *Measuring Individuals’ Rights to Land: An Integrated Approach to Data Collection for SDG Indicators 1.4.2 and 5.a.1*. Washington, DC: World Bank.© FAO, The World Bank, and UN-Habitat. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

FAO. (2012). *FAO Statistical Yearbook 2012 – World Food and Agriculture*. URL: www.fao.org/docrep/015/i2490e/i2490e00.htm

FAO. (2020). *Biodiversity and the livestock sector. Guidelines for quantitative assessment*.

FAO. (2020). *FAO Policy on Gender Equality 2020–2030*. Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/cb1583en/cb1583en.pdf>

FAO. (2020). *Sources of Meat*. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/backgr_sources.html

FAO. (2021). *Chile en una Mirada*. Available from: <https://www.fao.org/chile/fao-en-chile/chile-en-una-mirada/es/>

FAOSTAT. (2021). *Datos sobre alimentación y agricultura*. URL: <http://www.fao.org/faostat/es/>

FAOSTAT. (2021). *Datos sobre alimentación y agricultura*. URL: <http://www.fao.org/faostat/es/ODEPA,2021.Estadísticasproductivas>. URL: www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas

- FAWC. (2012). Opinion on contingency planning for farm animal welfare in disasters and emergencies. DEFRA, UK. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/324804/FAWC_opinion_on_contingency_planning_for_farm_animal_welfare_in_disasters_and_emergencies.pdf
- Feisali, M., & Niknami, M. (2021). Towards sustainable rural employment in agricultural cooperatives: Evidence from Iran's desert area. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(1). DOI: 10.1016/j.jssas.2021.05.004
- Figueroa, E. 2010. "Valoración económica detallada de las áreas protegidas de Chile. Proyecto GEFMMA- PNUD." En MMA, UNPD, and GEF, eds. "Creación de un sistema nacional integral de áreas protegidas para Chile." Santiago: Salesianos Impresiones S.A.
- Fire Weather index: <https://www.nwcg.gov/publications/pms437/cffdrs/fire-weather-index-system>
- Flores, S., Promis, Á., Hernández, R. 2019. Utilización de conocimientos locales en la generación de lineamientos estratégicos para la conservación de especies amenazadas: El caso de la Palma Chilena. En: Cerda, C., Silva-Rodríguez, E., Briceño, C. (Eds.): *Naturaleza en Sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad*. Editorial Ocho Libros, Santiago. Pp. 405-442.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2007): *State of the World's Forests 2007*. Rome, FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2009): *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Rome, FAO.
- Frene, C., Nuñez, M. 2010. Hacia un nuevo modelo forestal en Chile. *Bosque Nat.* 47: 25-35
- Fuentes, N., Marticorena, A., Saldaña, A., Jerez, V., Ortiz, J. C., Victoriano, P., Moreno, R. A., Larraín, J., Villaseñor-Parada, C., Palfner, G., Sánchez, P., & Pauchard, A. (2020). Multi-taxa inventory of naturalized species in Chile. *NeoBiota*, 60, 25-41. <https://doi.org/10.3897/neobiota.60.55366>
- Fuster, R., Escobar, C., Lillo, G., and A. de la Fuente. 2015. Construction of a typology system for rivers in Chile based on the European Water Framework Directive (WFD). *Environ Earth Sci.* 73:5255-5268.

- Gallo, C., & Tadich, T. (2018). Perspective from Latinamerica. In: Advances in Agricultural Animal Welfare, Science and Practice. Part Four: Animal welfare standards: Are they globally achievable? Edited by Joy A. Mench, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Pp. 197-218.
- Gara, R. (2010) Chile Forestal y las plagas de insectos. En: Entomología forestal en Chile. Lanfranco, D., & Ruiz, C. (Eds.). Ediciones Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 47-67pp.
- García-Chevesich, P. 2017. La mitad de los suelos chilenos no son productivos por el fenómeno de la erosión. Dircom-UCHile. Publicado el 2 de agosto de 2017. Disponible en: <https://www.uchile.cl/noticias/135586/la-mitad-de-los-suelos-chilenos-no-son-productivos-debido-a-la-erosion>
- Garreaud, R. JP. Boisier, R. Rondanelli, A. Montecinos, H. Sepúlveda and D. Veloso-águila, 2019: The Central Chile Mega Drought (2010-2018): A Climate dynamics perspective. International Journal of Climatology.
- Garreaud, R., K. Clem, y J. Vicencio, 2021: The South Pacific Pressure Trend Dipole and the Southern Blob, Journal Of Climate.
- Garreaud, R.D.; Alvarez-Garreton, C.; Barichivich, J.; Boisier, J.P.; Duncan, C.; Galleguillos, M.; Zambrano-Bigiarini, M. 2017. The 2010-2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. Hydrol. Earth Syst. Sci. 2017, 21, 6307-6327. <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>
- Ghelardini L., Pepori A. L., Luchi N., Capretti, P. Santini A. (2016). Drivers of emerging fungal diseases of forest trees. Forest Ecology and Management 381: 235-246.
- Giller, K.E., Tittonell, P., Rufino, M.C., Van Wijk, M.T., Zingore, S., Mapfumo, P., Adjei845 Nsiah, S., Herrero, M., Chikowo, R., Corbeels, M., Rowe, E.C. (2011). Communicating complexity: integrated assessment of trade-offs concerning soil fertility management within African farming systems to support innovation and development. Agricultural systems, 104(2), pp.191-203.
- Global Index 2021. Global Access to Nutrition Index 2021. Methodology: Development, structure, scope, contents, scoring and results presentation. Available at: www.globalnutritionreport.org.

- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (GPAFSN). (2020): Rethinking trade policies to support healthier diets. Policy Brief 13. 32p.
- Golivets, M., Woodall, C. W., & Wallin, K. F. (2019). Functional form and interactions of the drivers of understory non-native plant invasions in northern US forests. *Journal of Applied Ecology*, 0(ja). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13504>
- Gómez Sánchez, A. (2004). Indicadores de sostenibilidad. Trabajo tutelado en la Escuela T.S. de Ingenieros de Caminos, C.P. de la UPM. No publicado. GOYENA GARCÍA-TUÑÓN, I., SAGARDUY
- González G., Opazo A. (2002). Enfermedades fungosas y otras. En: Agentes de daño en el bosque nativo (Ed. Baldini & Pancel), pp: 89-135. Primera edición, Ed. Universitaria. 408 pp.
- González-Sánchez M. and Martín-Ortega JL. 2020. Greenhouse Gas Emissions Growth in Europe: A Comparative Analysis of Determinants. *Sustainability*. 12:1012-1033.
- González, G., & Opazo A. (2002) Enfermedades fungosas y otras. En: Agentes de daño en el bosque nativo. Baldini, A., & Pancel, L. (Eds.), Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 89-199pp.
- González, M.E., Sapiains, R., Gómez-González, S., Garreaud, R., Miranda, A., Galleguillos, M., Jacques, M., Pauchard, A., Hoyos, J., Cordero, L., Vásquez, F., Lara, A., Aldunce, P., Delgado, V., Arriagada, Ugarte, A.M., Sepúlveda, A., Farías, L., García, R., Rondanelli, R., J., Ponce, R., Vargas, F., Rojas, M., Boisier, J.P., C., Carrasco, Little, C., Osses, M., Zamorano, C., Díaz-Hormazábal, I., Ceballos, A., Guerra, E., Moncada, M., Castillo, I. (2020). Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, (ANID/FONDAP/15110009), 84 pp. Disponible en <https://www.cr2.cl/incendios/>
- Gregoire TG, Furnival G, Valentina H. 1995. Sampling methods to estimate foliage and other characteristics of individual trees. *Ecology* 76(4): 1181-1194.
- Gritten, D., Mola-Yudego, B. 2011. Exploration of the relevance of geographical, environmental and socio-economic indicators regarding forest conflict types. *International Forestry Review* 13(1).

- Groffman PM, C Stylinski, MC Nisbet, CM Duarte, R Jordan, A Burgin, MA Previtali, J Coloso. 2010. Restarting the conversation: challenges at the interface between ecology and society. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(6): 284–291.
- Grupo de Trabajo del Proceso de Montreal. 2003. Primer informe forestal general del Proceso de Montreal. Revisado en https://www.conaf.cl/Proceso-Montreal/2003mpoverview_s.pdf (27 septiembre, 2021)
- Haggar, J., & Rodenburg, J. (2021). Lessons on enabling African smallholder farmers, especially women and youth, to benefit from sustainable agricultural intensification, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 19(5–6), 636–640. DOI:10.1080/14735903.2021.1898179.
- Hansen, E.M. (2015). *Phytophthora Species Emerging as Pathogens of Forest Trees*. *Curr Forestry Rep* 1:16–24.
- Hao, H., Cheng, G., Iqbal, Z., Ai, X., Hussain, H. I., Huang, L., Dai, M., Wang, Y., Liu, Z., & Yuan, Z. (2014). Benefits and risks of antimicrobial use in food-producing animals. *Frontiers in Microbiology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00288>
- Hayward, J., Horton, T. R., Pauchard, A., & Nunez, M. A. (2015). A single ectomycorrhizal fungal species can enable a *Pinus* invasion. *Ecology*, 96(5), 1438–1444. <https://doi.org/10.1890/14-1100.1.sm>
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J. (1998) *Human-livestock Interactions: The Stockperson and the Productivity and Welfare of Intensively Farmed Animals*. CAB International 152pp.
- Hernández Aja, A. (2003). Informe sobre Indicadores Locales de Sostenibilidad Madrid (España), noviembre de 2003. Extraído de http://habitat.aq.upm.es/indloc/aindloc_9.html#1 el 17 de marzo de 2006.
- HLPE. 2013. Investing in smallholder agriculture for food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.
- Hofflinger, A., Nahuelpan, H., Boso, A., Millalen, P. 2020. Do Large-Scale Forestry Companies Generate Prosperity in Indigenous Communities? The Socioeconomic Impacts of Tree Plantations in Southern Chile. *Human Ecology* <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00204-x>.

Hofflinger, A., Nahuelpan, H., Boso, A., Millalen, P. 2020. Do Large-Scale Forestry Companies Generate Prosperity in Indigenous Communities? The Socioeconomic Impacts of Tree Plantations in Southern Chile. Human Ecology <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00204-x>

Hooda, P.S., Edwards, A.C., Anderson, H.A., and A. Miller. 2000. A review of water quality concerns in livestock farming areas. Sci Total Environ 250:143–167

<http://www.chileagenda2030.gob.cl/seguimiento/ods-5>

<http://www.enccrv.cl>

https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_español-1.pdf (28 septiembre, 2021)

<https://www.aapresid.org.ar/blog/brechas-de-productividad-ganadera-mas-y-mejor-conocimiento-para-incrementar-la-oferta/>

<https://www.conaf.cl/>

<https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosque-nativo/consejo-consultivo-de-la-ley-del-bosque-nativo/>

<https://www.conaf.cl/quienes-somos/participacion-ciudadana/consejo-de-la-sociedad-civil/>

https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1500992524InformeNacionaldeDialogoyParticipacionIndigena.pdf

https://www.conaf.cl/wp-content/files_f/1605703679MARCODEACIONPARALAPARTICIPACIONCONAF.2020.pdf

<https://www.conaf.cl/wp-content/uploads/2020/12/6-Politica-forestal-2015-2035.pdf>

https://www.conaf.cl/wpcontent/files_mf/1515526054CONAF_2017_MANUALPARALAPLANIFICACIONDELASAREASPROTEGIDASDELSNASPE_BajaResoluci%C3%B3n.pdf

<https://www.enccrv.cl/doc-salvuardas>

<https://www.enccrv.cl/maia>

<https://www.enccrv.cl/mofin>

<https://www.enccrv.cl/sdb-espanol-4ta-version>

<https://www.enccrv.cl/sesa-final>

<https://www.infor.cl/>

<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

<https://www.minagri.gob.cl/>

<https://www.unwomen.org/-/media/headquarters/attachments/sections/how%20we%20work/unsystemcoordination/un-swap/un-swap-2-tn-pi07-leadership-en.pdf?la=en&vs=2407>

Hulme, P. E. (2020). One Biosecurity: A unified concept to integrate human, animal, plant, and environmental health. *Emerging Topics in Life Sciences*, 4(5), 539–549. <https://doi.org/10.1042/ETLS20200067>

IEMA. (2020). Estado del medioambiente. Ministerio del Medio Ambiente, Chile.

Ignacio Fuentes, Rodrigo Fuster, David Avilés, Willem Vervoort. 2021. Water scarcity in central Chile: The effect of climate and land cover changes on hydrologic resources, *Hydrological Sciences Journal*.

INE. (2021). Censo Agropecuario. URL: www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios

INE. (2021a). Censo Agropecuario. URL: www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios

INE. (2021b). Censo de Población y Vivienda. URL: www.ine.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda

INFOR 2020. Productos Forestales No Madereros. Boletín N° 36.

Informe País. (2018). Estado del medio ambiente en Chile. Universidad de Chile.

INGEI Sector Energía. <https://snichile.mma.gob.cl/proceso-del-ingei/>

Instituto de Asuntos Públicos (IAP), Universidad de Chile. 2018. Informe País, Estado del medio ambiente en Chile.

