

ESTUDIOS ECONÓMICOS ESTADÍSTICOS

Contabilidad Económica-Ambiental del Capital
Natural: Experiencias y Antecedentes para Chile

Enrique Calfucura
Felipe Avilés
Gabriel Peraita

N.º138 Abril 2023





A contar del número 50, la Serie de Estudios Económicos del Banco Central de Chile cambió su nombre al de Estudios Económicos Estadísticos.

Los Estudios Económicos Estadísticos divulgan trabajos de investigación en el ámbito económico estadístico realizados por profesionales del Banco Central de Chile, o encargados por éste a especialistas o consultores externos. Su contenido se publica bajo exclusiva responsabilidad de sus autores y no compromete la opinión del Instituto Emisor. Estos trabajos tienen normalmente un carácter definitivo, en el sentido que, por lo general, no se vuelven a publicar con posterioridad en otro medio final, como una revista o un libro.

As from issue number 50, the *Series of Economic Studies of the Central Bank* of Chile will be called *Studies in Economic Statistics*.

Studies in Economic Statistics disseminates works of investigation in economic statistics carried out by professionals of the Central Bank of Chile or by specialists or external consultants. Its content is published under exclusive responsibility of its authors and it does not reflect the opinion of the Central Bank. These documents normally are definitives and are not made available in any other media such as books or magazines.

Contabilidad Económica-Ambiental del Capital Natural: Experiencias y Antecedentes para Chile*

Enrique Calfucura
División de Estadísticas
Banco Central de Chile

Felipe Avilés
División de Estadísticas
Banco Central de Chile

Gabriel Peraita
División de Estadísticas
Banco Central de Chile

Resumen

Este documento revisa y discute la literatura sobre cuentas de capital natural para Chile, considerando los dos enfoques de medición del Sistema de Contabilidad Económica-Ambiental de Naciones Unidas: el marco central del año 2012 para activos naturales (SEEA CF, por sus siglas en inglés) y el marco de servicios ecosistémicos del año 2021 (SEEA EA, por sus siglas en inglés). El análisis de metodologías, experiencias y disponibilidad de información muestra que es factible compilar gran parte de los módulos del SEEA CF en Chile. En tanto, la compilación de cuentas del SEEA EA presenta un desafío mayor debido, en gran parte, a la falta de mediciones directas para los servicios ecosistémicos de regulación. La dificultad yace en la brecha de información a nivel local para calibrar los modelos biofísicos, y así proyectar flujos de servicios ecosistémicos para la diversidad de condiciones climáticas presentes en el país. En relación con la valoración monetaria de activos naturales y servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y culturales, ésta puede ser abordada directamente a través del uso de datos provenientes de diferentes mercados. En cambio, la valoración de los servicios ecosistémicos de regulación resulta más compleja, producto de la naturaleza geoespacial de servicios ecosistémicos no transados en el mercado. Desde una perspectiva institucional, la coordinación y el trabajo colaborativo entre actores resulta clave para implementar las cuentas de capital natural.

Abstract

This paper reviews and discusses the literature on natural capital accounts for Chile, considering the two approaches to measure natural capital from the United Nations' System of Economic and Environmental Accounting: the central framework of the year 2012 for natural assets (SEEA CF) and the ecosystem services framework of the year 2021 (SEEA EA). The analysis of methodologies, experiences and data availability shows that is feasible to compile SEEA CF in Chile. On the other hand, the compilation of the SEEA EA proves to be more challenging due to the lack of direct measurements for the regulating ecosystem services. These estimates require locally calibrated biophysical modeling that can project the ecosystem services under different climate conditions. While the approach to the monetary valuation of natural assets and provisioning ecosystem services seems straightforward, this is more complex for the case of regulating ecosystem services because of methodological and data issues related to its geospatial nature. From an institutional perspective, coordination and collaborative work among stakeholders is key for the implementation of natural capital accounts.

* Las opiniones expresadas son las de los autores y no representan necesariamente las opiniones del Banco Central de Chile o de sus miembros del Consejo.

Emails: Enrique Calfucura ecalfucura@central.cl, Felipe Avilés faviles@bcentral.cl, Gabriel Peraita gperaita@bcentral.cl. Los autores agradecen los comentarios de Francisco Ruiz, Sebastián Rébora, Gloria Peña, y de un árbitro anónimo.

1. Introducción

Desde la década de 1970 ha existido un creciente interés por entender el rol de los recursos naturales y medio ambiente dentro de la economía. A partir de los trabajos pioneros de Solow (1974), Weitzman (1976) y Hartwick (1977, 1990), el concepto de capital natural se ha incorporado gradualmente en el estudio del crecimiento económico y la contabilidad nacional (Hamilton, 1994). El desarrollo de Cuentas Satélites y las recomendaciones de la Oficina de Estadísticas de Naciones Unidas (UNSTAT según sus siglas en inglés) cimentaron las bases del Sistema de Contabilidad Económica-Ambiental, tanto en su marco central (SEEA CF 2012), como luego en su extensión hacia servicios ecosistémicos (SEEA EA 2021). En la actualidad, la revisión del Sistema de Contabilidad Nacional (SNA 2008 por sus siglas en inglés) considera incorporar cuentas de activos naturales, ya sea recursos biológicos, minerales y energéticos – como las energías renovables no-convencionales- dentro de su ámbito de acción (Naciones Unidas, 2022c).

El aporte que hace el Sistema de Contabilidad Económica-Ambiental es múltiple. Primero, pone en evidencia que el capital natural es otra forma de capital que se utiliza en el proceso productivo, por lo cual debiese ser medido y monitoreado sistemáticamente para resguardar un uso sostenible en el tiempo (la Notte et al. 2019). Ello permite además evaluar el aporte del medio ambiente al sistema productivo y el bienestar de la sociedad, así como comprender el impacto de las actividades económicas sobre recursos naturales, medio ambiente y ecosistemas (United Nations, 2021)¹. Segundo, armoniza y estandariza estadísticas e indicadores ambientales para su uso por parte de diversos *stakeholders*, lo que facilita la integración de información medioambiental proporcionando un lenguaje común para la toma de decisiones económicas. En particular, las cuentas de servicios ecosistémicos pueden ser útiles en temas de política pública relacionados con la medición de impactos y estrategias de adaptación al cambio climático, además de respaldar la implementación de soluciones basadas en la naturaleza² (United Nations, 2022d). Tercero, provee información que puede ser utilizada para complementar los datos de Censos Agropecuarios y Forestales (Frolking et al. 2022). Finalmente, es un insumo relevante para evaluar los impactos del cambio en ecosistemas y clima sobre variables económicas y financieras en modelos macroeconómicos y pruebas de tensión para riesgo financiero (NGFS, 2021; 2022). La consistencia del SEEA con el SNA garantiza la consistencia de las cuentas económicas, permitiendo describir cómo cambios en la estructura económica impactan sobre los ecosistemas y servicios ecosistémicos y viceversa³.

¹ Por ejemplo, provee un marco estadístico consistente para apoyar la compilación de diversos indicadores relacionados de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS (United Nations, 2022d).

² Las soluciones basadas en la naturaleza son acciones para proteger, gestionar de manera sostenible o restaurar ecosistemas naturales, que abordan desafíos como el cambio climático, la salud humana, la seguridad alimentaria e hídrica, y la reducción del riesgo de desastres de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios para la biodiversidad (Banco Mundial, 2022).

³ Esto requiere un trabajo multi e interdisciplinario donde conceptos y estructuras de la ecología y el análisis espacial que deben integrarse y hacerse coherentes con el SNA (La Notte et al., 2019).

Este documento está estructurado de la siguiente manera. La sección 2 describe el SEEA según su marco central y su aplicación a servicios ecosistémicos. La sección 3 revisa brevemente la experiencia internacional relacionada a cuentas de capital natural. La sección 4 revisa la experiencia asociada a cuentas ambientales en Chile. La sección 5 describe la información disponible para iniciar la implementación gradual de cuentas de activos y de flujos para diferentes recursos naturales en Chile, según el SEEA CF 2012. La sección 6 analiza la implementación del SEEA EA 2021 y algunos antecedentes para su implementación en Chile. Finalmente, la sección 7 discute las principales conclusiones que pueden extraerse del análisis realizado.

2. El Sistema de Contabilidad Económica-Ambiental (SEEA)

Según Naciones Unidas (2022), el capital natural comprende 3 categorías: (i) activos naturales (bióticos y abióticos); (ii) activos y servicios ecosistémicos; y (iii) biodiversidad, las cuales han sido gradualmente incorporadas a los sistemas estadísticos a través de los marcos desarrollados por la Oficina de Estadísticas de Naciones Unidas.

El marco central del sistema de contabilidad económico-ambiental (SEEA CF 2012 por sus siglas en inglés) es un estándar estadístico internacional de contabilidad ambiental y económica, el cual identifica cuentas de activos (físicas y monetarias) para recursos naturales bióticos (forestales y pesqueros) y recursos naturales abióticos (minerales, suelo y agua), su stock en un periodo y el flujo de extracción de estos hacia la economía a través de tablas de oferta/uso. Finalmente mide como estos recursos al ser utilizados, afectan al medio ambiente (emisiones, residuos). Junto con las mediciones de activos, identifica también las actividades e instrumentos de política relativos al medio ambiente, como el gasto en protección ambiental o las medidas implementadas para mitigar el impacto en la naturaleza.

Cabe destacar, que el SEEA CF se basa en el SNA aplicando las mismas convenciones contables, estructuras, reglas y principios de este último. Adicionalmente, el SEEA CF contempla la compilación en términos físicos de cuadros de oferta y utilización, de cuentas por función y de cuentas de activos de los recursos naturales. La contabilización en términos físicos de los recursos naturales es el paso previo para su valoración monetaria. El propósito de estimar valores monetarios es permitir la comparación de stocks y flujos de activos heterogéneos y caracterizar los beneficios económicos de estos. Ambas tareas no son posibles de realizar utilizando solo datos físicos.

El SEEA CF tiene la flexibilidad de poder implementarse de forma gradual. En efecto, el SEEA CF se adapta a un enfoque flexible y modular para su implementación dentro de los sistemas estadísticos nacionales, pudiendo ajustarse a las prioridades y requerimientos institucionales (del país), acorde a la disponibilidad de información y a la capacidad estadística de los países. Los módulos reúnen, en un sistema de medición único, información sobre agua, minerales, energía, madera, recursos pesqueros, suelo, tierra y ecosistemas, contaminación y residuos, producción, consumo y acumulación. Adicionalmente, Naciones Unidas publica manuales metodológicos específicos para cada tipo de activo.

La estructura general de la cuenta de activos ambientales en unidades físicas, para los casos de recursos minerales y energéticos, recursos madereros y recursos del agua, se presenta en la Tabla 1:

Tabla 1				
Cuenta de activos ambientales en unidades físicas				
	Recursos minerales y energéticos	Recursos madereros		Recursos de agua
		Cultivados	Naturales	
Stock de apertura	Sí	Sí	Sí	Sí
Incrementos del stock				
	No aplica	Crecimiento	Crecimiento natural	Precipitaciones Flujos de retorno
Crecimiento del stock				
Descubrimiento de nuevo stock	Sí	No aplica	No aplica	Sí
Reconsideraciones al alza	Sí	Sí	Sí	Sí
Cambios de clasificaciones	Sí	Sí	Sí	Sí
Total de incrementos al stock				
Reducciones al stock				
Extracción	Extracciones	Extracción	Extracción	Extracción
	No aplica	Pérdidas naturales	Pérdidas naturales	Evaporación Evapotranspiración
Reducciones normales del stock				
Pérdidas por catástrofes	Sí	Sí	Sí	Sí
Reconsideraciones a la baja	Sí	Sí	Sí	Sí
Cambios de clasificaciones	Sí	Sí	Sí	No aplica
Total de reducciones del stock				
Stock de cierre	Sí	Sí	Sí	Sí

Fuente: Naciones Unidas (2012)

En la práctica, puede ser complejo obtener información para todas las celdas en la cuenta de activos ambientales, recomendándose la estimación de modelos o derivar las cifras de otros registros contables. Las cuentas en términos monetarios siguen una estructura similar, añadiéndose una fila que compila las revalorizaciones del stock de recursos. Estas revalorizaciones corresponden a cambios en el valor de los activos debido exclusivamente a cambios de los precios de éstos.

La extensión a cuentas de ecosistemas (SEEA EA 2021) amplía el marco de análisis para incluir a los ecosistemas como activos que proveen servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación, culturales y abióticos. Una característica esencial de las cuentas de ecosistemas es la perspectiva espacial, cada ecosistema se debe analizar en el lugar que ocupa dentro de un territorio, además de las condiciones en las que se encuentra para generar servicios ecosistémicos. Lo anterior requiere primero la definición de una clasificación de los ecosistemas. Luego, las cuentas de extensión evalúan los cambios

Estas conexiones son el sustento para una revisión comprensiva y coherente de los diversos ecosistemas. Por ejemplo, las cuentas extensión y condición de los ecosistemas permiten compilar las características específicas del ecosistema en análisis. Asimismo, estas características condicionan el flujo de servicios de los ecosistemas en términos físicos. Por otro lado, las cuentas monetarias están conectadas con las cuentas físicas mediante la utilización de precios para valorar los servicios ecosistémicos. Finalmente, el flujo de servicios ecosistémicos en términos monetarios determina el valor monetario del ecosistema.

