

## **Beneficios de Restauración y REDD+ para Bosque Nativo en Chile: Sinergías y Trade-offs entre Servicios Ecosistémicos, Eficiencia y Reducción de Pobreza**

### **Autores:**

Eugenio Figueroa B.  
Enrique Calfucura T.  
Stavros Papageorgiou  
Juan José Miranda

Santiago, Octubre de 2020

# **Beneficios de Restauración y REDD+ para Bosque Nativo en Chile: Sinergías y Trade-offs entre Servicios Ecosistémicos, Eficiencia y Reducción de Pobreza**

Eugenio Figueroa B.  
*Departamento de Economía, Universidad de Chile*

Enrique Calfucura T.  
*Universidad Diego Portales y Centro de Estudios Interculturales e Indígenas (CIIR)*

Stavros Papageorgiou y Juan José Miranda  
*Banco Mundial*

## **Resumen**

Este trabajo aplica el análisis de costo-beneficio para asignar territorialmente las medidas de cambio del uso de la tierra y la silvicultura (UTCUTS) incluidas en las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC) de Chile, del período 2016-2020, utilizando criterios de eficiencia, de vulnerabilidad comunal al cambio climático y pobreza, y de focalización de pobreza comunal. Los resultados muestran que los beneficios netos en valor presente oscilan entre USD 309 y 484 millones para el caso de manejo forestal sustentable y USD 371 y 414 millones para forestación. El uso de criterio de eficiencia maximiza el beneficio social neto pero restringe la implementación de las medidas a un número menor de comunas en comparación con criterios de vulnerabilidad comunal al cambio climático-pobreza y focalización de pobreza comunal, las cuales presentan una mayor diversidad territorial. De gran relevancia resultan ser los tradeoffs que aparecen entre asignaciones territoriales alternativas de la NDC cuando estas se hacen con un criterio restringido a maximizar el valor presente del beneficio neto del aumento en el flujo de servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas intervenidos en comparación con criterios que además consideran reducir la pobreza y/o disminuir la vulnerabilidad al cambio climático de las zonas más expuestas del país. Finalmente, cuando se consideran los precios de mercado para el carbono, los beneficios ecosistémicos no transados en mercados se vuelven cruciales para hacer socialmente rentables la aplicación de las medidas, especialmente para el caso de forestación.

**Keywords: Cost-benefit analysis, climate change, forest management**  
**JEL Codes: Q01, Q23, Q54**

## 1. Introducción

El calentamiento Global ocurrido durante la era industrial del desarrollo humano es un hecho irrefutable, y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha concluido, con 95% de certidumbre, que la causa principal del mismo es la actividad humana (IPCC, 2014). Los catastróficos impactos que tendrían aumentos mayores a 2° C en la temperatura media global, y los riesgos que para toda la vida del planeta ellos implicarían, representan el mayor reto que la humanidad haya enfrentado jamás (Hansen et al., 2008). Para enfrentar este desafío sin paralelo, los 195 países que concurren a la 21ra. Conferencia de las Partes (COP-21) de la Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático (CNUCC), celebrada en noviembre-diciembre de 2015, suscribieron el Acuerdo de París y acordaron “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático” (Artículo 2.a. del Acuerdo).

Los 195 Estados partícipes del Acuerdo de París (AP) se han comprometido a formular estrategias de desarrollo de largo plazo bajas en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para ello, el Artículo 3 del Acuerdo establece que “en sus contribuciones determinadas a nivel nacional a la respuesta mundial al cambio climático, todas las Partes habrán de realizar y comunicar los esfuerzos ambiciosos que se definen...con miras a alcanzar el propósito del presente Acuerdo...”. Estas contribuciones de cada país, llamadas contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por su sigla en inglés), constituyen el corazón del AP para el logro de los objetivos de largo plazo del combate global al cambio climático (UNFCCC, 2018). Más aún, recientemente, el IPCC (2018) concluyó que las tendencias recientes de las emisiones y el nivel de ambición internacional patente en las NDCs recogidas en el marco del Acuerdo de París se apartan de una trayectoria que pueda limitar el calentamiento global a menos de 2 °C, y llamó a aumentar de forma urgente la ambición en materia de mitigación de GEI de aquí a 2030 y a rebajar la meta para el calentamiento global a 1,5 °C, en vez de 2 °C.

Por el Acuerdo de París cada país debe estudiar cómo implementar las acciones definidas en su NDC de manera de no solamente maximizar la probabilidad de lograr los objetivos de reducción de GEI comprometidos en ella sino que, en lo posible, se esfuerce en contribuir más allá de lo comprometido en tales objetivos. Ello requiere, por su parte, que cada país estudie las maneras más eficaces y eficientes para implementar las acciones para combatir el cambio climático definidas en su NDC. A esto puede contribuir la información producida en este trabajo, no tan sólo para el caso específico de Chile, sino también para países con recursos forestales y vegetacionales similares.