- Instituto Forestal (INFOR). 2020. El Sector Forestal Chileno 2020.
https://wef.infor.cl/publicaciones/sector_forestal/2020/SectorForestal_2020.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe, ed. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Kanagawa, Japan. Retrieved from <https://data.globalchange.gov/report/ipcc-guidelines-2006>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014): Resumen para responsables de políticas, en: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático, Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx (eds.). Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- International Food Policy Research Institute. 2015. Global Nutrition Report: Actions and Accountability to Advance Nutrition and Sustainable Development. Washington, DC. 201p
- Intini, J., Jacq, E. y Torres, D. 2019. Transformar los sistemas alimentarios para alcanzar los ODS. 2030 – Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, No. 12. Santiago de Chile. FAO. 27 p.
- Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990–2018. Revisado en https://unfccc.int/sites/default/files/resource/7305681_Chile-BUR4-1-2020_IIN_CL.pdf (29 septiembre, 2021)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H. S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds). Published: IGES, Japan. Vol 4. (10) pp: 87.

- IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press. Recuperado 18 de diciembre 2021, en <https://www.ipcc.ch/srccl/cite-report/>
- IPCC. (2006). “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”. Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IPCC. (2019). “2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
- Jaksic, F. M., & Castro, S. A. (2021). Biological invasions in the South American Anthropocene: global causes and local impacts. Springer Nature.
- Jung, T., Durán A., Sanfuentes von Stowasser E., Schena L., Mosca S., Fajardo S., González M., Navarro A., Bakonyi J., Seress D., Tomšovský M., Cravador A., Maia C., Horta Jung M. Diversity of Phytophthora species in Valdivian rainforests and association with severe dieback symptoms. (2018). Forest Pathology e12443. 1-19.
- Kangas A. 2006. Sampling rare populations. In: Forest Inventory: Methodology and Applications. Kangas A. y Maltamo M. (Eds.), Springer. Dordrecht, Alemania.
- Kanter, D. & Musumba, M. & Wood, S. & Palm, Ch. & Antle, J. & Balvanera, P. & Dale, V. & Havlík, P. & Kline, K. & Scholes, R. & Thornton, Ph. & Titttonell, P. & Andelman, S. (2016). Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. Agricultural Systems. 163. 10.1016/j.agsy.2016.09.010.

- Keeling, L., Tunón, H., Olmos Antillón, G., Berg, C., Jones, M., Stuardo, L., Swanson, J., Wallenbeck, A., Winckler, C., & Blokhuis, H. (2019). Animal Welfare and the United Nations Sustainable Development Goals. *Frontiers in Veterinary Science*. 6:336. doi: 10.3389/fvets.2019.00336
- Kelty, M. J. (1992). Comparative productivity of monocultures and mixed-species stands. In *The ecology and silviculture of mixed-species forests* (pp. 125–141). Springer, Dordrecht.
- Kelty, M. J. (2006). The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*, 233(2–3), 195–204.
- Koutsoumanis, K., Allende, A., Álvarez-Ordóñez, A., Bolton, D., Bover-Cid, S., Chemaly, M., Davies, R., Cesare, A. D., Herman, L., Hilbert, F., Lindqvist, R., Nauta, M., Ru, G., Simmons, M., Skandamis, P., Suffredini, E., Argüello, H., Berendonk, T., Cavaco, L. M., ... Peixe, L. (2021). Role played by the environment in the emergence and spread of antimicrobial resistance (AMR) through the Food Chain. EFSA. Retrieved December 15, 2021, from <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2021.6651>
- Kumar, N., Tischbein, B., Kusche, J. et al. Impact of land-use change on the water resources of the Upper Kharun Catchment, Chhattisgarh, India. *Reg Environ Change* 17, 2373–2385 (2017)
- Kumar, R. R., Lee, J. T., & Cho, J. Y. (2012). Fate, occurrence, and toxicity of veterinary antibiotics in environment. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 55(6), 701–709. <https://doi.org/10.1007/s13765-012-2220-4>
- Ladha-Sabur A., Bakalis S., Fryer P.J. and Lopez-Quiroga E. 2019. Mapping energy consumption in food manufacturing. *Trends in Food Science & Technology*.
- Lal, R. (2011): “Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems”, *Food Policy* 36 (1), pp. S33–S39.
- Lal, R. 2008. Carbon sequestration. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363, 815–830. doi:10.1098/rstb.2007.2185

- Lamboll, R., Nelson, V., Gebreyes, M., Kambewa, D., Chinsinga, B., Karbo, N., Rukonge, A., Sekeleti, LitabaWakun'uma, W., Gutema, T.H., Henjewe, M., Kampanje-Phiri, J., Masikati-Hlanguyo, P., Quaye, W., Duah, S., Kivuyo, M., Nyanga, P., Akuffobe Essilfie, M., Yamoah Asafu-Adjaye, N., Clottey, V., & Martin, A. (2021). Strengthening decision-making on sustainable agricultural intensification through multi-stakeholder social learning in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 19, 609–635. DOI:10.1080/14735903.2021.1913898.
- Lebacqz, T. Baret, P.V., & Stilmant, D. (2013). Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 311–327.
- Lebacqz, T. Baret, P.V., & Stilmant, D. (2013). Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 311–327.
- Lebacqz, T., Baret, P.V., & Stilmant, D. (2013). Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 311–327.
- Léonard, P. (2020). Indicadores de biodiversidad en los marcos globales de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. Webinar Cómo construir y sostener indicadores de biodiversidad. Cepal.
- Li, D.J. (2012). Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation: a meta-analysis. *New Phytologist* 195 172–181.
- Li, Y., Sun, Z., & Accatino, F. (2021). Spatial distribution and driving factors determining local food and feed self-sufficiency in the eastern regions of China. *Food and Energy Security* 10(3):e296. <https://doi.org/10.1002/fes3.296>
- Liang J, Crowther TW, Picard N, Wiser S, Zhou M, Alberti G, Ernst-Detlef Schulze, A. David McGuire, Bozzato F, Pretzsch H, de-Miguel S, Paquette A, Herault B, Scherer-Lorenzen M, Barrett CB, Glick HB, Hengeveld GN, Nabuurs GJ, Pfautsch S, Viana H, Vibrans AC, Ammer C, Schall P, Verbyla D, Tchebakova N, Fischer M, Watson JV, Chen HYV, Lei X, Schelhaas MJ, Lu H, Gianelle D, Parfenova EI, Salas C, Lee E, Lee B, Kim HS, et al. 2016. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science* 354 (6309): 201–205.