3. Experiencia Internacional

El progreso en la implementación de las cuentas ambientales es diverso entre países. El *Global Assessment on Environmental-Economic Accounting and Supporting Statistics*⁴ para el 2022 da cuenta de 89 países implementando el SEEA, información que es presentada en la Tabla 2 de acuerdo con la etapa (*Stage*) en que se encuentra cada uno.

Tabla 2
Etapas de implementación SEEA, por región, Año 2022

Región geográfica	Número de países que compilan SEEA CF y/o SEEA EA	Etapa de implementación		
		Compilación y diseminación regular (Stage III)	Diseminación (Stage II)	Compilación (Stage I)
África	17	4	7	6
Asia	21	13	4	4
Europa y América del Norte	38	36	1	1
América Latina y el Caribe	8	5	2	1
Oceanía	5	4	1	0
Total	89	62	15	12

Fuente: Naciones Unidas (2021)

Gran parte de los países que han implementado en algún grado las cuentas ambientales lo han hecho con la asesoría de instituciones como el Banco Mundial y la Unión Europea. Ejemplo de lo anterior es el programa NCAVES⁵, proyecto que inició pruebas piloto para la compilación de cuentas ambientales ecosistémicas en cinco países, a saber, Brasil, China, India, México y Sudáfrica. En el caso de Brasil, se compilaron cuentas de extensión y condición de los ecosistemas para todo el país, en conjunto con cuentas ambientales para el recurso agua. En el primer caso, las cuentas abarcan el período 2000-2018 y en el segundo, las cuentas de agua registran información para los años 2013-2017. Adicionalmente, Brasil compiló cuentas de biodiversidad, abordando las especies amenazadas y en peligro de extinción, para los años 2000-2018. Otra organización que ha fomentado el desarrollo de las

⁴ El informe se puede ver en [SEEA Around the World | System of Environmental Economic Accounting](#).

⁵ Sigla en inglés para “Natural Capital Accounting and Valuation of Ecosystem Services”.

cuentas ambientales y en particular la medición de capital natural desde una perspectiva de ecosistemas ha sido el Banco Mundial con su iniciativa WAVES⁶, con la participación de Colombia y Costa Rica, entre otros países. En el caso del país centroamericano, destaca el desarrollo de cuentas ambientales para agua, bosques y energía, agregando en 2022 estimaciones para el gasto en protección ambiental y flujo de materiales. La implementación del SEEA CF y SEEA EA es heterogénea entre países, y los métodos, supuestos e información requerida para las estimaciones dependen de los recursos y capacidades que se dispongan en cada país.

En China, dos provincias en Guangxi fueron escogidas como pilotos para compilar cuentas ambientales y ecosistémicas para los años 2016 y 2017 (NCAVES, 2021). Estas cuentas abarcaron 6 tipos de ecosistemas asociados al uso de suelo (tierra de cultivos, praderas, bosques, humedales, marinos y urbano), comprendiendo los activos de tierra, bosques y agua, así como cuentas de extensión, condición y servicios de los ecosistemas. La información obtenida permitió llevar a cabo un análisis de escenarios ecológicos en función de diferentes políticas ambientales basadas en esquemas de compensación ecológica para la cuenca del río Xijiang. Además, se lograron estimar cuentas físicas y monetarias de servicios ecosistémicos para aprovisionamiento de alimentos y materias primas, secuestro de carbono, regulación local del clima, filtración del aire, purificación del agua, conservación del agua, protección y reducción de desastres, conservación del suelo, protección de la biodiversidad y recreación. Uno de los resultados más llamativos de este trabajo es que el flujo monetario de servicios ecosistémicos de regulación representa el 80 por ciento del flujo monetario total de servicios ecosistémicos. El servicio ecosistémico de conservación del agua (regulación de su flujo) representaba la mitad del flujo monetario de servicios ecosistémicos de regulación, y fue valorado utilizando el método de costo de reposición.

Los países que han publicado las cuentas SEEA CF y SEEA EA más completas a la fecha han sido Reino Unido y Holanda. Las cuentas de ambos países incluyen mapas detallados y tablas de contabilidad física y monetaria con aplicaciones consistentes de conceptos y métodos. En Reino Unido, el Comité de Capital Natural – organismo académico independiente de alto nivel – en conjunto con la Oficina Nacional de Estadísticas (ONS por sus siglas en inglés) y el Departamento de Medio Ambiente, Alimentos y Asuntos Rurales (DEFRA por sus siglas en inglés) llevaron a cabo un plan de implementación de cuentas físicas y monetarias de capital natural. Estas cuentas han sido establecidas como la información estadística oficial a ser utilizada para el análisis de los beneficios y costos de proyectos y políticas públicas según el Libro Verde (HM Treasury UK, 2022). También forman la base del Plan Ambiental a 25 años propuesto por el Comité de Capital Natural (NCC, 2017). Fueron desarrolladas tres tipos de cuentas de capital natural: (i) estimaciones agregadas amplias del capital natural (estimaciones del flujo de servicios ecosistémicos físicos y monetarios y cuentas de activos); (ii) cuentas detalladas de ecosistemas basadas en hábitats para bosques, agua dulce, turberas y entorno urbano, incluida la extensión y condición, así como estimaciones de los servicios ecosistémicos para aprovisionamiento de cultivos, agua, madera y pesca, regulación del cambio climático global (secuestro de

⁶ Sigla en inglés para “Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services”

carbono), filtración del aire (remoción de contaminación local), regulación del clima local (enfriamiento de temperatura urbana), y atenuación del ruido local (mitigación del ruido); (iii) cuentas transversales o habilitadoras para activos naturales importantes como la tierra, el carbono y el agua que alimentan el hábitat y cuentas agregadas (ONS, 2016). En 2019, el stock de capital natural había sido estimado en 1,2 trillones de libras esterlinas, lo cual representó un 42% del PIB del Reino Unido (ONS, 2021). Cerca de un 50% de dicho valor correspondía a servicios ecosistémicos de recreación. Una característica relevante de estas cuentas es la importancia de la recopilación de datos de campo, que son la base para las estimaciones de servicios ecosistémicos.

Las cuentas ecosistémicas de los Países Bajos se implementaron a escala nacional para todos los ecosistemas siguiendo la implementación de un plan piloto en la provincia de Limburg (Hein et al. 2020). Los tipos de ecosistemas se definieron sobre la base de la cobertura del suelo, el uso de la tierra, y la oferta de servicios ecosistémicos. Una vez que se establecieron las unidades (tipos de ecosistemas), en consulta con las partes interesadas representadas en el consejo asesor, se combinaron diferentes capas de mapas disponibles en *Statistics Netherlands* para producir la cuenta de extensión⁷. El flujo monetario total de servicios ecosistémicos en 2016 sólo era de 6,320 millones de euros en comparación con el valor total de los activos ecosistémicos que alcanzaba a los 208,461 millones de euros. Para este último valor, un 63% correspondía a servicios ecosistémicos culturales, fundamentalmente recreación.

4. Experiencia de Cuentas Ambientales en Chile

Los primeros esfuerzos para medir el capital natural e incorporarlo dentro de la contabilidad nacional en Chile provino desde la academia. Gomez-Lobo (1991) estima la depreciación del capital natural de los recursos pesqueros de Chile, y luego realiza una corrección del Producto Interno Bruto (PIB) para el período 1980-1990. Nuñez (1992) extiende el análisis anterior hacia el sector de bosque nativo para el período 1985-1990. Trabajos posteriores se han enfocado la estimación de la depreciación del capital natural y corrección del PIB de la minería, estimando depreciación de capital natural fundamentalmente cobre (Figuroa et al. 2002; Figuroa y Calfucura, 2003; Mardones y Del Río, 2019), y añadiendo el costo de la degradación ambiental en términos de contaminantes locales (Figuroa y Calfucura, 2003; Mardones y Del Río, 2019) y globales (Mardones y Del Río, 2019). Figuroa y Calfucura (2010) estiman la depreciación del capital natural de la minería (cobre, petróleo, oro y carbonato de calcio), pesca y medio ambiente (degradación ambiental) para corregir el PIB nacional.

Iniciativas institucionales surgen en la década de 1990, principalmente a través de la labor de la Unidad de Cuentas Ambientales del Banco Central, la que trabajó en el desarrollo de cuentas ambientales para bosque nativo y recursos minerales. Este fue un trabajo conjunto

⁷ Estas capas de datos incluían varias fuentes, tales como mapas digitales catastrales, estadísticas regionales, registros de estadísticas de vivienda, base geográfica de direcciones; registros base de topografía, mapa de uso de la tierra, mapa de dunas fronterizas y mapa de límites de los cauces de aguas superficiales.

con organismos públicos e instituciones de investigación público/privadas, que concluyó con la publicación de 2 informes en el año 2001. El informe “Cuantificación de los principales recursos minerales de Chile (1985 - 2000)” realizado con el Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN) entregó estimaciones de recursos y reservas minerales de cobre, carbón, oro y carbonato de calcio para el período señalado en base a una encuesta dirigida a las empresas mineras. Dicha encuesta fue aplicada a un universo de 70 empresas y 120 faenas mineras activas y paralizadas, y proyectos mineros, con una tasa de respuesta superior a 90% de producción para cada mineral. La clasificación realizada de los recursos minerales fue bastante flexible, permitiendo adaptar la información recabada a otras clasificaciones internacionales.

El informe “Cuentas ambientales: metodología de medición de recursos forestales en unidades físicas 1985-1996”, elaborado junto a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) presenta hojas de balances de activos tanto para superficie de bosque nativo y plantaciones exóticas como para volumen de bosque nativo comercial. Se identifican acciones que afectan superficie de bosque (incendios totales, habilitación agrícola, sustitución para especies exóticas y cortas ilegales a tala rasa), y también aquellas que tienen un impacto en la calidad o volumen del recurso forestal (manejo, floreo, incendios parciales). Las estimaciones se construyeron en base a datos del “Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile” elaborado por CONAF durante el año 1993, además de información de la misma institución respecto a planes, ya sea de manejo, habilitación (agrícola) o cortas autorizados por CONAF. El volumen de bosque nativo comercial se definió como aquel económicamente factible de explotación, y fue calculado en función de parámetros físicos (accesibilidad) y económicos (costos).

Posteriormente, aparecen otras iniciativas institucionales para compilar parcialmente cuentas ambientales. En 2009, el SERNAGEOMIN publica el informe “Evolución de las reservas y recursos de cobre, molibdeno, oro, plata, nitrato y yodo en Chile, 2001-2007”. A diferencia del trabajo del año 2001, este informe utiliza como clasificación de reservas y recursos minerales los estándares del “Código para la Certificación de Prospectos de Exploración, Recursos y Reservas” elaborado por el Comité de Recursos Mineros del Instituto de Ingenieros de Minas. En 2016, el Ministerio de Medio Ambiente elabora “Un Plan Nacional de Cuentas Ambientales” cuyo propósito fue proponer un plan estratégico para la implementación de un Sistema Integrado de Cuentas Ambientales, Ecosistémicas y Económicas (SICAEE) para Chile con un plan de trabajo de 3 años (2016-2018).

5. Antecedentes e información disponible para implementar el SEEA CF 2012

Uso del Suelo

La cuenta de uso del suelo de activos físicos y monetarios muestra las variaciones en términos de superficie y valor para sus diferentes usos. El SEEA 2012 CF propone utilizar la clasificación de uso de suelo de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO por sus siglas en inglés).

La compilación de esta cuenta requiere información proveniente de inventarios o catastros de uso del suelo, pero hoy es posible utilizar imágenes provenientes de sensores remotos que en conjunto con el análisis de sistemas de información geográfico permiten estimar la evolución en el uso del suelo. Por ejemplo, CONAF ha empleado imágenes del satélite Landsat 8 para estimar los cambios bianuales de uso de suelo para el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Chile (INGEI)⁸. La cuenta monetaria de uso de suelo requiere la asignación de los valores de uso de la tierra, información base que puede provenir de dos fuentes, registros de conservadores de bienes y raíces (CBRs) para un valor de mercado o el avalúo fiscal de propiedades estimado por el Servicio de Impuestos Internos.

Residuos

Según el glosario del SEEA CF, los residuos son flujos de energía o materiales sólidos, líquidos o gaseosos descartados, descargados o emitidos al ambiente por establecimientos y hogares en los procesos de producción, consumo y acumulación, o que también fluyen dentro de la economía (Naciones Unidas, 2012).

En Chile existe diversa información sobre los diferentes tipos de residuos descargados al medio ambiente, a partir de la cual se pueden organizar tablas de oferta y uso, tanto en términos físicos como monetarios, según el SEEA CF 2012. La información más completa de residuos corresponde a emisiones al aire, tanto de contaminantes locales como globales, lo que ha permitido ya avances en temáticas de contabilidad ambiental. Por ejemplo, Avilés et al. (2021) estiman la huella de carbono de las industrias de Chile en términos de CO₂ equivalente para el año 2017, dando cuenta de la contribución sectorial a la contaminación global por gases de efecto invernadero. Respecto a otro tipo de residuos, hay menor disponibilidad de información para elaborar tablas de oferta y uso.