De acuerdo a su Ministerio del Medio Ambiente, Chile es un país altamente vulnerable a los impactos del cambio climático ya que cumple con 7 de los 9 criterios para definir vulnerabilidad utilizados por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (MMA, 2016). Por ello, no resulta extraño que las medidas referidas al sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) constituyan un pilar fundamental del componente de mitigación del cambio climático comprometido por Chile en

sus NDCs. Más aún, debido a la vocación productiva del país, la relevancia del sector forestal en la economía chilena, y las metas conjuntas que el país persigue referidas a “reducir la pobreza, disminuir la inequidad y continuar avanzando hacia un desarrollo, sustentable, competitivo, inclusivo, resiliente y bajo en carbono” (Gob-Chile, 2015), resulta evidente que las medidas UTCUTS de su NDC conforman un componente de gran relevancia estratégica para el país.

Chile ratificó el Acuerdo de París el 10 de febrero de 2017, por lo cual, su INDC presentada en septiembre de 2016 para la COP-21, y denominada oficialmente “Contribución Nacional Tentativa (INDC) de Chile para el Acuerdo de París 2015”, constituye la base de las NDCs comprometidas por el Estado chileno actualmente. En efecto, con fecha 2 de febrero de 2017, su INDC quedó registrada como la primera NDC oficial del país, y, con fecha 8 de abril de 2020, fue actualizada constituyéndose en la actual NDC oficialmente comprometida por Chile. Las obligaciones asumidas por el Chile en su NDC son dos; ambas corresponden a metas orientadas a reducciones de GEI, y comprometidas para ser logradas al año 2030. En el año 2016, en su primera INDC, el Gobierno de Chile estableció las primeras metas NDC referidas al sector UTCUTS y que implicaban tanto el manejo sustentable y recuperación así como la forestación de 100.000 hectáreas de bosque, preferentemente bosque nativo. En el año 2020, con la actualización de su NDC, estas metas fueron ampliadas a 200.000 hectáreas de manejo forestal sustentable en bosques nativos, y similar superficie asignada a forestación con una menor participación potencial del bosque nativo en este último caso (70.000 hectáreas).

En el presente documento se presenta una evaluación económica y estratégica de las metas del sector UTCUTS vigentes entre los años 2016-2020 en base a la información propuesta por la denominada Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV). Esto permite estudiar metodologías y el uso de criterios alternativos para la asignación territorial de las metas de forestación y manejo forestal sustentable, y, con ello, obtener resultados interesantes en términos de implicancias de política pública. Más allá que en el año 2020 se hayan ampliado las metas de la NDC de Chile, la metodología e implicancias del presente documento permanecen válidas.

Este trabajo se enfoca en las 2 medidas de la ENCCRV que tienen relación con las metas UTCUTS de la NDC del país; las que corresponden a: (i) Manejo forestal sustentable a través del fortalecimiento del programa de restauración ecológica en comunas/áreas priorizadas y un programa de ordenación forestal institucional enfocado en terrenos públicos y privados, y (ii) Programa de forestación y revegetación en comunas/áreas priorizadas. El manejo forestal sustentable corresponde a acciones silvícolas cuyo objetivo principal es la producción sustentable y con rendimiento sostenido de productos madereros y no madereros del bosque, o de otra formación vegetal con potencial productivo, junto con la recuperación de un bosque u otra formación vegetal que se encuentra en etapas avanzadas de degradación, y en donde se espera recuperar la funcionalidad ecosistémica y la capacidad de producción de bienes y servicios. La medida de forestación, por su parte, persigue implementar acciones silvícolas y otras complementarias cuyo objetivo principal es el establecimiento de cobertura vegetal nativa permanente, en áreas desprovistas de vegetación o con bajos niveles de cobertura, incluidos los claros presentes en bosques fragmentados.

En esta investigación se aplican metodologías para el análisis de los beneficios y de los costos de la implementación, en la zona Centro-Sur de Chile, de las medidas de manejo forestal y de forestación de la NDC comprometida por el país. El propósito es proporcionar una estimación de los beneficios ecosistémicos que permita valorar los impactos ambientales y económicos de implementar las medidas requeridas para cumplir los compromisos de la NDC 2016-2020 del sector UTCUTS. A diferencia del análisis tradicional económico y financiero de proyectos de inversión, aquí también se incluye en el análisis la valoración de las externalidades positivas generadas por los bosques nativos en forma de servicios ecosistémicos y beneficios ambientales para los cuales no existen mercados formales explícitos. Se utiliza esta metodología para evaluar diferentes criterios de asignación territorial de las metas: eficiencia, vulnerabilidad comunal al cambio climático y pobreza, y focalización de pobreza comunal, que también permite tener una primera aproximación respecto a las implicancias en términos de cobertura territorial y caracterización de los servicios ecosistémicos que cada una de estos criterios presenta.