- Lomolino, M.V., Riddle, B.R., Whittaker, R.J., & Brown, J.H. (2010). Biogeography. Sunderland (Massachusetts): Sinauer Associates. xiv + 878p.
- LÓPEZ-RIDAURA, S., O. MASERA, ASTIER M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio931 environmental systems. the MESMIS framework. Ecological Indicators 2:135-148.
- Lusk, C. H., & Ortega, A. (2003). Vertical structure and basal area development in second- growth Nothofagus stands in Chile. Journal of Applied Ecology, 40(4), 639-645.
- Machovina, Brian, et al. 2015. Biodiversity conservation: The key is reducing meat consumption. Science of the Total Environment 536: 419-431.
- Marfo, E., Danso-Abbeam, G., Donkoh, S.A., AdzoDikro, M., Sedem Ehiakpor, D., & Ofori, D. (2021). The complementarity and substitutability of sustainable agricultural practices among maize farm households under AFRINT regions in Ghana: Do the socioeconomic determinants confirm these? Cogent Food & Agriculture, 7:1, 1969736, DOI:10.1080/23311932.2021.1969736.
- Margozzini P. y Passi A. 2018. Encuesta Nacional de Salud, ENS 2016-2017: un aporte a la planificación sanitaria y políticas públicas en Chile. ARS MEDICA Revista de Ciencias Médicas 43:30-34.
- Marquet P. et al. (2019) Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Mesa Biodiversidad COP25
- Marquet, P. A., M. Fernández, P. Pliscoff, C. Smith-Ramírez, E. Arellano, J. Armesto, R. Bustamante, P. Camus, A. P. Durán, C. Echeverría, T. Fuentes-Castillo, A. Gaxiola, C. Gaymer, S. Gelcich, R. Hucke-Gaete, D. Manuschevich, M. J. Martínez-Harms, J. Naretto, V. Quirici, P. Ramírez de Arellano, H. Samaniego y M. Tironi. 2019. «Áreas protegidas y restauración en el contexto del cambio climático en Chile». En P. A. Marquet et al. (editores), Biodiversidad y cambio climático en Chile:Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

- Marquet, P., Altamirano, A., Arroyo, M., Fernández, M., Gelcich, S., Górski, K., Habit, E., Lara, A., Maass, A., Pauchard, A., Pliscoff, P., Samaniego, H., y C. Smith-Ramírez. 2020. Biodiversidad y cambio climático en Chile: evidencia científica para la toma de decisiones. Comité Científico COP25. ANID.
- Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., van der Schalie, R., de Jeu, R.A.M., Fernández-Prieto, D., Beck, H.E., Dorigo, W.A., and Verhoest, N.E.C.: GLEAM v3: satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture, *Geoscientific Model Development*, 10, 1903–1925, 2017.
- Martínez-Harms, M. J., Bryan, B. A., Wood, S. A., Fisher, D. M., Law, E., Rhodes, J. R., Dobbs, C., Biggs, D., & Wilson, K. A. (2018). Inequality in access to cultural ecosystem services from protected areas in the Chilean biodiversity hotspot. *Science of The Total Environment*, 636, 1128–1138. <https://doi.org/10/gd7c55>
- Massé, D., Saady, N., & Gilbert, Y. (2014). Potential of Biological Processes to Eliminate Antibiotics in Livestock Manure: An Overview. *Animals*, 4(2), 146–163. <https://doi.org/10.3390/ani4020146>
- Maulu, S., Hasimuna, O.J., Mutale, B., Mphande, J., & Siankwilimba, E. (2021). Enhancing the role of rural agricultural extension programs in poverty alleviation: A review (2021) *Cogent Food and Agriculture*, 7(1), 1886663. DOI: 10.1080/23311932.2021.1886663.
- Messier, C., Puettmann, K. J., & Coates, K. D. (Eds.). (2013). *Managing forests as complex adaptive systems: building resilience to the challenge of global change*. Routledge.
- Meyerson, L. A., & Mooney, H. A. 2013. Invasive globalization alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(4), 199–208. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[199:IASIAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2)
- Millennium Ecosystem Assessment (Program) (Ed.). (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.
- Miller, J.J. 2001. Impact of intensive livestock operations on water quality. *Proc. Western Canadian. Dairy Seminar* 13: 405–416.

Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MISESA). 2020. Informe desarrollo social 2020. 290p. Available online: http://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/storage/docs/Informe_de_Desarrollo_Social_2020.pdf.

Ministerio de Educación 2021. Portal www.mifuturo.cl del Ministerio de Educación.

Ministerio de Educación, Centro de Estudios 2020. Estudio sobre trayectorias educativas y laborales de estudiantes de educación media técnico-profesional. Evidencias N° 46. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2020). Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Santiago, Chile. 445 p. ISBN:978-956-7204-88-5

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2020. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, actualización 2020. Revisado en

Ministerio del Medioambiente. 2020. Informe del Inventario Nacional de Chile 2020:

MINSAL. (2020). Informe de situación 2020 Plan nacional contra la Resistencia a los Antimicrobianos. (p. 26).

MMA. (2000). Indicadores ambientales: Una propuesta para España, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Montalba Navarro R, Carrasco Henríquez N, Araya Cornejo J Contexto económico y social de las plantaciones forestales en Chile: el caso de la Comuna de Lumaco, región de la Araucanía: agosto de 2005. Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, Montevideo, Uruguay. ISBN: 9974-7920-7-X.

Morin, R. S. (Compiler). USDA Forest Service (2020). Forest Ecosystem Health Indicators. FS-1151. 25 p.

MOXEY, A. P., WHITE, B., SANDERSON, R. A. AND RUSHTON, S. P. (1995) An approach to linking an ecological vegetation model to an agricultural economic model, Journal of Agricultural Economics, 46 381 – 397.

MSGP (Ministerio secretaria general de la Presidencia). 1994. Ley 19300 sobre bases generales de medio ambiente. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Chile. pp: 38.