Las emisiones al aire para contaminantes locales El Ministerio del Medio Ambiente mantiene el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), que es una base de datos ambientales abierta de declaraciones de emisiones al aire que realizan fuentes puntuales - aquellas de mayor tamaño. Para el caso de emisiones no-puntuales, existen datos de declaraciones de emisiones al aire para fuentes no-puntuales industriales en los Servicios Regionales de Salud. Otros tipos de emisiones al aire de fuentes no-puntuales⁹ podría ser estimado en base a datos de nivel de actividad y factores de emisión de los inventarios de emisiones atmosféricas de los Planes de Descontaminación para Zonas Latentes y Saturadas de Chile.

Tablas de oferta y uso en términos monetarios podrían ser estimadas a partir de herramientas de valoración de emisiones desarrolladas por el Ministerio del Medio Ambiente para evaluar beneficios y costos de medidas de control de emisiones incluidas en Planes de Descontaminación para Zonas Latentes y Saturadas. Estos costos incluyen pérdida de días

⁸ Landsat 8 captura imágenes satelitales con una resolución de 30m x 30m.

⁹ Este tipo de emisiones atmosféricas no-puntuales abarca leña residencial, incendios urbanos, incendios forestales, quemas agrícolas y transporte en ruta.

laborales y costos de tratamiento de enfermedades respiratorias según sistema de salud¹⁰, los cuales pueden ser distribuidos territorialmente.

Recursos Energéticos

Las cuentas de recursos energéticos organizan la información estadística para analizar el rol de la energía dentro de la economía y la relación entre actividades asociadas a energía y el medio ambiente. Los valores físicos y monetarios para flujos de productos energéticos se pueden organizar tanto en tablas de oferta y uso, como en cuentas de activos. Las cuentas de energía consideran recursos minerales y energéticos, tales como el carbón para el primer caso, o como el petróleo, gas natural, residuos o la electricidad para el segundo caso. Si bien actualmente las energías renovables no-convencionales no se encuentran consideradas en ninguna versión del SEEA, la División de Estadísticas de Naciones Unidas ha propuesto elaborar una cuenta de activos para las energías renovables, dada su creciente importancia a nivel mundial (Naciones Unidas, 2022c). En Chile, la información física sobre consumo y oferta de hidrocarburos y recursos energéticos es compilada por la Comisión Nacional de Energía (CNE por sus siglas en español), la que es publicada a través del sitio Energía Abierta. Para el cálculo de las tablas de oferta y uso y cuentas físicas en términos monetarios, las bases de datos de la CNE y del Banco Central entregan información respecto a precios, costos y características de las actividades de generación de energía. En particular, a partir del trabajo de Avilés et al. (2021) es posible realizar estimaciones por tipo de generación eléctrica.

Recursos Minerales

La contabilidad ambiental de recursos minerales sigue un enfoque similar a aquella aplicada a los recursos energéticos, es decir, implementar tanto tablas de oferta y uso, como cuentas de activos, en términos físicos y monetarios, siguiendo las recomendaciones del SEEA CF 2012. Mientras la información sobre extracción de recursos minerales puede obtenerse a partir de las bases de datos de SERNAGEOMIN y de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO por sus siglas en español), no existe información pública disponible para cuentas de activos físicos desde el informe “Evolución de las reservas y recursos de cobre, molibdeno, oro, plata, nitrato y yodo en Chile, 2001-2007” del año 2009. La actualización de esta información es posible de abordar mediante el levantamiento de una encuesta a faenas mineras con la misma metodología que se implementó durante el período 1995-2001, en adición al análisis de sensores remotos para la estimación de reservas minerales a partir de imágenes satelitales. Por otra parte, las cuentas monetarias pueden implementarse a partir de la base de datos de las cuentas nacionales del Banco Central.

Recursos Forestales

EL SEEA CF 2012 señala que los recursos forestales están considerados dentro de las cuentas de activos biológicos, por lo que se puede compilar la información estadística en cuentas físicas y monetarias de activos físicos para superficie y volumen de madera.

¹⁰ Ya sea el sistema público del Fondo Nacional de Salud (FONASA) o el sistema privado de Instituciones de Salud Previsional (ISAPRE).

Para estimar la cuenta de activos físicos en términos de superficie es posible aplicar la metodología para estimar cambios de uso de suelo forestal y biomasa para el sector uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) del Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Chile, el cual se basa en análisis de sensores remotos e información de campo. La cuenta de activos físicos en términos de volumen requiere caracterizar la biomasa forestal¹¹ y su uso a nivel espacial, lo cual coincide con necesidades aplicables al servicio ecosistémico de aprovisionamiento de madera del SEEA EA 2021. Es posible avanzar con aproximaciones del volumen de biomasa por hectárea a partir tanto del Inventario Forestal Continuo del Instituto Nacional Forestal (INFOR por sus siglas en español), como de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales de CONAF. Mientras los avances en el uso de sensores remotos para estimar biomasa forestal son prometedores, los costos económicos y técnicos aún son importantes, especialmente respecto a datos satelitales de muy alta resolución (Fassnacht et al., 2021) Los flujos y activos físicos forestales pueden ser valorados a través de estimaciones de rentas netas y valor presente de rentas netas, calculados a partir de las bases de datos de INFOR, de cuentas nacionales del Banco Central y del censo agropecuario del Instituto Nacional de Estadísticas (INE por sus siglas en español), además de consulta a expertos¹².

Recursos Pesqueros

EL SEEA CF 2012 señala que los recursos pesqueros están considerados dentro de las cuentas de activos biológicos, y por ello, por lo que se pueden compilar cuentas de activos físicos y monetarios para volumen de biomasa de recursos pesqueros.

La información para la cuenta de activos físicos biológicos, medida en volumen de biomasa. Sin embargo, el estado del recurso biológico (biomasa por edad y tamaño, por ejemplo) resulta clave para gestionar la sustentabilidad de los recursos marinos mediante diversas medidas de control tales como vedas, cuotas de pesca, tamaños mínimos de captura- entre otros. Por ello, la Subsecretaria de Pesca mandata al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP por sus siglas en español) para realizar estudios que estimen anualmente el stock de biomasa para los principales recursos marinos de Chile. Parte de dicha información es publicada cada año en la “Cuenta Pública sobre el Estado de los Recursos Pesqueros” de la Subsecretaria de Pesca. Para el desarrollo de las cuentas monetarias de recursos pesqueros sería posible utilizar datos tanto de cuentas nacionales del Banco Central como del Servicio Nacional de Pesca (SERNPESCA, por sus siglas en español) para estimar rentas y costos de extracción por pesquería.

Recurso Agua

El SEEA CF 2012 señala que el agua es un activo natural para el cual pueden elaborarse en términos físicos y monetarios, tanto tablas de oferta/uso, como una cuenta de activos que muestren la evolución en la disponibilidad y uso del recurso a nivel país.

¹¹ Dependiendo de las características del recurso forestal desde donde se obtiene la madera (tipo forestal, edad, localización), las tasas de crecimiento natural del recurso forestal pueden ser diferentes, y con ello las estimaciones de biomasa a nivel de activos.

¹² Especial atención debería ponerse a la determinación de la biomasa de bosque nativo comerciable.

En Chile, el Ministerio de Obras Públicas – a través de la Dirección General de Aguas (DGA por sus siglas en español), la Comisión Nacional de Riego (CNR por sus siglas en español), la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH por sus siglas en español), la CNE y la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS por sus siglas en español) compilan diferentes antecedentes respecto a la oferta, uso y gestión del recurso agua en Chile. En particular, la DGA publica en Atlas del Agua de Chile con una periodicidad de 3 años Sin embargo, la principal limitación para una compilación precisa proviene de las múltiples fuentes de aprovisionamiento de agua (glaciales, cuerpos de aguas superficiales, acuíferos, bofedales – entre otros), algunos de los cuales tienen información cuya actualización es menos frecuente, tales como los glaciales o los acuíferos, lo cual redundaría en estudio integrados para cuencas -denominados Balances Hidrológicos- que presentan menor actualización. De lo anterior, se concluye que podría elaborarse una tabla de oferta y uso físico para el recurso agua bajo ciertos supuestos y restricciones, pero una cuenta de activos físicos requiere mayor análisis para su implementación. Por otro lado, la cuenta de flujos en términos monetarios podría estimarse con la información existente de infraestructura, costos, precios de agua cruda, y precio de derechos de aguas – entre otros- disponible en los organismos públicos ya señalados, a lo que habría que agregar antecedentes de los Conservadores de Bienes y Raíces, de las Juntas de Vigilancia y de las Organizaciones de Usuarios, todo ello complementado con datos del Banco Central.

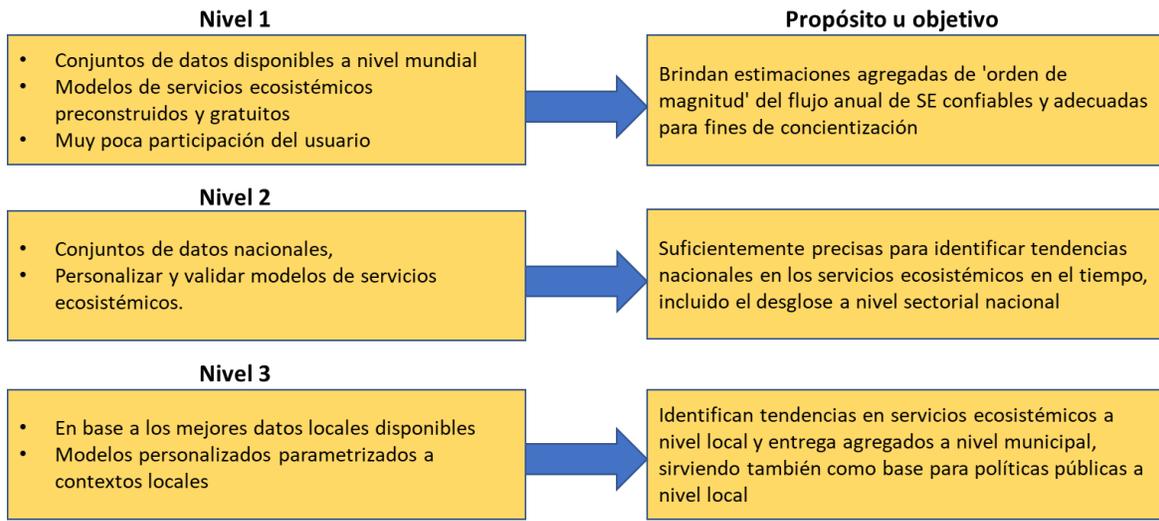
6. Antecedentes e información disponible para la implementación del Sistema de Contabilidad Económica y Ambiental de Servicios Ecosistémicos - SEEA EA 2021

Implementar el SEEA EA 2021 conlleva una serie de desafíos relacionados con el uso de nuevas herramientas y fuentes de información - tales como imágenes satelitales provenientes de sensores remotos o la modelación de información geográfica – los que, combinados, pueden generar datos espaciales que permitan estimar cuentas de extensión, condición, físicas y monetarias de servicios ecosistémicos- entre otros. La modelación biofísica se refiere a la estimación del flujo físico de un servicio ecosistémico a partir de una función de producción ecológica que utiliza como insumos diferentes parámetros y variables climatológicas, geográficas, fisicoquímicas – entre otras- representados de manera georeferenciada a través de sistemas de información geográfica (SIG).

Naciones Unidas (2022b) señala que la modelación biofísica para cuentas ambientales requiere la recopilación de datos locales para el logro de estimaciones más precisas, los cuales pueden ser usados en diferentes etapas de validación y/o calibración de modelación o análisis de datos geoespaciales para cuentas de extensión, condición o de servicios ecosistémicos. Es necesario (o ideal) lograr una combinación óptima entre diferentes conjuntos de datos y herramientas, de acuerdo con las restricciones de información y recursos de los cuales se disponga.

El grupo de trabajo en modelación biofísica para el SEEA EA de Naciones Unidas ha definido un marco de análisis para la implementación de cuentas ecosistémicas basado en información, requerimientos técnicos y objetivos, el cual se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Criterio para modelación biofísica de servicios ecosistémicos



Fuente: Naciones Unidas (2022b).

A continuación, analizamos y realizamos un análisis de los diferentes componentes del SEEA- EA.

6.1 Delimitación de ecosistemas

Un ecosistema es una unidad constituida por organismos y su entorno físico que se encuentran vinculados a través de intercambios de materia y energía, y que es caracterizado por un conjunto distinto de componentes bióticos y abióticos y sus interacciones (IEB, 2012; Naciones Unidas, 2021). La superficie de un ecosistema es un área mutuamente excluyente con otros ecosistemas, la que sin embargo puede agruparse con ecosistemas que tengan funciones o composición similares para terminar definiendo tipos de ecosistemas. La delimitación espacial de ecosistemas puede basarse en variedad de características ecológicas y no ecológicas (tipo de vegetación, tipo de suelo, hidrología, clima, gestión de la tierra, uso y propiedad de la tierra). La elección de clasificación de ecosistemas debe tener una sólida base ecológica para las cuentas de extensión según el SEEA-EA, a diferencia de la cuenta de uso del suelo del SEEA-CF.