El resto del documento está estructurado de la siguiente manera. La sección 2 presenta la metodología utilizada para la evaluación y análisis. En la sección 3 se muestra la información y datos utilizados. La sección 4 exhibe los resultados. La sección 5 discute los resultados, realizando un análisis comparativo y de política. La sección 6 presenta las conclusiones.

## **2. Metodología**

### **2.1. Metodología General**

En este trabajo se emplea un análisis de beneficio-costos, técnica de evaluación estándar para determinar la conveniencia social de implementar políticas, programas, proyectos o inversiones (Schmid, 2018; Hoehn and Randall, 1989; Mishan, 1971). Como primer paso de esta metodología es necesario definir escenarios para las medidas silvícolas a evaluar (recuperación y manejo forestal, y forestación). Para esto se utiliza información base proveniente de estudios previos y se define un cronograma de implementación de las medidas. En segundo lugar, se determina los agentes que se verán afectados por las medidas. Este grupo corresponde a un set diverso a todo nivel – local, regional, nacional o global. Por ejemplo, mientras los beneficios por captura de carbono son globales, otra serie de beneficios, como la provisión de madera y agua, son locales; mientras que la mantención de hábitat puede tener implicancias nacionales, como ocurre también con los beneficios indirectos provenientes de la reducción de la pobreza. Tercero, se determina los impactos físicos de las medidas contempladas en la NDC, los cuales se asocian al aumento del flujo de bienes y servicios provistos por los ecosistemas intervenidos con las acciones implementadas (recuperación y manejo forestal, y forestación). Cuarto, debe cuantificarse, por una parte, la cantidad de insumos empleados en la implementación de las medidas y, por otra, el monto de servicios ecosistémicos generado por estas medidas durante el periodo de funcionamiento del proyecto. Quinto, debe estimarse el valor económico de los impactos. En esta etapa, se estima el valor económico tanto de los insumos utilizados como de los productos (servicios ecosistémicos) generados por las medidas implementadas en el horizonte de tiempo definido (30 años, en este estudio). Posteriormente, el flujo de costos y

beneficios estimados para el período del análisis debe ser actualizado a su valor presente (de hoy). Esta es una etapa conceptualmente compleja y, además, relevante desde el punto de política pública. En el caso de los bosques naturales o nativos, estos son muy sensibles a las tasas de descuento elegidas ya que tienen horizontes temporales muy largos, en algunos casos, más de 100 años. Aquí se utiliza una tasa de descuento de 6% real, que corresponde a la tasa social de descuento establecida por el Ministerio de Desarrollo Social para la toma de decisiones y optimación de las inversiones sociales en Chile. Una vez realizadas las estimaciones de los flujos de beneficios y de costos, se calcula dos indicadores: (i) Valor Presente de los Beneficios Netos (VPBN); y, (ii) Beneficio Social Neto por hectárea (BN/ha.). Finalmente, se realiza un análisis de sensibilidad para los resultados obtenidos respecto de las siguientes tres variables de mayor relevancia: (i) tasa de descuento; (ii) precio del carbono, y (iii) precio de la madera.

## 2.2. Definición de las Unidades de Evaluación

Para evaluar las medidas de forestación y manejo forestal sustentable se ha utilizado la información base SIG de CONAF (2016b), la cual determina distintos indicadores<sup>1</sup> - a nivel de polígono – del bosque nativo para el conjunto de municipios ubicados entre el límite norte de la Región de Valparaíso y el límite sur de la Región de Los Lagos en los años 1997 y 2010/2013. Este territorio contiene la mayor parte de la superficie de bosque nativo con degradación ambiental y deforestación (ENCCRV, 2017). En contraste, la zona del extremo norte de Chile, que comprende desde la región de Arica y Parinacota hasta la de Coquimbo, corresponde a la zona más desértica del país y con una baja densidad de bosque nativo. Del mismo modo, el bosque nativo austral de Chile, ubicado en las regiones de Aysén y Magallanes, se encuentra más fuertemente protegido debido a la extensa superficie de áreas protegidas, los accesos más difíciles y la escasa población regional.

La metodología implementada en la valoración económica aquí realizada incluye la valoración de los servicios ecosistémicos de provisión/regulación de agua, la captura de carbono, el turismo y la recreación, la provisión de madera, productos forestales no madereros, y biodiversidad, tanto para manejo forestal sustentable como forestación, y además para esta última, control biológico, control de erosión, y regulación de nutrientes. Como es de general ocurrencia, esta metodología no captura la totalidad de los beneficios obtenibles a partir de los servicios ecosistémicos protegidos y/o generados por las medidas de la NDC analizadas. Sin embargo, captura los beneficios que la literatura internacional señala como más relevantes (Costanza *et al.*, 1997; TEEB, 2008); especialmente la literatura propia de la experiencia en Chile, como la referida a la estimación de los beneficios ecosistémicos del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE) del país (Figuroa 2015, 2011, 2010 y 2009; Figuroa y Pastén, 2015, 2011 y 2008), o la referida a la valoración económica de los servicios ecosistémicos de regiones o áreas específicas del país (Figuroa *et al.*, 2017, 2016a, 2016b)

---

<sup>1</sup> Dentro de estos indicadores destacan el stock de carbono del bosque en pie, tipo y sub-tipo del bosque, especie forestal, nivel de degradación del bosque nativo y tipo de acción de manejo forestal sustentable susceptible de ser implementada.