- Muñoz M, Aedo D, San Martín J. 2015. Antecedentes sobre la recolección y comercialización de productos forestales no madereros (PFNM), en localidades rurales de la región del Maule, Chile central. *Bosque* 36(1): 121-125.
- Nahed, J., García-Barrios, L., Mena, Y., & Castel, J.L. (2006). Use of indicators to evaluate sustainability of animal production systems. (Options Méditerranéennes.2006: Série A. Séminaires Méditerranéens; n.70. https://www.researchgate.net/publication/239921435_Use_of_indicators_to_evaluate_sustainability_of_animal_production_systems_Options_Mediterraneennes2006_Serie_A_Seminares_Mediterraneens_n_70
- Nahuelhual, L., Donoso, P., Lara, A., et al. 2007. "Valuing ecosystem services of Chilean temperate rainforests. *Environment, Development and Sustainability* 9:481-499.
- Navarro, G., Bravo, V., Gallo, C. & Phillips, CJC. (2019). Physiological and behavioural responses of cattle to high and low space, feed and water allowances during long distance transport in the south of Chile. *Animals* 9, 229; doi:10.3390/ani9050229
- Navarro, G., Bravo, V., Gallo, C. & Phillips, CJC. (2019). Physiological and behavioural responses of cattle to high and low space, feed and water allowances during long distance transport in the south of Chile. *Animals* 9, 229; doi:10.3390/ani9050229
- Nelson, P.N., Cotsaris, E., and J.M. Oades. 1996. Nitrogen, phosphorus, and organic carbon in streams draining two grazed catchments. *Journal of Environmental Quality*, 25:1221-1229.
- Newton, P., Miller, DC., Ateenyi Byenkya, MA., Agrawal, A. 2016. Who are forest-dependent people? A taxonomy to aid livelihood and land use decision-making in forested regions. *Land Use Policy* 57: 388-395.
- Nicoloso, C.S., Silveira, V.CP., Quadros, F.L.F., & Coelho Filho, R.C. (2015). Aplicación de la metodología MESMIS para la evaluación de sostenibilidad de los sistemas de producción familiares en el bioma Pampa: Análisis inicial. AIDA (2015), XVI Jornadas sobre Producción Animal, Tomo I, 123-125.

- Nicoloso, C.S., Silveira, V.C.P., Quadros, F.L.F., & Coelho Filho, R.C. (2015). Aplicación de la metodología MESMIS para la evaluación de sostenibilidad de los sistemas de producción familiares en el bioma Pampa: Análisis inicial. AIDA (2015), XVI Jornadas sobre Producción Animal, Tomo I, 123-125.
- Noss R.F. (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4, 355-364.
- NU (2001). Indicators of sustainable development: Guidelines and methodologies. ONU. Ed: ONU 2001.
- Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP). (2019). Estudio de Indicadores de Calidad de Vida y Estándares de Vida en los Territorios Rurales de Chile. Informe final. Santiago: ODEPA.
- Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP). (2019). Estudio de Indicadores de Calidad de Vida y Estándares de Vida en los Territorios Rurales de Chile. Informe final. Santiago: ODEPA.
- Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP). (2019). Estudio de Indicadores de Calidad de Vida y Estándares de Vida en los Territorios Rurales de Chile. Informe final. Santiago: ODEPA.
- Núcleo Milenio Centro para el Impacto Socioeconómico de las Políticas Ambientales (CESIEP). (2019). Estudio de Indicadores de Calidad de Vida y Estándares de Vida en los Territorios Rurales de Chile. Informe final. Santiago: ODEPA.
- Nuñez, D. 2004. Valoración económica del servicio ecosistémico de producción de agua, del bosque de la cuenca de Llancahue, Décima región. Tesis para optar al título de Magíster en Desarrollo Rural. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Nuñez, M. A., Chiuffo, M. C., Torres, A., Paul, T., Dimarco, R. D., Raal, P., Policelli, N., Moyano, J., García, R. A., van Wilgen, B. W., Pauchard, A., & Richardson, D. M. (2017). Ecology and management of invasive Pinaceae around the world: Progress and challenges. *Biological Invasions*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1483-4>

- ODEMBURG E., TUNSTALL D., VAN BOLHUIS F. (1995). Environmental Indicators for Global Cooperation, Working Paper #1, Global Environmental Facility (GEF), UNDP/UNEP/The World Bank,
- ODEPA (2019). Fichas evaluación ex ante de programas públicos formulación presupuestaria 2020. Servicio Agrícola y Ganadero. Departamento de asistencia técnica. División de control de gestión pública. DIPRES. Disponible en https://www.dipres.gob.cl/597/articles-198731_doc_pdf.
- ODEPA 2020. Validación de la propuesta de Sistema de Indicadores de Calidad de Vida Rural. Informe Final.
- ODEPA. (2018). Agricultura chilena, reflexiones y desafíos al 2030. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura de Chile. Fecha de publicación: 22 enero, 2018 Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/documentos-e-informes/agricultura-chilena-reflexiones-y-desafios-al-2030>.
- ODEPA. (2021). Estadísticas productivas. URL: <http://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>
- OECD Key Environmental indicators (2004). Obtenido el 29 de abril en <http://www.oecd.org/dataoecd/32/20/31558547.pdf>
- OECD. (1993). OECD, Core set of indicators for environmental performance of the Environment. Environment performance reviews. A synthesis report by the group on the state of the environment monographs no. 83.
- OECD. (2001). Agri-Biodiversity indicators. Proceedings from an OECD Expert Meeting, Zurich, Switzerland.
- OECD. (2013). OECD Compendium of Agri-environmental Indicators, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264186217-en>.
- Oelkers, E. H. & Cole, D. R. 2008. Carbon dioxide sequestration: a solution to the global problem. Elements 4, 305–310. doi: 10.2113/gselements.4.5.305
- OIE. (2018). OIE Annual report on antimicrobial agents intended for use in animals (p. 129).

- OIE. (2019). Exploring innovative approaches to improving sustainable management of animal health emergencies. Paris, France. <https://www.oie.int/app/uploads/2021/03/dd-exploring-innovative-approaches-to-improving-sustainable-management-of-animal-health-emergencies.pdf>
- OIE. (2020). Strengthening preparedness and resilience to emergencies. Bulletin 2020-22. <https://oiebulletin.com/wp-content/uploads/bulletins/panorama-2020-2-en.pdf>
- OIE. (2021). Código Sanitario para los Animales Terrestres. https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/es_sommaire.htm
- Oliva G. et al. (2016) Monitoring technology for semi-arid rangelands: The MARAS System. Proceedings of the 10th International Rangelands Congress.
- Oliva G. et al. (2020) The MARAS dataset, vegetation and soil characteristics of dryland rangelands across Patagonia. Scientific Data 7: 327
- Oliva, G., Dos Santos, E., Sofía, O., Umaña, F., Massara, V., García Martínez, G., Caruso C., Carriac, G., Echevarria, D., Fantozzi, A., Butti, L., Bran, D., Gaitán, J., Ferrante, D., Paredes, P., Domínguez, E., & Maestre, F.T. (2020). En prensa. Vegetation and soil characteristics of dryland rangelands across Patagonia: The MARAS database. SCIDATA/Nature Sci Data 7, 327 (2020). Open access: <https://rdcu.be/b8LOz>. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00658-0>
- Oliva, G., Gaitán, J.J., Bran, D., Nakamatsu, V., Salomone, J., Buono, G., Escobar, J., Frank, F., Ferrante, D., Humano, G., Ciari, G., Suarez, D., & Opazo, W. (2011). Manual para la instalación y lectura de monitores MARAS (Monitoreo Ambiental para Regiones Áridas y Semiáridas). PNUD, Buenos Aires, Argentina. 74 pp.
- Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., Vellinga, T., Henderson, B. & Steinfeld, H. (2013). Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Palik BJ, AW D'Amato, JF Franklin, KN Johnson. 2021. Ecological Silviculture. Foundations and Applications. Waveland Press, Inc., Illinois, Estados Unidos.