El mismo SEEA-EA propone el uso del Nivel 3 de la Tipología de Ecosistemas Globales de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), denominado TEG, como estándar de referencia para la clasificación de ecosistemas. La Tipología de Ecosistemas Globales fue desarrollada por el Grupo Temático de la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN (Keith et al., 2020) y es un marco de referencia para la clasificación y mapeo de ecosistemas basado en características funcionales y de composición. Es un marco escalable, en diferentes niveles, que admite generalizaciones sobre grupos de ecosistemas funcionalmente similares y reconoce diferentes expresiones dentro de cada

grupo. Lo anterior implica que cuando no es posible tener una clasificación detallada de ecosistemas se puede recurrir a una escala mayor que permita su uso para contabilidad ambiental. Además, el mismo SEEA-EA indica que los países pueden tener su propio sistema de clasificación de ecosistemas, pero asegurando una conexión entre la clasificación nacional y la clasificación de referencia GET que faciliten la comparabilidad entre países a través del uso de herramientas de sistemas de información geográfico. La Tabla 3 presenta esta clasificación adaptada al SEEA EA.

Tabla 3. Clasificación Ecosistemas SEEA EA en base a Tipología IUCN

Reino	Bioma
Terrestre	T1 Bosque tropical y subtropical
	T2 Bosque y arbolada templado-boreal
	T3 Matorral y bosque arbustivo
	T4 Sabana y pastizal
	T5 Desiertos y semi-desierto
	T6 Polar-alpino
	T7 Bioma intensivo en el uso de la tierra
Agua Fresca	F1 Río y cuerpo de agua
	F2 Lago
	F3 Agua dulce artificial
Marino	M1 Plataforma marina
	M2 Agua oceánica pelágica
	M3 Fondo marino profundo
	M4 Bioma marino antropogénico
Subterráneo	S1 Bioma subterráneo lítico
	S2 Bioma subterráneo de vacíos antropogénicos
Transición	TF1 Humedales palustres
	FM1 Aguas de transición semiconfinadas
	MT1 Borde costero
	MT2 Borde costero supra-litoral
	MT3 Borde costero antropogénico
	MFT1 Borde inter-mareal salobre
	SF1 Agua dulce subterránea
	SF2 Agua dulce subterránea antropogénica
	SM1 Sistema mareal subterráneo

Fuente: Naciones Unidas (2021)

El nivel superior contiene cuatro reinos: marino (M); humedales de agua dulce y salina (F); terrestre (T); y subterráneo (S), los cuales son componentes principales de la biosfera que difieren fundamentalmente en su organización y función ecosistémica entre cada uno de ellos. Se añade un reino de transición que sirve para clasificar las interfases entre los 4 reinos antes señalados.

El segundo nivel de la clasificación corresponde al bioma, el cual corresponde a una comunidad biótica contenida a gran escala geográfica, moldeada por factores climáticos, y que se caracteriza por fisonomías y funciones comunes entre sus miembros. Como

observamos en la tabla 3, la adaptación del TEG IUCN al SEEA EA considera 24 biomas (4 marinos, 3 de agua dulce, 7 terrestres, 4 subterráneos y 6 de transición. Estos últimos representan interfaces entre varias combinaciones de los reinos marino, de agua dulce, subterráneo y terrestre.

El tercer nivel de la clasificación corresponde a grupos funcionales de ecosistemas (GFE) que son grupos funcionalmente distintivos de ecosistemas dentro de un bioma y son consistentes con el concepto de activos ecosistémicos del SEEA EA. El Anexo muestra los diferentes GFE de la Tipología de Ecosistemas Globales del IUCN. Si bien la tipología IUCN considera 98 grupos funcionales de ecosistemas, las experiencias de cuentas experimentales ecosistémicas muestran que, a nivel operativo, el número de GFE utilizados en la implementación de SEEA EA es mucho menor y depende de la información disponible en cada país. Para efectos de la compilación de cuentas ecosistémicas a nivel nacional o subnacional y la comparabilidad internacional de estas estadísticas, el SEEA EA recomienda la clasificación de datos a Nivel 3 (grupos funcionales de ecosistemas), pero permitiendo la flexibilidad necesaria para implementar tanto variaciones domésticas que reconozcan las particularidades locales en la descripción de los tipos de ecosistemas, como agrupaciones ecológicamente significativas de tipos de ecosistemas el objeto de integrar datos a nivel nacional de diferentes fuentes (Naciones Unidas, 2021). No obstante, hay que considerar que reducir el número de clases de ecosistemas mediante agregación puede mejorar la precisión de mapas de cobertura terrestre y aumentar la comparabilidad, pero limita la utilidad de la cuenta para respaldar políticas y toma de decisiones a nivel local, por ejemplo, sobre pisos vegetacionales en estado crítico de conservación (Naciones Unidas, 2022b).

En el caso de Chile, existe una clasificación de ecosistemas terrestres basadas en 125 pisos vegetacionales desarrollada por Luebert y Pliscoff (2017), la cual puede ser adaptada al Nivel 3 de la Tipología de Ecosistemas de la IUCN. Sin embargo, esta clasificación sólo considera cubiertas terrestres vegetacionales y deja fuera GFE asociados a biomas antropogénicos, tales como T7 (tierras de cultivo, pastos, plantaciones y áreas urbanas), F3 (Humedales artificiales), M4 (Ecosistemas marinos antropogénicos), S2 (Vacíos subterráneos antropogénicos), MT3 (Litorales antropogénicos) y SF2 (aguas dulces subterráneas antropogénicas), y sus GFE compuestos. Tampoco considera algunos componentes abióticos de biomas T5 (Desiertos y semidesiertos) y T6 (Polar-alpino). Esto significa combinar la capa de ecosistemas terrestres vegetacionales con otras capas, tales como uso de suelo e infraestructura, para así delimitar y medir otros tipos de ecosistemas terrestres.

Para el caso de los ecosistemas marinos, la mayoría de las clasificaciones incorporan la profundidad como factor de diferenciación de unidades ecosistémicas, cruzándola con otras variables, con la limitación de los datos existentes en cada caso. En el caso chileno, Rovira y Herreros (2016) proponen 14 ecorregiones marinas para la zona económica exclusiva. Para el mar que va desde la línea de costa hasta el borde la plataforma se consideran las 9 zonas zoogeográficas de Jaramillo et al. (2006) como ecorregiones marinas. Para el espacio marino, entre el fin de la plataforma continental y el límite de la zona económica exclusiva se consideran las dos ecorregiones de la zona oceánica propuestas por Spalding et al. (2007): Pacífico Sudeste y Magallánica. Y, para las islas oceánicas chilenas, se consideran las

ecorregiones correspondientes a: (i) Isla de Pascua (incluye el entorno de Sala y Gómez); (ii) Juan Fernández, e (iii) Islas Desventuradas. Estas ecorregiones contienen 96 ecosistemas marinos, definidos y distinguidos de acuerdo con criterios de profundidad, sustrato del fondo, existencia de áreas singulares como las zonas de surgencia, montes submarinos, entre otros. Esta clasificación tiene poca relación con los GFE del Nivel 3 de la Tipología de Ecosistemas Globales IUCN, por lo que sería necesario analizar que grupos funcionales de ecosistemas serían relevantes para la clasificación de ecosistemas marinos y la información requerida para caracterizar este subgrupo de ecosistemas.

6.2 Cuentas de Extensión

Las cuentas de extensión, que cuantifican cómo evoluciona la extensión geográfica de los diferentes ecosistemas (superficie para ecosistema terrestres, por ejemplo), puede ser estimadas a través de la misma información y metodología utilizadas para las cuentas de uso de suelo del SEEA CF 2012, tomando como base el mapeo obtenido del análisis del TGE Nivel 3 IUCN con la propuesta de ecosistemas terrestres basada en pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2017) y la propuesta de ecosistemas marinos de Rovira y Herreros (2016). Por otra parte, para medir los cambios en extensión (superficie para ecosistemas terrestres), se podría utilizar tecnología, análisis y calibración de información provenientes de sensores remotos, junto a análisis de sistemas de información geográfico.

Un importante desafío al medir la extensión de los ecosistemas marinos radica en la definición utilizada y los límites espaciales considerados. Por ejemplo, distinguir los ecosistemas marinos de los costeros puede ser complejo, lo que podría generar doble contabilización de servicios ecosistémicos. Por otro lado, la escasez de datos básicos para compilar cuentas de extensión plantea un desafío técnico mapear hábitats marinos y costeros a través de campo. Dada esta situación, el uso de modelación biofísica se encuentra en una etapa más temprana de desarrollo, por lo cual sería menos precisa en sus resultados en comparación con lo que se podría obtener con la misma tecnología para ecosistemas terrestres. Esto implicaría un cambio en la definición de ecosistemas marinos de la sección precedente, ya que se podrían abordar ambos aspectos (definición de ecosistemas marinos y sus cuentas de extensión) de manera más simple, condicionando cada decisión en función de la información disponible.

Una representación gráfica de la cuenta de extensión de activos ecosistémicos es presentada en la Tabla 4.

Tabla 4. Cuenta de Extensión SEEA EA

	Tipos de Ecosistemas															
Ámbito	Terrestres										Agua Fresca			Marino		
Bioma	T1 Bosques Tropicales y Subtropicales			T2 Bosque de brezales tropicales				T7 Sistemas intensivos de uso de la tierra		F1	...	FM1	M1	...	MFT1
Grupo funcional del ecosistema seleccionado	Selvas tropicales y subtropicales de tierras bajas	Bosque de brezales tropicales	Bosques y arboledas boreales y templados montanos altos	Bosques templados esclerófilos píricos	Praderas seminaturales derivados y viejos campos	Arroyo permanente de montaña	Lagos y lagunas intermitentemente cerradas y abiertas	Praderas de pastos marinos	Marrismas y cañaverales costeros
	T1.1	..	T1.4	T2.1	..	T2.6	T7.5	F1.1	..	FM1.3	M1.1	..	MFT1.3
Apertura																
Adiciones																
Expansión manejada																
Expansión no manejada																
Disminuciones																
Reducción manejada																
Reducción no manejada																
Cambio neto																
Cierre																

Fuente: Naciones Unidas (2022b)

6.3 Cuentas de Condición

Las variables de condición son características de los ecosistemas que se pueden medir directamente, por ejemplo, a través de visitas de campo o estaciones de monitoreo en los ríos. Según Naciones Unidas (2022b), la elaboración de cuentas de condición debiera preferir el uso de datos primarios (medidos) por sobre modelos, si es que ellos están disponibles. Existen diversos indicadores para las cuentas de condición (ver Tabla 5), los cuales se clasifican según característica de estado para ecosistemas abióticos, bióticos y paisaje (UNSTAT, 2022).

La Tabla 5 presenta una caracterización de estos indicadores:

Tabla 5. Caracterización Indicadores de Condición SEEA EA

Tipología de Condición	Clases	Categoría de Indicadores	Ejemplo de Indicadores	
Grupo A: Características del ecosistema abiótico	Clase A1. Características del estado físico: descriptores físicos de componentes abióticos del ecosistema (p. ej, estructura del suelo, disponibilidad de agua)	Disponibilidad del agua	Flujo hidrológico Stock de reservas de agua subterránea	
		Suelo	Superficie impermeable Carbono orgánico	
	Clase A2. Características del estado químico: composición química de compartimentos del ecosistema abiótico (p. ej., nivel de nutrientes del suelo, calidad del agua, concentraciones de contaminantes del aire)	Calidad del aire	Concentraciones contaminantes	
		Calidad del agua	Concentraciones contaminantes Oxígeno disuelto Clorofila	
			Calidad de los suelos	Contenido de nitrógeno Contenido de metales pesados
		Grupo B: Características del ecosistema biótico	Clase B1. Características composicionales de estado: composición/diversidad de comunidades ecológicas en un lugar y momento dados (p. ej. presencia y/o abundancia de especies clave, diversidad de grupos de especies relevantes)	Especies
Clase B2. Características estructurales de estado: propiedades agregadas de todo el ecosistema o de sus principales componentes bióticos	Vegetación/biomasa			
Clase B3. Características funcionales de estado: estadísticas resumidas (p. ej., frecuencia, intensidad) de las interacciones biológicas, químicas y físicas entre principales compartimentos del ecosistema (p. ej., productividad primaria, edad de la comunidad, frecuencia de perturbaciones)	Procesos		NPP Diversidad de polinizadores Abundancia de polinizadores	
	Amenazas	Riesgo de fuego Especies invasivas		
Grupo C: Características a nivel del paisaje	Clase C1. Características del paisaje terrestre y marino: métricas que describen mosaicos de tipos de ecosistemas en escalas espaciales gruesas (paisaje, paisaje marino) (p. ej., conectividad, fragmentación)	Composición	Diversidad de paisaje	
		Conectividad y/o fragmentación	Número de barreras en un río Tamaño de parches	

Fuente: UNSTAT (2022).