El análisis realizado considera 76 comunas a ser analizadas para la medida de manejo forestal sustentable y 28 comunas para la medida de forestación. En el caso de manejo forestal sustentable, se han seleccionado sólo las comunas en donde se observa una reducción en el balance de carbono entre el primer inventario (año 2000) y el último inventario de recursos vegetacionales (años 2010 ó 2013)<sup>2</sup>. Es decir, aquellas comunas con polígonos con balance de carbono negativo. Las 76 comunas representan en su conjunto el 27% del total de comunas localizadas en la zona en estudio (entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos) y el 37% de la superficie de bosque nativo de dicha zona. Respecto a la medida de forestación, se utiliza la información de los inventarios forestales de los años 2000 y 2010 para la zona ubicada entre las regiones de Bio-Bio y Los Lagos, y que son las únicas para las cuales existen indicadores de framegtación del bosque nativo, elemento crucial para definir los lugares optimos de implementación de la medida. No considera aquellas comunas que en el período 2000-2010/13 o 2000-2013 exhibieron balances de carbono positivos en sus polígonos, ya que ello implica una tendencia hacia la mejora en las condiciones de bosque nativo, razón por la cual los beneficios ecosistemicos potenciales por hectárea de superficie serían menores respecto a comunas con balance de carbono negativo pero con costos similares de manejo forestal sustentable o forestación. Por ello no necesariamente los beneficios serían mayores que los costos.

Las metas de manejo forestal sustentable y de forestación de la NDC son 100,000 hectáreas en cada caso, por lo que es necesario aplicar criterios de priorización para asignar dicha superficie para el subconjunto de 76 comunas pre-seleccionadas inicialmente. Esto fue realizado en 2 pasos:

1. Identificación dentro de cada comuna de aquella superficie con mejores indicadores de servicios ecosistémicos, que constituye la llamada “área elegible” de la comuna. Esta identificación se realiza analizando la información disponible para cada comuna mediante sistemas de información geográfica (SIG), y ocurre antes del proceso de valoración económica.
2. Una vez realizada la valoración económica de los beneficios ecosistémicos y costos de implementación de las medidas para cada “área elegible”, se proce a rankear las comunas según 3 criterios de asignación. Para el caso de ada criterio de asignación, se selecciona de manera consecutiva aquellas comunas que presenten indicadores más altos para cada criterio hasta que se alcance la meta de la medida en la NDC.

Obviamente, entre los pasos 1 y 2, es necesario realizar la valoración económica de los beneficios ecosistemidos derivados de, y los costos asociados a, la implementación de las medidas de la NDC. Los detalles de la metodlogía de valoración económica se entregan después de esta subsección. En lo que resta de de esta subsección, se explicará la metodología empleada en los pasos 1 y 2 indicados en los párrafos precedentes.

El primer paso debió realizarse debido s las restricciones de información y los recursos disponibles para realizar un análisis completo para toda la superficie comunal de cada una de

---

<sup>2</sup> El último inventario corresponde al año 2010 para la zona ubicada entre las regiones de Bio-Bio y Los Lagos y el año 2013 para la zona ubicada entre las regiones de Valparaiso y Maule.

las 76 comunas pre-seleccionadas. A cambio, dicho primer paso implementó un algoritmo que no sólo facilita las comparaciones entre comunas, sino que también permite focalizar el análisis dentro de cada comuna dadas las restricciones antes señaladas.

Este primer paso mapea información geográfica de 3 tipos. El primer tipo se refiere a los recursos vegetacionales y sus servicios ecosistémicos asociados, como, información geográfica sobre (1) captura de carbono, (2) provisión de agua para cuerpos de aguas superficiales, (3) turismo, (4) biodiversidad, y (5) nivel de deterioro del suelo. El segundo tipo de información se refiere a las características sociológico-culturales de las comunas, como grado de ruralidad y participación de las etnias nativas en la poblacional comunal. El tercer tipo de información se refiere al tamaño predial dentro de cada comuna, pues esta variable permite identificar localidades de mayor vulnerabilidad socioeconómica relativa.