- Pannell, D. J., And Glenn, N. A. (2000). A framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture. *Ecological economics*, 33(1), 135-149.
- Paranhos Da Costa, M.J.R., Huertas, S.M., & Gallo, C. (2019). Handling and transport of cattle and pigs in South America. In: *Livestock Handling and Transport*, 5th Edition, ed. Temple Grandin, Chapter 10, pp.184-204. CAB International.
- Paranhos Da Costa, M.J.R., Huertas, S.M., & Gallo, C. (2019). Handling and transport of cattle and pigs in South America. In: *Livestock Handling and Transport*, 5th Edition, ed. Temple Grandin, Chapter 10, pp.184-204. CAB International.
- Pardini, R., Nichols, E., & Püttker, T. (2017) Biodiversity response to habitat loss and fragmentation. *Encyclopedia of the Anthropocene*, 3, 229-239.
- Parrotta, J., Yeo-Chang, Y., Camacho, L.D. 2016. Traditional knowledge for sustainable forest management and provision of ecosystem services, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 12:1-2, 1-4.
- Pauchard, A., García, R., Langdon, B. & Nuñez, M. 2014. Invasiones de plantas en ecosistemas forestales: bosques y praderas invadidas. En: *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile*. Donoso, C., Gonzalez M. & Lara, A. (ed). pp 673-691. Ediciones Universidad Austral de Chile.
- Pauchard, A., Quiroz, C., García, R., Anderson, C. B., & Arroyo, M. T. K. (2011). Invasiones biológicas en América Latina y el Caribe: Tendencias en investigación para la conservación. In *Conservación Biológica: Perspectivas desde América Latina* (p. 17). Editorial Universitaria.
- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P., Smith, P. 2016. Climate-smart soils. *Nature* 532, pages 49-57. doi:10.1038/nature17174
- Pelletier N, Audsley E, Brodt S, Garnett T, Henriksson P, Kendall A, et al. Energy intensity of agriculture and food systems. *Annual review of environment and resources*. 2011; 36. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-081710-161014> 37. González-Sánchez M,

- Pereira, G.M., Egito, A.A., Gomes, R.C., Ribas, M.N., Torres Junior, R.A.A., Fernandes Junior, J.A., & Menezes, G.R.O. (2021). Water requirements of beef production can be reduced by genetic selection. *Animal*, 15, 100142. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100142>
- Pérez-Lombardini, F., Mancera, K.F., Suzán, G., Campo, J., Solorio, J., & Galindo, F. (2021) Assessing Sustainability in Cattle Silvopastoral Systems in the Mexican Tropics Using the SAFA Framework. *Animals* 1, 109. <https://doi.org/10.3390/ani11010109>
- Pinedo-Taco, R., Borjas-Ventura, R., Alvarado-Huamán, L., Castro-Cepero, V., & Julca-Otiniano, A.M. (2021). Sustainability of agricultural production systems: A systematic review of the methodologies used for their evaluation [Sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola: Una revisión sistemática de las metodologías empleadas para su evaluación] *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24 (1). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85100263072&partnerID=40&md5=d3d2fc764524235f63e0aa9e757f7270>
- Pinedo-Taco, R., Borjas-Ventura, R., Alvarado-Huamán, L., Castro-Cepero, V., & Julca-Otiniano, A.M. (2021). Sustainability of agricultural production systems: A systematic review of the methodologies used for their evaluation [Sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola: Una revisión sistemática de las metodologías empleadas para su evaluación] *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24 (1). <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85100263072&partnerID=40&md5=d3d2fc764524235f63e0aa9e757f7270>
- Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A.M., Kinengyere, A., Morales Opazo, C., Owoo, N., Page, J.R., Prager, S.D., & Torero, M. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3, 809–820. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y>
- Piñeiro, V., Arias, J., Dürr, J., Elverdin, P., Ibáñez, A.M., Kinengyere, A., Morales Opazo, C., Owoo, N., Page, J.R., Prager, S.D., & Torero, M. (2020). A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. *Nature Sustainability*, 3, 809–820. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y>
- PNUD (2017). Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/naturalizadas en Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas. 62 pp.

- PNUD. (2017). Catálogo de las especies exóticas asilvestradas/ naturalizadas en Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas (LIB) Universidad de Concepción, Proyecto GEF/MMA/PNUD Fortalecimiento de los Marcos Nacionales para la Gobernabilidad de las Especies Exóticas Invasoras: Proyecto Piloto en el Archipiélago de Juan Fernández. Santiago de Chile. 61 pp.
- Pohl B. 2020. Productos Forestales No Madereros (PFNM) en Chile, Importancia y Sustentabilidad: El caso del avellano (*Gevuina avellana*). Tesis Magister Cs. Regionales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 170p.
- Pollock, L.J., O'Connor, L.M.J., Mokany, K., Rosauer, D.F., Talluto, M.V. & Thuiller, W. (2020) Protecting Biodiversity (in All Its Complexity): New Models and Methods. *Trends in Ecology & Evolution*, 35, 1119–1128.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992.
- Pretty, J. N., Noble, A. D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R. E., Penning De Vries, F. W., & Morison, J. I., 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental science & technology*, 40(4), 1114–1119.
- Prodan M, R Peters, F Cox, Real P. 1997. *Mensura Forestal. Serie investigación y educación de desarrollo sostenible*. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA)/BMZ/GTZ, San José, Costa Rica. 561 p
- Pullanikatil, D., Schakleton, Ch. 2019. *Poverty Reduction Through Non-Timber Forest Products*. Springer.
- Pyšek, P., Hulme, P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L. C., Genovesi, P., Jeschke, J. M., Kühn, I., Liebhold, A. M., Mandrak, N. E., Meyerson, L. A., Pauchard, A., Pergl, J., Roy, H. E., Seebens, H., ... Richardson, D. M. (2020). Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, 95(6), 1511–1534. <https://doi.org/10.1111/brev.12627>
- Quesne, C. (2002) Bioecología del bosque nativo chileno. En: *Agentes de daño en el bosque nativo*. Baldini, A., & Pancel, L. (Eds.). Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile. 19–44pp.