Dado que las cuentas de servicios ecosistémicos tienen como una de sus principales características entregar resultados en formato espacial, resulta necesaria la disponibilidad de indicadores en el mismo formato para las cuentas de condición. Algunos indicadores de cuentas de condición para Chile son presentados en la Tabla 6, pudiendo estos ser presentados espacialmente, ya sea porque sus valores son obtenidos a partir del análisis geográfico de

sensores remotos o son expandidos espacialmente a partir de información de campo mediante SIG.

Tabla 6. Indicadores de Condición SEEA EA en Chile

Indicador de Condición	Fuente de Información
Calidad del suelo	Modelación basada en Chilean Soil Organic Carbon database
Calidad del aire	Interpolación basada en Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire
Calidad del agua	Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aguas – Dirección General de Aguas, MOP
Productividad primaria neta	Imágenes satelitales MODIS
Composición	Diversos indicadores basados en datos espaciales de cuentas de extensión
Conectividad del Paisaje	Densidad de barreras: basada en rasters de infraestructura y caminos MOP Tamaño de paño: basados en datos espaciales de cuentas de extensión

Para el resto es necesario realizar esfuerzos adicionales de diferente envergadura, que van desde el desarrollo de modelos simples en base a características hasta la recopilación de datos en terreno. Lo anterior no impide que pueda comenzarse con implementar cuentas de condición para aquellos indicadores con mayor disponibilidad de información.

Además de los indicadores individuales, se pueden derivar índices compuestos de la condición del ecosistema en base a las cuentas de la condición del ecosistema. Estos índices compuestos agregan indicadores individuales para brindar una imagen general de la calidad del ecosistema. Julian et al. (2021) proponen el uso del Índice de Provisión de Servicios Ecosistémicos (ESPI, por sus siglas en inglés) como un indicador para monitorear el suministro de servicios ecosistémicos para grandes extensiones y en contextos de escasez de datos en Chile. La estimación de ESPI se basa en dos atributos de la dinámica estacional del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), este último disponible a partir del procesamiento de información proveniente de sensores remotos. Los resultados de este trabajo muestran que el ESPI es un indicador espacialmente consistente con los indicadores de servicios ecosistémicos para regulación de agua y oportunidades de recreación.

Para los ecosistemas marinos y de agua dulce, esta clase puede incluir concentraciones de clorofila, abundancia de fitoplancton o biomasa vegetal (por ejemplo, pastos marinos)¹³, los cuales pueden ser útiles para monitorear las floraciones algales *-blooms-* que podrían afectar a la acuicultura en el sur austral de Chile. Actualmente el Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL) de la Universidad Austral de Chile (UACH) junto al Instituto Milenio en Socio-Ecología Costera (SECOS) se encuentran trabajando en la aplicación a escala local del Índice de Salud de los Océanos (OHI, por sus siglas en inglés), el cual evalúa diez objetivos relacionados a aspectos ambientales, económicos y sociales del mar: oportunidades de pesca artesanal; biodiversidad; almacenamiento de carbono; aguas limpias; protección costera; suministro de alimentos; medios de vida y economías; productos naturales; sentido de lugar; turismo y recreación. La

¹³ Clorofila-a a través de https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/atbd/chlor_a/

etapa inicial implica un piloto en comunas de la Patagonia chilena puede ser útil para dimensionar la disponibilidad de información para cuentas de condición de ecosistemas marinos.

6.4 Cuentas Físicas de Servicios Ecosistémicos

Las cuentas de servicios ecosistémicos ayudan a comprender y monitorear los beneficios que la sociedad obtiene desde los ecosistemas. Siguiendo al SEEA EA 2021, estos pueden clasificarse en 3 tipos: (i) servicios de aprovisionamiento; (ii) servicios de regulación; y (iii) servicios culturales. Los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento son usualmente bienes producidos por la naturaleza y tienen un uso consuntivo directo para beneficio del ser humano. Los servicios ecosistémicos de regulación (y mantención) regulan los procesos de los ecosistemas y con ello generan beneficios indirectos al ser humano, los cuales, al ser implícitos, generalmente no son cuantificados. Los servicios ecosistémicos culturales son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas a través de la recreación, el turismo, el desarrollo intelectual, el enriquecimiento espiritual, la reflexión y las experiencias creativas y estéticas.

La Tabla 7 presenta una descripción detallada de los diversos servicios ecosistémicos que podrían ser evaluados. Si bien algunos de ellos también se encuentran contenidos en el SEEA CF 2012, como el caso de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento para madera, pescados y agua, el SEEA EA 2021 requiere su estimación y visualización en términos espaciales, lo que implica un esfuerzo adicional para la implementación de estas cuentas del SEEA.

Tabla 7. Servicios Ecosistémicos

Servicios de aprovisionamiento	Cultivos	Nivel de producción de cultivos desde los ecosistemas
	Forraje	Nivel de producción de forraje desde los ecosistemas
	Madera	Nivel de producción de madera desde los ecosistemas
	Productos forestales no madereros	Nivel de producción de frutos, miel, etc. Desde los ecosistemas
	Productos marinos	Nivel de desembarque de productos del mar desde los ecosistemas
	Agua	Nivel de aprovisionamiento de agua desde los ecosistemas
Servicios de regulación y mantención	Regulación climática global	Cantidad de GEI que puede ser secuestrado
	Regulación climática local	Capacidad para mantener temperatura en la superficie del suelo.
	Filtración de aire	Cantidad de contaminantes que se pueden filtrar
	Control de erosión del suelo	Habilidad de la vegetación para controlar/reducir la tasa de erosión en comparación con aquella que ocurren en áreas desnudas
	Purificación de agua	Cantidad de contaminantes que se pueden diluir/degradar
	Regulación del flujo del agua	Capacidad para regular la velocidad y el almacenamiento de agua
	Mitigación de inundaciones	Capacidad para prevenir/mitigar los impactos de las inundaciones según las propiedades biofísicas y la ubicación espacial
	Atenuación del ruido	Vegetación urbana puede aminorar los ruidos
	Polinización	Capacidad para albergar polinizadores (número de especies y abundancia)
	Control de pestes	Capacidad de los ecosistemas para albergar polinizadores en términos de número de especies y abundancia
	Mantención de hábitat y crianza	Soporte biológico/físico que facilita reproducción sana y diversa de especies
Servicios Culturales	Recreación	Capacidad para crear oportunidades de recreación al aire libre/basadas en la naturaleza

Fuente: Naciones Unidas (2022b)

La modelación biofísica para el mapeo y evaluación de servicios ecosistémicos provienen de diferentes ámbitos relacionados con las ciencias de la Tierra (ecología, hidrología, climatología o ciencias del suelo). Durante los últimos 15 años se han desarrollado una serie de plataformas de modelación biofísica que producen estimaciones de servicios ecosistémicos en base a información georeferenciada. Existen 2 plataformas ampliamente utilizadas en la literatura: (1) la plataforma de Valoración Integrada de Servicios Ecosistémicos y Trade-Offs (InVest por sus siglas en inglés) y (2) Inteligencia Artificial para Servicios Ecosistémicos (ARIES)¹⁴. InVEST (Valoración integrada de servicios ecosistémicos y compensaciones) es una herramienta SIG de código abierto que estima valores de servicios ecosistémicos utilizando el enfoque de función de producción ecológica utilizando variables de cobertura terrestre tales como mapas de uso de la tierra/cobertura terrestre y datos biofísicos, económicos e institucionales relacionados. Esta plataforma cuantifica el flujo de servicios ecosistémicos que existen según la función de producción ecológica e insumos SIG proporcionados (Nemec y Raudsepp-Hearne, 2012).

¹⁴ Otras plataformas disponibles y utilizadas para estimar servicios ecosistémicos son Nature Braid (<https://naturebraid.org/>), Estimap (<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC89594>), i-Tree (<https://www.itreetools.org/>), y Data 4 Nature (<https://www.data4nature.com.au/>).

ARIES (Inteligencia Artificial para Servicios Ecosistémicos) es una plataforma que construye modelos de uso y flujo espacial para servicios ecosistémicos en un área delimitada, utilizando tecnología accesible desde la web y almacena una gran cantidad de datos globales relevantes para sus modelos. La plataforma utiliza modelos probabilísticos (redes espaciales bayesianas) para mapear los factores ecológicos y socioeconómicos que contribuyen a la provisión y uso de los servicios ecosistémicos. A diferencia de InVEST, se cuantifica el flujo real de beneficios. (Nemec y Raudsepp-Hearne, 2012).

Además de estas plataformas, existen múltiples modelos biofísicos desarrollados para evaluar servicios ecosistémicos específicos, especialmente en el caso de servicios ecosistémicos asociados al agua. Aquí destaca la Herramienta de Evaluación de Suelo y Agua (SWAT por sus siglas en inglés), modelo hidrológico ampliamente utilizado para evaluar como cambios del uso del suelo afectan la erosión del suelo y la calidad del agua, así como la disponibilidad de agua. Este es un modelo semidistribuido, lo que significa que los resultados se agregan a la escala de la subcuenca, en lugar de distribuirse a lo largo de una superficie ráster, por lo que sus resultados pueden requerir modificaciones adicionales antes de ser adaptados para cuentas SEEA EA.

Se puede observar que el tipo de datos y modelamiento permite entregar resultados que son apropiados para diferentes objetivos. El Nivel 1, recomendado para países con escasa información nacional y poca capacidad técnica provee estimaciones físicas de servicios ecosistémicos adecuadas para comprender de manera general la situación y el aporte de dichos servicios, con una robustez modesta y baja confiabilidad a nivel espacial regional, municipal o local. Un ejemplo es la aplicación de la plataforma InVest para las cuentas ecosistémicas de Uganda. Por otra parte, el Nivel 2 requiere el uso de datos nacionales y mejorar el uso de modelos o plataformas biofísicas de servicios ecosistémicos, lo cual mejora la robustez de los resultados. Esto implicaría que las plataformas de modelación biofísica como ARIES o InVest deban no sólo utilizar parámetros locales, pero también calibrar y verificar el uso de modelos biofísicos con datos locales. Finalmente, en Nivel 3 implica el uso de los mejores datos a nivel nacional (y local) junto con modelación biofísica más depurada para obtener resultados más robustos a una escala geográfica menor. Esto último implica una mayor demanda, tanto de recursos como información y capacidad técnica. Un ejemplo de este enfoque corresponde a las cuentas de capital natural del Reino Unido, la cual dispone de amplia información obtenida en terreno para el cálculo del stock físicos y monetario de servicios ecosistémicos.

Para el caso de Chile, es necesario evaluar en función de los requerimientos de información, prioridades y recursos que nivel sería deseable implementar para la medición de los servicios ecosistémicos. A priori, es posible implementar el Nivel 2 para varios servicios ecosistémicos adaptando y mejorando las plataformas (ARIEs, InVest, otras) con información local, pero también sería interesante evaluar la implementación del enfoque Nivel 3 donde sea posible, en particular, el uso del modelo SWAT para servicios ecosistémicos ligados a ecosistemas de cuencas hidrográficas. Otros enfoques con datos locales podrían estudiarse para aprovisionamiento de madera, cultivos y forraje, por ejemplo, utilizando las cifras de censos agropecuarios o catastros de bosque nativo para calibrar datos espaciales de sensores remotos

y combinarlos con información en terreno de dichas fuentes de información para proyectar cambios en producción. La investigación de modelación espacial para cultivos y biomasa con sensores remotos está en pleno proceso, lo cual podría ser útil para proyectar información bajo ciertos parámetros de confiabilidad.

La implementación de cuentas de servicios ecosistémicos a través de modelación biofísica implica una serie de pasos. Por ejemplo, para estimar los servicios ecosistémicos de regulación de purificación del agua hay que disponer de rásters (mapas) que definan una cuenca y sus sub-cuencas, lo cual puede ser obtenido a partir de combinar imágenes de sensores remotos para: (i) cuerpos de agua superficiales, (ii) elevación del terreno, (iii) uso del terreno, y (iv) extensión-biomasa de los ecosistemas. Estas imágenes deben tener una depuración de elementos, tales como nubes, además de un tratamiento para su uso, lo cual puede lograrse mediante el manejo de herramientas y programación usando ciencia de datos. En particular, las imágenes satelitales de uso del terreno y extensión-biomasa de los ecosistemas deben contrastarse con datos espaciales provenientes -por ejemplo, del Catastro de Recursos Vegetacionales- para luego calibrar el producto satelital y mediante modelos de *machine o deep learning* lo ajusten para replicar la data catastral con cierta confiabilidad. El modelo biofísico que permitirá estimar el servicio ecosistémico usando la información anterior requiere además de otros insumos espaciales adicionales que condicionan la oferta de dicho servicio – como por ejemplo las características del suelo – junto con parámetros espaciales a nivel local que permiten calibrar y mejorar el desempeño del modelo. En este último paso, la verificación del modelo puede utilizar la información de estaciones de monitoreo de calidad de aguas en la cuenca, y contrastarla con los resultados simulados por el modelo biofísico en los puntos de medición. Si el modelo biofísico es correcto replicará relativamente bien el desempeño real, si no es el caso, implicaría revisarlo y ver qué ajuste de parámetros son necesarios para su mejor desempeño. Un modelo biofísico adecuado puede ser utilizarlo y entregando una representación espacial de los ecosistemas que contribuyen al servicio ecosistémico.