Utilizando esta información mapeada geográficamente, se identifica un “área elegible” de la comuna, correspondiente a la zona en la que se observa una mayor cantidad de indicadores de servicios ecosistémicos posibles de ser utilizados por la población local, especialmente aquella más pobre (indígena) y con menor tamaño predial. Se identifica 2 tamaños de áreas elegibles según la medida NDC. Para la medida de manejo forestal sustentable, el “área elegible” corresponde a un polígono rectangular de 10,000 hectáreas para cada una de las acciones de manejo, manejo-resturación y restauración, asociadas a esta medida de la NDC. En el caso de la acción de forestación, la metodología de selección del “área elegible” considera un polígono rectangular de 22,500 hectáreas por comuna.

La definición de cada “área elegible” con los tamaños de superficie indicados permite acotar el análisis de beneficios y costos, en cada comuna, a una superficie menor que el tamaño comunal. Aún cuando los tamaños de las “áreas elegibles” pueden parecer relativamente grandes, dentro de cada área elegible la superficie potencial en donde implementar cada medida puede ser bastante menor. En efecto, el análisis de “áreas elegibles” entrega una total de sólo 185,000 hectáreas en donde es posible implementarla medida de manejo forestal sustentable y de sólo 123,000 hectáreas para el caso de forestación.

El segundo paso, de ranqueo y priorización, permite determinar las “áreas elegibles” (y por lo tanto las comunas) que resultan ser las mejores, según cada uno de los 3 criterios de selección utilizados, para implementar las medidas hasta alcanzar las metas de superficie comprometidas en la NDC – 100.000 hectáreas para manejo forestal sustentable y 100.000 para forestación.

El primer criterio de priorización de las “áreas elegibles” es el criterio de eficiencia. Este criterio rankea las “áreas elegibles” según los beneficios netos por hectárea estimados que se obtendrían en cada área de implementar en ella las 3 acciones silvícolas (manejo, manejo-resturación, restauración) que componen la medida de manejo forestal sustentable de la NDC, ordenándolas desde el “área elegible” con los más altos beneficios netos por hectárea estimados hasta el “área elegible” con los más bajos beneficios netos por hectárea estimados. Utilizando este listado, se prioriza las “áreas elegibles”, seleccionando todas aquellas “áreas elegibles” ubicadas más arriba en el ranking y descendiendo por él hasta que alcanzar la meta de superficie definida por la NDC para la medida de manejo forestal sustentable. De esta forma, las “áreas elegibles”

seleccionadas definen las comunas en que, de acuerdo con este primer criterio de eficiencia, se debería implementar la medida de manejo forestal sustentable de la NDC. El mismo procedimiento es utilizado para el caso de la medida de forestación de la NDC.

El segundo criterio de ranqueo y priorización utilizado es el de vulnerabilidad comunal. Este criterio rankea y selecciona aquellas comunas con mayor ranking comunal de vulnerabilidad al cambio climático o de pobreza. Las fuentes de información para operativizar este criterio son fundamentalmente dos. A escala comunal se dispone de los indicadores de vulnerabilidad a nivel comunal: uno proveniente de Santibáñez et al. (2008), quienes elaboran un índice de vulnerabilidad del sistema productivo comunal que se relaciona directamente con vulnerabilidad climática; el otro proviene de Berdegue et al. (2010) y está basado en las tasas de pobreza rural a nivel comunal. Al aplicar este criterio, se elige los municipios que exhiben mayor vulnerabilidad de acuerdo a los rankings ya sea de pobreza o de vulnerabilidad al cambio climático hasta cumplir las metas de superficie de la NDC para cada medida. No se utiliza un ranking que promedie ambos indicadores porque se observó que dicha metodología eliminaba muchas comunas con altos niveles de pobreza.

El tercer criterio, llamado de focalización, selecciona la superficie para implementar la medida de manejo forestal o de forestación para las comunas cuyas áreas elegibles contengan un mayor número de beneficiarios que sean propietarios de pequeños predios. Se utiliza el tamaño predial de los beneficiarios como proxy de vulnerabilidad social (dada la alta correlación empírica existente entre pobreza y tamaño de la propiedad) utilizando la información SIG respecto a la distribución del tamaño predial del Censo Agropecuario 2007 y del Servicio de Impuestos Internos. Se elimina de la selección aquellos municipios donde: (a) existe un bajo número de beneficiarios con terrenos de menos de 20 hectáreas en las “áreas elegibles” seleccionadas de la comuna; y (b) la comuna posee una baja prioridad en términos de vulnerabilidad climática y/o pobreza. Se elige el total de “áreaa elegibles” de las comunas con mayor porcentaje de beneficiarios que tengan menos de 20 hectareas respecto al total de potenciales beneficiarios en una comuna.