- Razeto, J., Skewes, J.C., Catalán, E. 2019. Prácticas de conservación: Sistemas Naturales y Procesos culturales: Apuntes para una reflexión crítica desde la etnografía. En: Cerda, C., Silva-Rodríguez, E., Briceño, C. (Eds.): Naturaleza en Sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad. Editorial Ocho Libros, Santiago. Pp. 75-106.
- Reddy, K.R., Kadlec, R.H., Flaig, E., and P.M. Gale. 1999. Phosphorus retention in streams and wetlands: a review. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 29: 83-146.
- Reflection Paper on antimicrobials in the environment. (n.d.). Retrieved December 15, 2021, from https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/reflection-paper-antimicrobial-resistance-environment-considerations-current-future-risk-assessment_en.pdf – FAO. (2017). A Literature Review and Key Agri/Environmental Indicators. Publication prepared in the framework of the Global Strategy to improve Agricultural and Rural Statistics. (p. 176)
- Resolución 4380. (2021). Establece requisitos para el reconocimiento de los cursos de capacitación en bienestar animal para encargados de los animales, establecidos en los decretos 28, 29 y 30 de 2013, sobre protección de los animales.
- Reyes, R., Razeto, J., Barreau, A., Muller-Using, S. 2020. Hacia una socio-ecología del bosque nativo de Chile. Social Ediciones, Santiago. 149 pp.
- RILEY, J. (2001). Multidisciplinary indicators of impact and change: key issues for identification and summary. Agriculture, Ecosystems & Environment, 87(2), 245-259.
- Robichaud, P.R., Lewis, S.A., Brown, R.E. & Ashmun, L.E., 2009. Emergency Post-fire Rehabilitation Treatment Effects on Burned Area Ecology and Long-term Restoration. Fire Ecol. 5, pp. 115-128. doi:10.4996/fireecology.0501115
- Rojas, E. (2010) Insectos cuarentenarios de importancia forestal para Chile. En: Entomología forestal en Chile. Lanfranco, D., & Ruiz, C. (Eds.). Ediciones Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 81-120pp.

- Sadok, W., Angevin, F., Bergez, J. E., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., ... Doré, T. (2009). MASC, a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 447– 461.
- SAG (2019). Declaración de venta de antimicrobianos. <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/declaracion-de-venta-de-antimicrobianos>
- SAG. (2020). Propuesta de indicadores de calidad de suelo. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura de Chile. Disponible en: http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/3_calidad_suelo_uso_agricola.pdf
- Salas C, Gregoire TG, Craven DJ, Gilabert H. 2016. Modelación del crecimiento de bosques: estado del arte. *Bosque* 37(1): 3–12.
- Salas C, Real P. 2013. Biometría de los bosques naturales de Chile: estado del arte. In: *Silvicultura en los bosques nativos: avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda*. Donoso P. y Promis A. (Eds.), Editorial Maria Cuneo. Valdivia, Chile. Pp: 109–151.
- Salas C, Real P. 2013. Biometría de los bosques naturales de Chile: estado del arte. In: *Silvicultura en los bosques nativos: avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda*. Donoso P. y Promis A. (Eds.), Editorial Maria Cuneo. Valdivia, Chile. Pp: 109–151.
- Salas-Eljatib C, Fuentes A, Donoso PJ, Matus C, Soto D. 2018. Crecimiento de bosques secundarios y adultos de *Nothofagus* en el centro-sur de Chile. In: *Silvicultura en bosques nativos: experiencias en silvicultura y restauración en Chile, Argentina y el oeste de Estados Unidos*. Donoso P, Promis A, Soto D. (Eds.), Editorial Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Pp: 73–92.
- Salas, C., Donoso, P.J., Vargas, R., Arriagada, C.A., Pedraza, R., Soto, I.P. 2016. The Forest Sector in Chile: An Overview and Current Challenges. *Journal of Forestry* 114(5): 562–571.
- Santamaría, J., Tomas, F., Ballesteros, E., Ruiz, J.M., Bernardeau- Esteller, J., Terrados, J., & Cebrian, E. (2021). The role of competition and herbivory in biotic resistance against invaders: a synergistic effect. *Ecology*, 10.1002/ecy.3440, 102, 9.

- Schar, D., Sommanustweechai, A., Laxminarayan, R., & Tangcharoensathien, V. (2018). Surveillance of antimicrobial consumption in animal production sectors of low- and middle-income countries: Optimizing use and addressing antimicrobial resistance. *PLoS Medicine* 15(3):e1002521. doi: 10.1371/journal.pmed.1002521.
- Schiappacasse, I., Nahuelhual, L., Vásquez, F., Echeverría, C. 2012. Assessing the benefits and costs of dryland forest restoration in central Chile. *Journal of Environmental Management* 97: 38–45.
- Schmitt, S., Pouteau, R., Justeau, D., Boissieu, F. de & Birnbaum, P. (2017) ssdm: An r package to predict distribution of species richness and composition based on stacked species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution*, 8, 1795–1803.
- Schowalter, T.D. (2016) *Insect ecology: an ecosystem approach*. Academic Press Elsevier. Cambridge, USA. xi + 762p.
- Schwartzkopf-Genswein, K., Ahola, J., Edwards-Callaway, L., Hale, D., & Paterson, J. (2015). Symposium Paper: Transportation issues affecting cattle well-being and considerations for the future 11 Presented at the Cattle Transportation Symposium sponsored by the Beef Checkoff Program, National Cattlemen's Beef Association, and Colorado State University, Ft. Collins, Colorado, May 2015., *The Professional Animal Scientist*, Volume 32, Issue 6, 707–7016.
- Shiri, N. (2021). Attitude toward organic agribusiness: An approach to developing sustainable business. *British Food Journal*, 123, 3265–3276.
- Simón, J., García, R., Ruiz, A., Márquez, S., Sanjuán, M. (2013). Diseño de una metodología para la aplicación de indicadores del estado de conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. España. 320 p. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/indicadores_tcm30-197157.pdf.
- Sims R., Flammini A., Puri M. and Bracco S. 2015. Opportunities For Agri-Food Chains To Become Energy-Smart. FAO.
- Slippers, B., Wingfield M. J. (2007). Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal Biology Reviews* 21, 90–106.