Primero, la utilización de mapas provenientes de sensores remotos debe ser calibrada y validada con información geoespacial base, ya sea en terreno o mapeada a partir de catastros y censos administrativos. En Chile, las versiones del Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile de CONAF son las referencias geoespaciales que deberían ser utilizadas para este proceso de calibración. Segundo, los modelos biofísicos deberían calibrarse a las condiciones locales, esto es usando información base local. Este es quizás uno de los mayores problemas que enfrenta el uso de plataformas de modelos biofísicos en la actualidad, ya que gran parte de ellos utiliza por defecto parámetros provenientes de los países donde fueron inicialmente desarrollados. Por ejemplo, las estimaciones de servicios ecosistémicos de la plataforma InVest de Stanford utiliza algunos parámetros de Estados Unidos de América (USA por sus siglas en inglés), los cuales podrían no ser adecuados para otros países. Por otra parte, aun cuando se disponga de parámetros a nivel local, estos pueden ser adecuados para una geografía determinada y no deberían ser utilizados en otros contextos geográficos, ya que esto puede llevar a errores importantes en la estimación. Tercero, las plataformas de modelos biofísicos pueden tener modelos parciales que sólo recojan una estimación incompleta de un servicio ecosistémico, lo que impone la necesidad de reconocer

las limitaciones de tales modelos para ciertas estimaciones o avanzar en actualizaciones de dichos modelos. Cuarto, también hay que calibrar los resultados geoespaciales de los modelos biofísicos, ya que las tablas de oferta y uso de servicios ecosistémicos debieran estar respaldadas por mapas que muestran dónde se generan los servicios y dónde se encuentran sus usuarios.

Cabe señalar que el uso de modelos biofísicos más precisos a escala de cuenca requeriría mayores niveles de información y conocimiento técnico, lo cual añade complejidad a la estimación de servicios ecosistémicos. Dichos requerimientos son similares para el caso de modelos o aproximaciones ad-hoc que no utilizan plataformas o modelos biofísicos ya desarrollados como InVest, ARIES o SWAT. Por lo anterior, hay que reconocer los trade-offs del uso de diferentes enfoques para la estimación de servicios ecosistémicos.

Finalmente, hay que considerar que los flujos de servicios deben asignarse desde la “oferta” a distintos tipos de ecosistemas que generan los servicios (distribuyendo según superficie de cada ecosistema para servicios ecosistémicos que provienen de múltiples ecosistemas), y desde la “demanda” tanto en unidades físicas como unidades monetarias, para los diferentes usuarios (hogares, empresas, gobierno, resto del mundo), esto último pudiendo representar un importante desafío. Mientras en algunos casos esta asignación puede venir predeterminada, por ejemplo, el aprovisionamiento de agua al sector agrícola, aprovisionamiento de agua al sector sanitario, filtración del aire a hogares, en otros casos es necesario realizar análisis más complejo combinando información espacial para modelar según ubicación, densidad de población o valor agregado cuando existen múltiples usuarios en un área geográfica determinada. En particular, Naciones Unidas (2022b) señala el servicio ecosistémico de regulación global del clima se debería asignar al gobierno dada su naturaleza de bien público.

6.5 Cuentas monetarias de servicios ecosistémicos

El SEEA EA aplica el concepto de valor de cambio en la valoración monetaria lo que hace posible comparar los valores de servicios y activos ecosistémicos con aquellos de bienes, servicios y activos de la economía y que son medidos en las cuentas nacionales (Naciones Unidas, 2021). Ciertos servicios ecosistémicos, particularmente algunos de provisión, disponen de precios directamente observables en mercados y que pueden ser utilizados para otorgar un valor monetario de servicios y activos ecosistémicos. Sin embargo, la mayor parte de los servicios ecosistémicos no tienen un mercado desde donde obtener precios, para lo cual la literatura económica plantea diferentes métodos para su valoración monetaria. El SEEA EA clasifica todos estos métodos de valoración acorde al siguiente orden de preferencias:

1. Métodos en los que el precio del servicio ecosistémico es directamente observable;
2. Métodos en los que el precio del servicio ecosistémico se obtiene de mercados de bienes y servicios similares;
3. Métodos donde el precio por el servicio ecosistémico se materializa en una transacción de mercado;

4. Métodos en los que el precio de los servicios ecosistémicos se basa en los gastos (costos) revelados de los bienes y servicios relacionados;
5. Métodos en los que el precio del servicio ecosistémico se basa en los gastos o mercados previstos.

La Tabla 8 presenta las tipologías de métodos de valoración según orden de preferencias del SEEA EA.

Tabla 8. Tipologías de métodos de valoración según orden de preferencias del SEEA EA

Orden Preferencia SEEA EA	Categoría de Método según el SEEA EA	Método	Descripción alternativa	Base Conceptual
1	Precio directamente observable	Precios de mercado	Ingresos brutos; precios públicos; Incentivos monetarios	Precio de mercado
2	Precios de mercados de bienes similares	Mercados similares		Precio de mercado (ajustado)
3	Precio incluido en una transacción de mercado	Valor residual; renta neta	Ingreso neto de factores	Preferencias reveladas – directas
		Precios hedónicos		Preferencias reveladas – indirectas
		Cambio de productividad	Método de la función de producción	Preferencias reveladas – directas
4	Precios de gastos revelados en bienes y servicios relacionados	Comportamiento preventivo	Gastos defensivos; costos evitados	Preferencias reveladas – directas
		Gastos de viaje	Como se revela en: método de gasto del consumidor; modelos basados en zonas; estudios de modelos de utilidad aleatorios	Preferencias reveladas – indirectas
5	Precio se basa en los gastos o mercados previstos.	Costo de reemplazo	Costo de sustituto, costo alternativo	Preferencias reveladas – directas
		Costo del daño evitado	Costo de morbilidad; capital humano	Preferencias reveladas – directas
		Mercados simulados		Modelación

Fuente: NCAVES y MAIA (2022).

Las primeras 2 columnas muestran la priorización propuesta por el SEEA EA. La columna 3 muestra los métodos de valoración propuestos según orden de preferencias. La columna 4 entrega una descripción de conceptos comúnmente relacionados a cada método de valoración. La última columna presenta la base conceptual de cada método. Los métodos de preferencias reveladas estiman el valor de un servicio ecosistémico a partir de precios o costos de bienes o servicios transados en los mercados y que se relacionan directa o indirectamente con el servicio ecosistémico bajo estudio. A continuación, se describen y analizan brevemente cada uno de estos métodos.

- i. Los precios de servicios ecosistémicos directamente observables en los mercados son el método más directo para estimar el valor de un servicio o activo ecosistémico. Estos pueden ser apropiados para servicios ecosistémicos de aprovisionamiento tales

como recursos marinos o agua, en donde es posible observar precios de mercado de transacciones y subastas para cuotas individuales de pesca o derechos de agua consuntivos y no-consuntivos, como en el caso de Chile¹⁵. También cae en esta categoría los valores de mercado para el precio de carbono resultante de transacciones de reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques (REDD+ según sus siglas en inglés) o el pago por servicios ambientales. La validez y correcta aplicación de este método requiere que el precio obtenido sea el reflejo de arreglos institucionales maduros, es decir, donde los derechos de propiedad estén bien establecidos. Por el contrario, servicios/activos ecosistémicos regidos por un régimen de libre acceso, generalmente experimentan disipación de rentas y precios bajos, los cuales son resultados de arreglos institucionales débiles que no son adecuados para la valoración.

- ii. El método de precios de mercados para bienes similares utiliza el precio de mercados sustitutos como una aproximación al valor del servicio ecosistémico. Esto es consistente con el SNA, el cual sugiere utilizar la valoración de una transacción que involucre precios de mercado de bienes y servicios similares ajustado por calidad y otras diferencias cuando no existe un mercado apropiado donde se comercialice un bien o servicio (SNA, 2008). La contabilidad nacional aplica este método para estimar el valor de las viviendas ocupadas por sus propietarios, utilizando los precios del mercado de arriendo de viviendas –corregidos por características– como imputación proveniente de un mercado similar. Este método ha sido aplicado en otros países para estimar el valor de productos forestales no madereros (Hultkrantz, 1992).
- iii. Los métodos de valor residual y renta de recursos estiman el valor monetario de un servicio ecosistémico como los ingresos brutos de producción del bien producido por el ecosistema netos del costo de todos los insumos productivos utilizados para su extracción, incluido el costo alternativo del capital físico. La aplicación correcta de este método requiere que no se omitan en su cálculo insumos no pagados (como mano de obra) e indirectos que dificulten identificar la contribución del servicio ecosistémico. También es necesario contar con cierta granularidad para disponer de estimaciones de valor según la escala espacial elegida para estimar el servicio/activo ecosistémico. Este método ha sido aplicado en estudios académicos que estiman rentas de recursos minerales para diferentes usos en Chile (Figueroa y Calfucura, 2002; 2010; Leiva, 2018), donde contar con valores adecuados de capital físico producido y tasas de retorno privada se presentan como uno de los desafíos más importantes para su implementación. Cabe destacar que este ha sido uno de los métodos comúnmente más utilizados para estimar el valor de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento en el mundo (Naciones Unidas, 2021; NCAVES y MAIA, 2022).

¹⁵ Una discusión de los arreglos institucionales asociados a estos 2 mercados puede encontrarse en Peña-Torres y Fernandez (2010) para del mercado de cuotas individuales y transferibles de pesca, y Donoso et al. (2021) para el mercado de derechos de aguas.

- iv. El método de cambio de productividad modela la demanda del servicio o activo ecosistémico a partir de la maximización de utilidades para producir un bien o servicio final, donde el servicio o activo ecosistémico es uno de los insumos productivos en la función de producción. Las condiciones de primer orden definen el valor del servicio ecosistémico como el producto entre el precio del bien o servicio final y la productividad marginal del ecosistema. En términos conceptuales, esto corresponde al aumento en ingresos que genera la última unidad de ecosistema (hectárea de superficie, por ejemplo) utilizada en el proceso de producción del bien final. Siendo teóricamente uno de los métodos más adecuados para estimar el valor de un servicio ecosistémico, enfrenta el desafío de contar con microdatos a escala espacial del mercado donde se transan los bienes o servicios finales. En Chile, Nuñez et al. (2006) aplican este método para estudiar el valor de los bosques templados en el aprovisionamiento de agua para consumo humano.
- v. El método de precios hedónicos estima el efecto que tiene el servicio ecosistémico – pensado como atributo ambiental- sobre el valor de las propiedades. Económicamente se plantea una función hedónica que relaciona el valor de las propiedades con sus diversos atributos: número de habitaciones, calefacción central, espacio de garaje, características del vecindario, y ambientales – entre otros. Se hace una estimación asumiendo separabilidad de atributos, es decir, que no existe interacción entre atributos que afecte el valor de las propiedades. Gomez e Iturra (2021) estiman como la contaminación atmosférica asociada a material particulado fino (MP2.5) afecta precio de arriendo de las viviendas en Chile.
- vi. El método del comportamiento preventivo se basa en el supuesto que individuos, familias o comunidades gastan dinero en mitigar o eliminar los daños causados por impactos ambientales adversos, lo cual revela el valor que se asigna al servicio ecosistémico, como por ejemplo el gasto en filtración extra para purificar el agua contaminada, o del aire acondicionado para filtrar el aire contaminado. La estimación del valor del servicio ecosistémico se complica cuando hay beneficios indirectos asociados a los gastos defensivos o cuando hay costos indirectos incurridos por los agentes para evitar el daño que no están contabilizados en el gasto defensivo.
- vii. El método de costo de viaje utiliza los gastos de viaje para llegar a un sitio como base para calcular un precio de mercado para servicios ecosistémicos culturales. El SEEA EA sugiere utilizar el método de gastos del consumidor, el cual involucra el uso de estimaciones de los gastos de viaje para visitar sitios recreativos en forma de tarifas de entrada, costos de transporte y/o costos de alojamiento para valorar los servicios ecosistémicos directamente. Estos gastos representan la mínima disposición a pagar por el servicio del ecosistema, y proporcionan un valor de cambio de dicho servicio. Torres-Gomez et al. (2016) utilizan el método de gasto del consumidor para estudiar el valor económico total de los ecosistemas asociados al Área Marina y Costera Protegida de Isla Grande de Atacama. Similar aproximación ha sido seguida en varios otros ejemplos en Chile (Roman y Nahuelhual, 2009).