### **2.3. Valoración de Beneficios Ecosistémicos**

Se realizó una exhaustiva revisión de los estudios existentes de valoración económica de servicios ecosistémicos de bosque nativo para Chile, los cuales presentan valores monetarios para distintos servicios ecosistémicos en distintas comunas/regiones del país, algunos de los cuales son utilizados aquí en el marco de evaluación de las medidas de la NDC Forestal. Sin embargo, para la mayoría de los servicios ecosistémicos en estudio no existe un mercado explícito, y se deben utilizar métodos que permitan estimar la valoración que las personas tienen por dichos bienes y servicios de manera directa o indirecta. La Tabla 1 muestra los métodos de valoración propuestos para cada servicio ecosistémico en estudio y por cada tipo de medida de la NDC.

**Tabla 1. Métodos propuestos de valoración del servicio ecosistémico generado por las medidas de forestación y manejo forestal sostenible de la NDC**

Servicio Ecosistémico	Forestación	Manejo
<b>Estimación directa del valor del servicio ecosistémico generado</b>		
Regulación hídrica	Precio de Mercado	Precio de Mercado
Provisión de madera	Precio de Mercado	Precio de Mercado
Captura de Carbono	Precio Social	Precio Social
Control de erosión	Costo de Reposición	No Valorado
Biodiversidad	Disposición a Pagar	Disposición a Pagar
Turismo	Disposición a Pagar	Disposición a Pagar
<b>Estimación indirecta del valor del servicio ecosistémico generado</b>		
Provisión de PFMN	Precio de Mercado	Precio de Mercado
Regulación de nutrientes	Transf. Beneficios	No Valorado
Control biológico	Transf. Beneficios	No Valorado

La Tabla 1 muestra que para los primeros 6 servicios ecosistémicos listados en la columna 1 (regulación hídrica, provisión de madera, captura de carbono, control de la erosión, biodiversidad y turismo) se realiza su valoración económica a partir de información local disponible y algunos supuestos metodológicos razonables, los cuales son explicados en más detalle en la sección 4. Por otro lado, para los restantes tres servicios ecosistémicos listados más abajo en la columna 1, sus valoraciones se estiman empleando el valor unitario por hectárea (USD/ha.) obtenido del método de transferencia de beneficios o del valor de mercado medio, y que se multiplica por el total de la superficie del área elegible. Es decir, la estimación indirecta del cambio en el servicio ecosistémico emplea la fórmula:

$$\text{Cambio Valor Servicio Ecosistemico} = \alpha * \text{superficie}(\text{Hás.}) * \text{valor unitario} \left( \frac{\text{USD}}{\text{Hás.}} \right)$$

Debido a que en este trabajo se utiliza la metodología de transferencia de beneficios<sup>3</sup> para algunos servicios ecosistémicos es necesario realizar algunos ajustes a los valores transferidos con el propósito de hacerlos consistentes con la realidad a evaluar. Primero, se realiza un ajuste por paridad de poder de compra (PPC), el cual tiene como objetivo hacer comparable el poder adquisitivo de una moneda entre dos países distintos, dadas las diferencias en precios entre el país en que se calcula el beneficio en cuestión y el país al que se transfiere el beneficio (Chile en este caso). Este ajuste se hace utilizando el tipo de cambio PPC informado por la OECD que equipara los poderes de compra entre los países, el que tiene un valor de \$392,30 (pesos chilenos) para el 2015. Este valor se divide, por el tipo de cambio nominal en Chile al 30 de diciembre del 2015 (\$707,34/euro), con lo que se obtiene un factor de ajuste de 0,55. Segundo, se realiza un ajuste por inflación, ya que valores de disposición a pagar obtenidos en el pasado deben actualizarse en términos de poder adquisitivo actual. Finalmente, también se ajustan las transferencias de beneficios por la diferencia en la elasticidad ingreso de la demanda por calidad ambiental que reflejalas diferencias en el grado de respuesta de la demanda por calidad ambiental ante cambios en ingreso.

<sup>3</sup> Ver Figueroa (2011) para un reseña sobre esta metodología.

### 3. Data y supuestos

#### 5.1 Datos: información sobre variables físicas

Una parte importante del análisis de costo-beneficio de la implementación de las medidas de forestación y de manejo forestal de la NDC de Chile que aquí se realiza es la construcción de escenarios para estudiar la sensibilidad de las estimaciones obtenidas a los supuestos y las variables críticas. El escenario “sin proyecto” corresponde en este caso a la situación en la que no se implementa la medidas de forestación y de manejo forestal de la NDC. Para la construcción de este escenario que corresponde a la situación base o BAU (“business as usual”), es necesario estimar cuáles serían la biomasa forestal y el secuestro de CO<sub>2</sub> que existirían en las zonas elegibles para implementar las medidas si el proyecto no se implementa. La secuencia de la captura de carbono en cada período  $t$  se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$x_{t+1} = (1 - p)x_t$$

donde,  $x_t$  es la captura de carbono en  $t$  y  $p$  corresponde a la tasa de degradación anual del “área elegible” obtenida del análisis de variaciones del stock de carbono según la información de balance de carbono de los años 2000, 2010/2013. Aun cuando es posible que otros factores locales estén afectando las tasas de degradación de bosque nativo en cada “área elegible”, la forma reducida utilizada representa dichos factores en la tasa anual de degradación.