- Smith-Ramírez, C., Vieli, L., Barahona-Segovia, R. M., Montalva, J., Cianferoni, F., Ruz, L., Fontúrbel, F. E., Valdivia, C. E., Medel, R., Pauchard, A., Celis-Diez, J. L., Riesco, V., Monzón, V., Vivallo, F., Neira, M., Smith-Ramírez, C., Vieli, L., Barahona-Segovia, R. M., Montalva, J., ... Neira, M. (2018). Las razones de por qué Chile debe detener la importación del abejorro comercial *Bombus terrestris* (Linnaeus) y comenzar a controlarlo. *Gayana (Concepción)*, 82(2), 118–127. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382018000200118>
- Stein, A., Gerstner, K. & Kreft, H. (2014) Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*, 17, 866–880.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y de Haan, C. (2006): *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. Roma, FAO.
- Stenlid J., Oliva J. (2016). Phenotypic interactions between tree hosts and invasive forest pathogens in the light of globalization and climate change. *Phil. Trans. R. Soc. B* 371: 20150455.
- Stotz, G.C., Gianoi, E., & Cahill, J. F. Jr. (2019). Biotic homogenization within and across eight widely distributed grasslands following invasion by *Bromus inermis*. *Ecology* 100:e02717.
- Sturrock R. N., Frankel S. J., Brown A. V., Hennond P. E., Kliejunas J. T., Lewis K. L., Worrall J. J., Woods A. J. (2011). Climate change and forest diseases. *Plant Pathology* 60, 133–149.
- Tacon A, Palma J, Fernández U, Ortega F. 2006. El mercado de los productos forestales no madereros y la conservación de los bosques del sur de Chile y Argentina. WWF. Valdivia, Chile. 96p.
- Tahiru, A.A., Doke, D.A. & Baatuuwue, B.N. Effect of land use and land cover changes on water quality in the Nawuni Catchment of the White Volta Basin, Northern Region, Ghana. *Appl Water Sci* 10, 198 (2020)
- The World Bank. 2020. Chile's Forests: A pillar for inclusive and sustainable development. Country Forest Note. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33894>
- Tiseo, K., Huber, L., Gilbert, M., Robinson, T. P., & Van Boeckel, T. P. (2020). Global Trends in Antimicrobial Use in Food Animals from 2017 to 2030. *Antibiotics*, 9(12), 918. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9120918>

- Tjolli, I., Karuniasa, M., Rehiara, A.B., Jance, S., & Lestari, I. (2021) Development of the sustainable human development index model in West Papua. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 716 (1), art. no. 012106. DOI: 10.1088/1755-1315/716/1/012106. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85104182973&doi=10.1088%2f1755-1315%2f716%2f1%2f012106&partnerID=4O&md5=59bd0abff6c95370d956c98eec7b57a8>
- Tjolli, I., Karuniasa, M., Rehiara, A.B., Jance, S., & Lestari, I. (2021). Development of the sustainable human development index model in West Papua. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 716(1), 012106. DOI: 10.1088/1755-1315/716/1/012106.
- Tuanmu, M.-N. and Jetz, W. (2015), Global habitat heterogeneity. *Global Ecology and Biogeography*, 24: 1329–1339. <https://doi.org/10.1111/geb.12365>
- Umaña, P. 2017. Valoración socio-cultural de la transformación territorial debido a la expansión forestal en la comuna de Pichilemu, Chile. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental, Universidad de Chile.
- United Nations Economic and Social Council. 2016. Report of the Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators. E/CN.3/2016/Rev.1. New York
- Urrutia-Jalabert, R., González, M. E., González-Reyes, Á., Lara, A., & Garreaud, R. (2018). Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere*, 9(4), e02171.
- Valdebenito G, Barros S. 2009. Productos forestales no madereros en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal* 15(1): 111-132.
- Valdés-Pineda, R., J. Cañón and J.B. Valdés. 2017 Multi-decadal 40- to 60-year cycles of precipitation variability in Chile (South America) and their relationship to the AMO and PDO signals. *J. Hydrol.* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.031>
- Vallejo, V., Arianoutsou, M. & Moreira, F., 2012a. Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types. *Post-Fire Managment and Restoration of Southern European Forest. Managing Forest Ecosystems.* doi:10.1007/978-94-007-2208-8

- Van Laar A, Akça A. 2007. Forest Mensuration. Springer–Netherlands, Dordrecht, Netherlands. 383 p.
- Vanessa Novoa, Ramón Ahumada–Rudolph, Octavio Rojas, Katia Sáez, Francisco de la Barrera, José Luis Arumí. 2019. Understanding agricultural water footprint variability to improve water management in Chile. Science of The Total Environment, Volume 670:188–199.
- Vega, J.A., 2016. Prioridades de restauracion de áreas foresta– les quemadas. Cuadernos de la Sociedad Española de Cien– cias Forestales, 180, pp. 155–180.
- Vetter, S.H., Malin, D., Smith, P., & Hillier, J. (2018). The potential to reduce GHG emissions in egg production using a GHG calculator – A Cool Farm Tool case study. Journal of Cleaner Production, 202, 1068–1076.
- Vita, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del Quillay (Quillaja saponaria Mol.). Boletín técnico 28 Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. p 19–31.
- WCED (1987). Our Common Future. In World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford, UK
- Weese, J. S., Giguère, S., Guardabassi, L., Morley, P. S., Papich, M., Ricciuto, D. R., & Sykes, J. E. (2015). ACVIM Consensus Statement on Therapeutic Antimicrobial Use in Animals and Antimicrobial Resistance. Journal of Veterinary Internal Medicine, 29(2), 487–498. <https://doi.org/10.1111/jvim.12562>
- Weiskittel AR, DW Hann, JA Kershaw Jr., Vanclay JK. 2011. Forest Growth and Yield Modeling. John Wiley & Sons, 430 p.
- World Bank. (2008). World Development Report 2008: Agriculture for Development. Washington, DC: The World Bank
- World Bank. (2021). Moving towards sustainability: The livestock sector and the World Bank. Available from: <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/moving-towards-sustainability-the-livestock-sector-and-the-world-bank>
- ZAGAL, ERICK & CÓRDOVA, CAROLIN. (2005). Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado. Agricultura técnica, ISSN 0365–2807, Vol. 65, N°. 2, 2005, pags. 186–197. 65. 10.4067/S0365–28072005000200008.

- Zhao, Y., Feng, D., Yua, L., Wang, X., Chen, Y., Hernández, H.J., Galleguillos, M., Estades, C., Biging, G., Radke, J. & Gong, P. 2016. Detailed dynamic land cover mapping of Chile: accuracy improvement by integrating multi-seasonal land cover data. *Remote Sensing of Environment* 183, 170–185. doi:10.1016/j.rse.2016.05.016
- Zizka, A., Silvestro, D., Vitt, P. and Knight, T.M. (2021), Automated conservation assessment of the orchid family with deep learning. *Conservation Biology*, 35: 897–908. <https://doi.org/10.1111/cobi.13616>
- Zorondo-Rodríguez, F., Carrasco-Oliva, G., Alfonso, A. & Simonetti, J. 2019. Vinculando bienestar humano y servicios ecosistémicos: Ganancias y pérdidas de bienestar de comunidades rurales por cambios ecosistémicos. En: Cerda, C., Silva-Rodríguez, E. & Briceño, C. (Eds.). *Naturaleza en sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la Conservación de la Biodiversidad*. Editorial Ocho Libros, Santiago. Pp. 207–240.



**MINISTERIO DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA, CONOCIMIENTO
E INNOVACIÓN**

Morandé 226, piso 8
contacto@minciencia.gob.cl

www.minciencia.gob.cl