- viii. El método del costo de reemplazo estima el costo esperado de reemplazar un único SE utilizando un proceso que brinda los mismos beneficios, pero para el cual existen costos o precios establecidos. El método es consistente con el valor de cambio, ya que se utiliza un principio similar cuando se estima el costo de consumo de capital fijo. La validez del método depende de tres condiciones principales: (1) el sustituto puede proporcionar exactamente la misma función del servicio del ecosistema; (2) el sustituto es en realidad la alternativa de menor costo; y (3) existe evidencia de demanda real por el sustituto (NCAVES y MAIA, 2022). En Chile, Nahuelhual et al. (2007) y Figueroa et al. (2020) aplican este método para valorar el servicio ecosistémico de regulación de nutrientes asociada a la producción de materia seca (hojarasca) del bosque nativo de Valdivia y el análisis económico de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales, respectivamente
- ix. El método de costos de daños evitados estima el valor de los servicios ecosistémicos con base en los costos de los daños que ocurrirían debido a la pérdida de estos servicios. Similar al método del costo de reemplazo, el enfoque generalmente está en los servicios proporcionados por los servicios del ecosistema que se pierden si el ecosistema no está presente o está en condiciones tan malas que los servicios no están disponibles. La validez del método de costo de daños evitados depende también de las condiciones enumeradas para el método de costo de reemplazo, aunque en este caso no hay servicio de reemplazo. Dos condiciones son relevantes: (i) que los daños evitados puedan estar relacionados con un servicio específico; y (ii) que las personas estarían dispuestas a pagar una cantidad para evitar realmente el daño (es decir, si están dispuestas a aceptar el daño, entonces este método es inapropiado). El método del costo de los daños evitados es particularmente útil para regular servicios como control de la erosión del suelo, filtración de aire y regulación climática global. En Chile, este método ha sido ampliamente utilizado para evaluar los daños de la contaminación atmosférica y los beneficios que implica diferentes políticas públicas para su reducción.
- x. El método del valor de cambio simulado estima el precio y la cantidad del servicio ecosistémico que ocurriría si este fuera transado en un mercado hipotético. Este método requiere el uso del método de costo de viaje o preferencias declaradas para la estimación de demanda para el servicio ecosistémico relevante. Este método ha tenido una menor aplicación en la literatura de servicios ecosistémicos.

Cabe señalar que la valoración de los servicios ecosistémicos de regulación aún no encuentra consenso en el grupo de trabajo del SEEA EA 2021 respecto a qué enfoque debería convertirse en el estándar. Por ejemplo, para la valoración monetaria del servicio ecosistémico de purificación del agua resulta menos complejo utilizar un enfoque basado en costos, tal como el método de “costo de reemplazo” porqué un enfoque basado en daños (evitados) es de más difícil aplicación dado que requiere identificar de manera exhaustiva todos los beneficios/beneficiarios que podrían perderse si este servicio ya no está disponible. Estos beneficios pueden ser múltiples, tales como disponibilidad de agua limpia para beber

o nadar, calidad del agua para soporte de la vida de especies marinas nativas o cultivadas, o la percepción estética que influye tanto en las actividades recreativas como en el mercado inmobiliario. Por otro lado, la valoración de los servicios de regulación podría ser una de las etapas más desafiantes para la contabilidad ambiental. El territorio de Chile, heterogéneo en términos geográficos, climáticos y poblacionales, implica un análisis caso a caso de información de demanda y costos necesaria para aplicar los métodos de valoración presentados en la literatura. Además, ello hace más compleja la extrapolación o imputación de resultados entre diferentes zonas geográficas o ecosistemas. Por lo tanto, se requería un importante esfuerzo coordinado entre instituciones públicas y expertos para recopilar data y aplicar metodologías y así lograr estimaciones de funciones de costos que reflejen de la mejor manera posible los valores de los ecosistemas.

7. Conclusiones

La revisión de experiencias y metodologías para la medición del capital natural acorde a las directrices del Sistema de Contabilidad Económica-Ambiental de Naciones Unidas en sus 2 versiones, SEEA CF y SEEA EA, muestra que existen varios elementos a considerar para una posible implementación.

Primero, los requerimientos de información para el SEEA pueden ser demandantes, especialmente para las cuentas de servicios ecosistémicos. Parte de la información requiere un procesamiento adicional que involucra recursos tanto físicos (visitas a terreno), como tecnológicos (instrumental de medición y procesamiento de información) y humanos (profesionales, consulta a expertos). Si bien es posible obtener estimaciones de servicios y activos ecosistémicos usando modelos biofísicos alimentados por datos globales (Naciones Unidas, 2022b), los resultados obtenidos bajo este marco sólo entregan una orientación general del estado de los servicios ecosistémicos a nivel país. Mejoras en dichas estimaciones requieren el desarrollo de nuevas herramientas y el levantamiento de nueva información.

Segundo, el análisis de factibilidad técnica y disponibilidad de información realizado en el presente documento define etapas lógicas de implementación. Parece factible avanzar primero en componentes del SEEA CF donde existen datos y es menos costoso elaborar tanto cuentas físicas como monetarias. Por otra parte, la elaboración de cuentas de servicios y activos ecosistémicos del SEEA EA presenta un desafío mayor debido a las dificultades que existen para estimar algunos servicios y activos ecosistémicos con cierta robustez. La modelación biofísica puede aportar los primeros indicios, pero incluso este proceso demanda información espacial de variables y parámetros a escala local que alimenten, calibren y validen estos modelos, la cual a veces no es pública o no se encuentra disponible y es necesario estimarla. Por ello, para llevar adelante la implementación del SEEA EA se requiere de un compromiso y cooperación mayor entre distintas organizaciones, tanto públicas como privadas, dado que la obtención de cifras robustas para las cuentas ecosistémicas lleva consigo una compilación y uso adecuado de datos de campo y espaciales.

Tercero, aproximaciones estadísticas y metodológicas para la estimación de los servicios ecosistémicos, tanto en términos físicos como monetarios, podrían alimentarse de ejercicios

pilotos a menor escala. Esto es particularmente relevante para la aplicación de modelos biofísicos que requieren datos espaciales a escala local para estimar servicios ecosistémicos de regulación. La selección del territorio donde llevar a cabo planes piloto podría apoyarse en la comparación de indicadores espaciales para diversos criterios, tales como el nivel de degradación, el estado crítico o el nivel de captura de carbono de los ecosistemas– entre otros. Figueroa et al. (2020) plantean un ejercicio similar para asignar territorialmente las metas de Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) de Chile.

Finalmente, la valoración monetaria puede resultar compleja para algunos servicios ecosistémicos. Si bien la valoración de activos naturales del SEEA CF y servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y culturales del SEEA EA presenta algunos retos en la estimación de precios y rentas netas a escala espacial, esta puede verse complementada por datos y metodologías provenientes del sistema de cuentas nacionales. En contraste, a excepción de los servicios ecosistémicos de clima local y filtración del aire, el resto de los servicios de regulación involucran desafíos técnicos asociados a metodologías, datos y recursos. Por ejemplo, la valoración de los servicios ecosistémicos de regulación hídricos a escala de cuenca hidrográfica requiere de un análisis de las metodologías existentes, especialmente cuando para este tipo de servicios es un tópico en discusión según NCAVES y MAIA (2022) y Naciones Unidas (2021).

Referencias

- Avilés, F., Peraita, G. y C. Balladares (2021). “Huella de Carbono para la Economía Chilena 2017”, *Estudios Económicos y Estadísticos*, N° 135, Banco Central de Chile.
- Banco Central de Chile y Corporación Nacional Forestal (2001). “Cuentas ambientales: metodología de medición de recursos forestales en unidades físicas 1985-1996”.
- Banco Central de Chile y Servicio Nacional de Geología y Minas (2001). “Cuantificación de los Principales Recursos Minerales, 1985-2000”.
- Banco Mundial (2022). “What You Need to Know About Nature-Based Solutions to Climate Change”, 19 de mayo, <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/05/19/what-you-need-to-know-about-nature-based-solutions-to-climate-change>.
- CONAF (1993). “Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile”, Corporación Nacional Forestal, Chile.
- Donoso, G., Barria, P., Chadwick, C. y D. Rivera (2021). “Assessment of water markets in Chile”, en Sarah Ann Wheeler (Ed.) *Water Markets: A Global Assessment*, Edward Elgar Publishing.
- Fassnacht, F., Poblete-Olivares, J., Rivero, L., Lopatin, J., Ceballos-Comisso, A. y M. Galleguillos (2021). “Using Sentinel-2 and canopy height models to derive a landscape-level biomass map covering multiple vegetation types”, *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 94:102236.
- Figueroa, E. Calfucura, E. y J. Núñez. “Green national accounting: The case of Chile’s mining sector”; *Environment and Development Economics*. Forthcoming, Vol. 7, N°2. May.
- Figueroa, E. y E. Calfucura. 2003. "Growth and green income: evidence from mining in Chile," *Resources Policy*, Elsevier, vol. 29(3-4), pages 165-173.
- Figueroa, E. y E. Calfucura (2010). "Sustainable development in a natural resource rich economy: the case of Chile in 1985–2004", *Environment, Development and Sustainability*, 12(5): 647-667.
- Figueroa, E., Calfucura, E., Papageorgiou, S. y J. Miranda (2020). "Beneficios de restauración y REDD+ para bosque nativo en Chile: sinergias y trade-offs entre servicios ecosistémicos, eficiencia y reducción de pobreza," *Working Paper 505*, University of Chile, Department of Economics.
- Frolking, S., Qiu, J., Boles, S., Xiao, X., Liu, J., Zhuang, Y., Li, C. and X. Qin (2022). “Combining remote sensing and ground census data to develop new maps of the distribution of rice agriculture in China”, *Global Biogeochemical Cycles*, 16(4): 38-1-38-10.
- Gómez-Lobo, A. (1991). "Desarrollo sustentable del sector pesquero Chileno en los años 80", en *Desarrollo y Medio Ambiente: Hacia un Enfoque Integrador*, editado por Joaquín Vial, CIEPLAN, Santiago.
- Gonzalez, E. et al. (2018). “Bases Metodológicas para el Desarrollo de una Cuenta Satélite en el Sector Pesca y Acuicultura”, PROYECTO FIPA 2016-60.
- Hamilton, K. (1994). “Green adjustment for GDP”, *Resources Policy*, 20(3): 155-168.
- Hartwick, J. (1977). "Intergenerational Equity and Investing of Rents from Exhaustible Resources", *American Economic Review*, 67(5):.
- Hartwick, J. (1990). "Notes on economic depreciation of natural resources stocks and national accounting", mimeo, Department of Economics, University of Quenn's.

- Hein, L., Remmeb, R., Schenauc, S., Bogaarte, P., Lofa, M. y E. Horlings (2020). “Ecosystem accounting in the Netherlands”, *Ecosystem Services*, 44:101118.
- HM Treasury UK (2022). Green Book: Central government guidance on appraisal and evaluation. Her Majesty Treasury, United Kingdom.
- Hultkrantz, L. (1992). “National account of timber and forest environmental services in Sweden”, *Environmental and Resource Economics*, 2:283-305.
- Gómez, K., & Iturra, V. (2021). “How does air pollution affect housing rental prices in Chile? An economic assessment of PM2.5 concentration across Chilean comunas”, *Environment and Development Economics*, 26(4), 364-380.
- Julian, C., Nahuelhual, L. y P. Laterra (2021). “The Ecosystem Service Provision Index as a generic indicator of ecosystem service supply for monitoring conservation targets”, *Ecological Indicators*, 129 (107855).
- Keith, David A., Ferrer-Paris, Jose R., Nicholson, Emily, & Kingsford, Richard T. (eds.) (2020). Indicative distribution maps for Ecosystem Functional Groups - Level 3 of IUCN Global Ecosystem Typology (Version 2.1.1)
- Mardones, C. y R. Del Río (2019). “Correction of Chilean GDP for natural capital depreciation and environmental degradation caused by copper mining”, *Resources Policy*, 60 8March): 143-152.
- Nahuelhual, L., Donoso, P., Lara, A. et al. (2007). “Valuing ecosystem services of chilean temperate rainforests”, *Environment Development and Sustainability*, 9:481–499.
- Nemec, K. y C. Raudsepp-Hearne (2012). “The use of geographic information systems to map and assess ecosystem services”, *Biodiversity Conservation*, 22: 1–15.
- Naciones Unidas (2021). “Global Assessment of Environmental-Economic Accounting and Supporting Statistics”.
- Naciones Unidas (2022a). System of Environmental Economic Accounting. Naciones Unidas. <https://seea.un.org/>
- Naciones Unidas (2022b). Guidelines on Biophysical Modelling for Ecosystem Accounting. Naciones Unidas Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division, New York.
- Naciones Unidas (2002c). Global consultation on the guidance notes WS8, WS.9, WS.10 and WS.11. System of National Accounting.
- Naciones Unidas (2002d). Statistical Commission Background Document. Fifty-third Session, 1 – 4 March 2022. Prepared by the Naciones Unidas Statistics Division under the auspices of the Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting.
- NCAVES (2021). Ecosystem Accounts for China. Reporto of the NCAVES Project.
- NCAVES y MAIA (2022). Monetary valuation of ecosystem services and ecosystem assets for ecosystem accounting: Interim Version 1st edition. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division, New York.
- NCC (2017). Advice to Government on the 25 Year Environment Plan, Natural Capital Committe, United Kingdom.
- NGFS (2021). Biodiversity and financial stability: exploring the case for action Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System.
- NGFS (2022). Statement on nature-related financial risks. Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System.