Para el caso del escenario “con proyecto”, en el que las medidas de la NDC se implementan, la evolución de biomasa y stock de carbono se proyecta a partir de la información del último inventario forestal para cada polígono dentro del “área elegible”. Esta proyección considera los siguientes factores: (a) valor inicial de biomasa; (b) tasa de crecimiento natural de la biomasa; (c) tasa de crecimiento de la biomasa intervenida; (d) tasa de mortalidad; y (e) el efecto de la medida de la NDC de que se trate.

Para el valor inicial de biomasa de madera para leña en cada superficie intervenida, se utiliza la información de biomasa aérea proveniente de los factores de emisión de Nivel 3 procedentes de la estimación de biomasa aérea del Inventario Forestal Continuo que provee estimaciones de contenidos de carbono por región, de forma congruente con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

La tasa de crecimiento natural de la biomasa se obtiene del documento “Programa de Reducción de Emisiones para el Fondo de Carbono del FCPF- CHILE” (2016) realizado por la CONAF. En base a un análisis de ordenación forestal, se define los porcentajes de corta para las diferentes acciones silvícolas según tipo forestal presentados en el Anexo 1. Para forestación, utiliza una biomasa inicial de 1m<sup>3</sup>/hectárea para la plantación de 1.669 árboles, y se ha asumido cada año un aumento de la biomasa de carbono utilizando las tasas de crecimiento provenientes del ING EI. Se asume que en cada comuna la estructura predominante es aquella más abundante en la región.

La tasa de crecimiento de la biomasa intervenida está basada en la información entregada por Cubbage y Davis (2015) sobre aumentos de las tasas de crecimiento de la biomasa producidos por la implementación de las medidas en estudio. Se asume que las tasas de crecimiento de la biomasa después de la intervención son 50% mayores con manejo; 45% mayores con manejo/restauración; y 40% mayores con restauración.

## 5.2 Datos e información para evaluación económica

**Control biológico.** El control biológico corresponde a la capacidad de los ecosistemas para regular las enfermedades y plagas, tanto animales como vegetales y humanas (MEA, 2005). Se utiliza directamente el valor por hectárea del estudio de Costanza *et al.* (1997) en la superficie de bosques templados, toda vez que estos ecosistemas boscosos con seguridad proveen el control biológico para una amplia zona geográfica del país. Este valor unitario fue ajustado debidamente por inflación, paridad de poder de compra y elasticidad de la utilidad marginal del ingreso, y corresponde a USD 1,9/ha, para el año 2015.

**Provisión de Agua.** El servicio ecosistémico de provisión de agua corresponde a la regulación de la magnitud y la frecuencia de almacenaje y retención de agua en cuencas, reservorios naturales y acuíferos subterráneos, así como al transporte de nutrientes (Lara *et al.* 2007). Para estimar los efectos de las acciones silvícolas y forestación sobre los caudales de cuerpos de agua superficiales se siguió una serie de pasos. Primero, para cada acción en un “área elegible” se evaluó el servicio ecosistémico a nivel de la subcuenca. Para esto, se realizó una comparación entre el mapa de área elegible y los mapas del inventario público de cuencas hidrográficas de la Dirección General de Aguas (DGA)<sup>4</sup>, lo que permitió definir la extensión/área de la subcuenca donde se implementa cada acción. Segundo, en relación a los caudales para cada cuerpo de agua superficial considerado (río, estero o quebrada) se utiliza la información proveniente de la red hidrográfica de la DGA. En aquellos casos donde no existe información se realiza un matching de la información de la estación pluviométrica más cercana según el tipo de cuerpo hídrico y que también se ubique en un sector correspondiente a la misma geografía del territorio. Tercero, para la estimación de efectos se utiliza la información de Little *et al.* (2009) que estiman que el incremento del 10% en la cobertura del bosque nativo en la cuenca (o subcuenca) aumenta en 5,8% el caudal en el caso de forestación, y en 10,6% producto de las acciones de manejo y restauración. Cuarto, para la valoración se utiliza el precio de mercado de los derechos de agua para transacciones entre productores agrícolas en la región administrativa donde se localiza la comuna priorizada. Se asume que los precios de transacción final corresponden al 80% del valor del precio de oferta (Figueroa y Lever, 1997). Estos precios son USD 10,737/l/s en Valparaíso, USD 11,146/l/s en Región Metropolitana, USD 4,112 l/s en O’Higgins, USD 2,450/l/s en Maule, USD 791/l/s en Bio-Bio, USD 939/l/s en Araucanía, USD 607/l/s en Los Ríos, y USD 956/l/s en Los Lagos.