- Núñez, J. (1993). "Desarrollo sustentable: Un análisis empírico en el sector forestal Chileno". *Estudios de Economía*, Vol 19, Nro 2: 257-276.
- Núñez, D., Nahuelhual, L. y C. Oyarzún (2006). "Forests and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption", *Ecological Economics*, 58 (3): 606-616.
- ONS (2016). UK natural capital monetary estimates 2016. The Office for National Statistics (ONS) and the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra).
- ONS (2019). UK natural capital monetary estimates 2016. The Office for National Statistics (ONS) and the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra).
- ONS (2021). UK natural capital monetary estimates 2016. The Office for National Statistics (ONS) and the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra).
- Peña-Torres, J. y G. Fernández (2010). "Disuasión de entrada, subastas repetidas y divisibilidad del objeto en venta", *Estudios de Economía*, 37(1), 105-149.
- Roman, B. y L. Nahuelhual (2009). "Áreas protegidas públicas y privadas en el sur de Chile Caracterización del perfil de sus visitantes", *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 18:490 – 507.
- SERNAGEOMIN (2009). "Evolución de las reservas y recursos de cobre, molibdeno, oro, plata, nitrato y yodo en Chile, 2001-2007", Servicio Nacional de Geología y Minas.
- Solow, R. (1974). "Intergenerational Equity and Exhaustible Resources", *Review of Economic Studies*.
- Torres-Gómez, M., Calfucura, E. y E. Figueroa (2019). Social valuation of ecosystem services at local scale: challenges for the management of a multiple-use coastal and marine protected area (MU-CMPA): Isla Grande de Atacama: Chile. In: Delgado, L., Marín, V. (eds) *Social-ecological Systems of Latin America: Complexities and Challenges*. Springer, Cham.
- Weitzman, M. (1976). "On the welfare significance of national product in a dynamic economy", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 90.
- Zhao, Y., Feng, D., Yu, L., Wang, X., Chen, Y., Bai, Y., Hernandez, H., Galleguillos, M., Estades, C., Biging, G., Radke, J. y P.Gong (2016). "Detailed dynamic land cover mapping of Chile: Accuracy improvement by integrating multi-temporal data", *Remote Sensing of The Environment*, 183: 170-185.

ANEXO. Grupos Funcionales de Ecosistemas, Tipología de Ecosistemas IUCN

Reino	Bioma		Grupo Funcional de Ecosistemas	
Terrestre	T1	Bioma de bosque tropical y subtropical	T1.1	Bosques tropicales y subtropicales lluviosos de tierras bajas
			T1.2	Bosques y matorrales tropicales-subtropicales secos
			T1.3	Bosques tropicales-subtropicales lluviosos de montaña
			T1.4	Bosques tropicales de brezales
	T2	Bioma de bosque y arboleda templado-boreal	T2.1	Bosques y arboledas boreales y templadas de alta montaña
			T2.2	Bosques templados caducifolios
			T2.3	Bosques templados oceánicos frío
			T2.4	Bosques templados cálido laurifolios
			T2.5	Bosques templados húmedos píricos
			T2.6	Bosques y arboledas templados esclerófilos píricos
	T3	Bioma de bosque arbustivo y matorral	T3.1	Matorrales tropicales estacionalmente secos
			T3.2	Brezales y matorrales templados estacionalmente secos
			T3.4	Brezales templados fríos
			T3.5	Pavimentos rocosos, canchales y flujos de lava
	T4	Bioma de sabana y pastizal	T4.1	Sabanas tróficas
			T4.2	Sabanas de matas píricas
			T4.3	Sabanas de montículos
			T4.4	Bosques templados
			T4.4	Pastizales templados subhúmedos
	T5	Bioma de desierto y semi-desierto	T5.1	Estepas semidesérticas
			T5.2	Desiertos y semi-desiertos espinosos
			T5.3	Desiertos y semi-desiertos cálidos esclerófilos
			T5.4	Desiertos y semi-desiertos frescos
			T5.5	Desiertos hiper-áridos
	T6	Bioma polar-alpino	T6.1	Capas de hielo, glaciares y campos de nieve perenes
			T6.2	Afloramientos rocosos polar-alpino
			T6.3	Tundra y desiertos polares
			T6.4	Pastizales y matorrales templados alpinos
			T6.5	Pastizales y matorrales tropicales alpinos
	T7	Bioma de uso intensivo de la tierra	T7.1	Tierras de cultivo anuales
T7.2			Pastos y campos sembrados	
T7.3			Plantaciones	
T7.4			Ecosistemas urbanos e industriales	
T7.5			Derivados de pastos seminaturales y viejos campos	
Subterráneo	S1	Bioma subterráneo lítico	S1.1	Cuevas aeróbicas
			S1.2	Sistemas endolíticos
			S2.1	Vacios subterráneos antropogénicos
Agua Dulce Subterránea	SF1	Bioma de agua dulce subterránea	SF1.1	Arroyos y cuerpos de agua subterráneos
			SF1.2	Ecosistemas de aguas subterráneas
	SF2	Bioma de agua dulce subterránea antropogénica	SF2.1	Cañerías de agua y canales subterráneos
			SF.2	Minas inundadas y otros vacíos
Marino Subterráneo	SM1	Bioma de marea subterránea	SM1.1	Cuevas anquialinas
			SM1.2	Pozos anquialinos
			SM1.3	Cuevas marinas
Agua dulce terrestre	TF1	Bioma de humedales palustres	TF1.1	Bosques y turberas tropicales inundadas
			TF1.2	Humedales boscosos subtropicales/templados
			TF1.3	Pantanos permanentes
			TF1.4	Pantanos de planicies inundadas estacionales
			TF1.5	Planicies áridas de inundación episódica
			TF1.6	Turberas boreales, templadas y de montaña
			TF1.7	Pantanos boreales y templados

Reino	Bioma		Grupo Funcional de Ecosistemas		
Agua Dulce	F1	Bioma de río y cuerpo de agua	F1.1	Quebradas permanentes de tierras altas	
			F1.2	Ríos permanentes de tierras bajas	
			F1.3	Ríos y cuerpos de agua congelados-descongelados	
			F1.4	Quebradas estacionales de tierras altas	
			F1.5	Ríos estacionales de tierras bajas	
			F1.6	Ríos áridos episódicos	
			F1.7	Grandes ríos de tierras bajas	
	F2	Bioma de lago	F2.1	Grandes lagos permanentes de agua dulce	
			F2.2	Pequeños lagos permanentes de agua dulce	
			F2.3	Lagos estacionales de agua dulce	
			F2.4	Lagos de agua dulce congelados- descongelados	
			F2.5	Lagos efímeros de agua dulce	
			F2.6	Lagos permanentes de sal y sosa	
			F2.7	Salares efímeros	
			F2.8	Fuentes y oasis artesianos	
			F2.9	Pozos y humedales geotérmicos	
			F2.10	Lagos subglaciales	
	F3	Bioma de agua dulce artificial	F3.1	Grandes embalses	
			F3.2	Humedales lacustres construidos	
			F3.3	Arrozales	
			F3.4	Acuicultura de agua dulce	
F3.5			Canales, zanjas y desagües		
Agua Dulce Marina	FM1	Bioma de agua de transición semiconfinada	FM1.1	Ensenadas costeras de aguas profundas	
			FM1.2	Bahías y estuarios fluviales permanentemente abiertos	
			FM1.3	Lagos y lagunas intermitentemente cerrados y abiertos	
Marino	M1	Bioma de la plataforma marina	M1.1	Praderas de pastos marinos	
			M1.2	Bosques de algas marinas	
			M1.3	Arrecifes de coral fóticos	
			M1.4	Lechos y arrecifes de mariscos	
			M1.5	Bosques de animales marinos	
			M1.6	Arrecifes rocosos submareales	
			M1.7	Lechos de arena submareales	
			M1.8	Planicies de lodo submareales	
			M1.9	Zonas de afloramiento	
	M2	Bioma de aguas oceánicas pelágicas	M2.1	Aguas oceánicas epipelágicas	
			M2.2	Aguas oceánicas mesopelágicas	
			M2.3	Aguas oceánicas batipelágicas	
			M2.4	Aguas oceánicas abisopelágicas	
			M2.5	Hielo marino	
	M3	Bioma d fondos marinos profundos	M3.1	Taludes continentales e insulares	
			M3.2	Cañones marinos	
			M3.3	Planicies abisales	
			M3.4	Montañas, cordilleras y mesetas submarinas	
			M3.5	Lechos biogénicos de aguas profundas	
			M3.6	Zanjas y canales Hadal	
			M3.7	Ecosistemas quimiosintéticos	
	M4	Bioma marino antropogénico	M4.1	Estructuras artificiales sumergidas	
			M4.2	Granjas marinas	
	Marino Terrestre	MT1	Bioma de borde costero	MT1.1	Borde costero rocoso
				MT1.2	Borde costero fangoso
				MT1.3	Borde costero arenoso
				MT1.4	Borde costero de peñascos y adoquines
		MT2	Bioma costero supra-litoral	MT2.1	Matorrales y pastizales costeros
MT3	Bioma de bordes costeros antropogénicos	MT3.1	Bordes costeros artificiales		
Marino Agua Dulce Terrestre	MFT1	Bioma sistema mareal subterráneo	MTF1.1	Deltas costeros ribereños	
			MTF1.2	Bosques y matorrales intermareales	
			MTF1.3	Marismas y cañaverales costeros	

**Estudios Económicos Estadísticos
Banco Central de Chile**

**Studies in Economic Statistics
Central Bank of Chile**

NÚMEROS ANTERIORES

PAST ISSUES

Los Estudios Económicos Estadísticos en versión PDF pueden consultarse en la página en Internet del Banco Central www.bcentral.cl . El precio de la copia impresa es de \$500 dentro de Chile y US\$12 al extranjero. Las solicitudes se pueden hacer por fax al: +56 2 26702231 o por correo electrónico a: bcch@bcentral.cl.

Studies in Economic Statistics in PDF format can be downloaded free of charge from the website www.bcentral.cl . Separate printed versions can be ordered at a price of Ch\$500, or US\$12 from overseas. Orders can be placed by fax: +56 2 26702231 or email: bcch@bcentral.cl.

EEE 137 – Abril 2023

Contabilidad Económica-Ambiental del Capital Natural: Experiencias y Antecedentes para Chile

Enrique Calfucura, Felipe Avilés, Gabriel Peraita

EEE 136 – Junio 2022

Caracterización del Factoring Bancario en Chile: 2009-2020

Jorge Fernández, Francisco Vásquez

EEE 135 – Abril 2021

Huella de Carbono para la Economía Chilena 2017

Felipe Avilés-Lucero, Gabriel Peraita, Camilo Valladares

EEE 134 – Julio 2020

External Debt Characterization of Non-Banking Companies in Chile

Jorge Fernández B., Fernando Pino M., Francisco Vásquez L.

EEE 133 – Junio 2020

Mercado de derivados sobre tasas de interés en Chile: Comparación internacional y mercado de Swap Promedio Cámara

Nicole Delpiano, José Miguel Villena

EEE 132 – Mayo 2020

Mercado Cambiario Chileno, una comparación internacional: 1998 a 2019

José Miguel Villena y Alexander Hynes

EEE 131 – Abril 2020

Revisiones en cuentas nacionales trimestrales Chile 2006-2019

Danae Scherman

EEE 130 – Octubre 2019

Un Nuevo Indicador de Endeudamiento de Empresas Chilenas Utilizando Registros Administrativos de Deuda y Actividad
Jorge Fernández y Francisco Vásquez

EEE 129 – Julio 2019

Índice de Avisos Laborales de Internet
Erika Arraño y Katherine Jara

EEE 128 – Febrero 2019

Medidas de Incumplimiento de Empresas Chilenas Basadas en Datos Administrativos
Jorge Fernández y Francisco Vasquez

EEE 127 – Febrero 2019

Assessing Firm Hetrogeneity within Industries for the Chilean Economy
Diego Vivanco

EEE 126 – Septiembre 2018

Valoración de la tierra de uso residencial y su contribución al valor de mercado de la vivienda en Chile
Ricardo Flores , Josué Pérez , Francisca Uribe

EEE 125 – Junio 2018

Evolución de los Medios de Pago en Chile y su Incidencia en el Comportamiento de los Componentes de M1
Erika Arraño y Juan Pablo Cova

EEE 124 – Junio 2018

Balance del Banco Central de Chile, 1926 a 2015
Pablo Filippi, José Román y José Miguel Villena

EEE 123 – Junio 2017

Series Históricas del PIB y Componentes del Gasto, 1986-2013
Felipe Labrin

EEE 122 – Marzo 2017

Caracterización de las Tasas de Interés de Créditos para la Vivienda
Patricio Hevia y César Vásquez

EEE 121 – Febrero 2017

Caracterización de la Deuda de Empresas No Bancarias en Chile
Jorge Fernández, Pedro Roje y Francisco Vásquez

EEE 120 – Febrero 2017

Medición de los Servicios de Capital para la Economía Chilena
Ivette Fernández y Pablo Pinto