**Captura de carbono.** Debido a los diferentes enfoques utilizados en la literatura para asignar un valor monetario al carbono, se ha valorado inicialmente la tonelada de carbono empleando el precio social para Chile definido por el Ministerio de Desarrollo Social, y que ha sido

---

<sup>4</sup> Disponible en <http://www.dga.cl/productosyservicios/mapas/Paginas/default.aspx#cinco>

utilizado para definir la contribución de Chile a los esfuerzos mundiales para la reducción de gases de efecto invernadero. Este precio social se estima a partir de la disposición de Chile de reducir, y por ende de pagar, emisiones de gases de efecto invernadero conforme a sus metas de mitigación en los niveles denominados “incondicionales” y “condicionadas a financiamiento” bajo el Acuerdo de París. Utilizando información de costos de abatimiento se estima un precio social de carbono de USD 32,5/ton CO<sub>2</sub>.

**Control de erosión y formación de suelos.** Para valorar el servicio de control de erosión se considera que la existencia de bosques evita el avance de la erosión y la pérdida acelerada de suelos y, con ello, evita el incurrir en los costos asociados a su control y a la recuperación de suelos degradados. Para asignar cada una de las categorías de erosión para cada comuna priorizada por forestación (Macrozona Sur), se usa los estudios de erosión actual para las diferentes regiones del país realizados por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), identificando para cada área elegible la correspondiente categoría de erosión. Por otro lado, para valorar este beneficio ecosistémico de control de la erosión se considera las bonificaciones contempladas en el DL 701, decreto que determina los subsidios otorgados por un programa destinado a incentivar la forestación con el objeto de conservar y recuperar suelos degradados. Estas bonificaciones varían entre USD 544/ha. para erosión moderada y USD 725/ha. para erosión severa o muy severa. Como la bonificación es entregada por una sola vez, este valor es anualizado para obtener una medida anual de los beneficios.

**Regulación de nutrientes.** Los árboles y otras especies vegetales desprenden en forma constante hojas, flores, semillas, ramas, corteza, etc., que forman un manto sobre el suelo llamado hojarasca. Este material, luego de sufrir un proceso de descomposición, libera elementos nutritivos que son aprovechados por las plantas para absorber los minerales necesarios del suelo y del aire, y convertirlos en materia orgánica que utilizan para cumplir con sus funciones vitales. Para obtener la producción de nutrientes de los ecosistemas de bosque y matorral protegidos en Chile, siguiendo a Figueroa (2011), se asume que la producción mínima de hojarasca corresponde a 5 toneladas/hectárea/año y que las concentraciones mínimas de los componentes de la hojarasca más utilizados por las plantas y animales – nitrógeno, fósforo y potasio – son de 14 kg/ha, 4 kg/ha y 11.5 kg/ha. Para valorar la regulación de nutrientes, se consideró el costo que significaría aportar los nutrientes mencionados artificialmente mediante el empleo de fertilizantes comerciales. Para calcular dicho costo, se tomó el precio del fertilizante NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) que combina a estos tres elementos, cuyo precio promedio actual es de USD 0,5/kg. La concentración de este fertilizante es del 19% de nitrógeno, 6% de fósforo y 18% de potasio, por lo que se necesitaría 87,5 kilogramos de este fertilizante para proveer los 14 kilogramos de nitrógeno por hectárea que generan los ecosistemas, y cantidades suficientes de fósforo y potasio, lo que representa un valor de USD 44,9/ha.

**Provisión de Productos Forestales No Madereros (PFNM).** Los PFNM, son definidos por FAO como aquellos bienes de origen biológico distinto de la madera, procedentes de los bosques, de otros terrenos arbolados y de árboles situados fuera de los bosques. En Chile escasea la información sistemática de consumo y comercialización interna de PFNM. Valdebenito *et al.* (2016) señalan que el consumo interno es creciente, y estiman su tamaño en

4 veces el del mercado exportador. Cabe señalar que en el año 2016, según información de INFOR (2017), el valor de exportaciones de PFNM alcanzó a USD 91,3 millones. Considerando estos antecedentes y la estimación del tamaño interno provista por Valdebenito et al. (2016), se concluye que el valor de producción de PFNM en Chile debería alcanzar a USD 457 millones en el año 2016 (USD 91,3 millones x 5). Se asigna el total de valor de PFNM de USD 457 millones a la superficie de bosque nativo (14,4 millones de hectáreas), lo que entrega un valor unitario de USD 31,8/ha.

**Provisión de leña.** Para proyectar los rendimientos de leña obtenibles de la medida de acción asociada a ordenamiento forestal, que contempla las acciones silvícolas de manejo, manejo-restauración, se aplica los porcentajes de corta señalados en el Anexo 1 sobre las estimaciones de biomasa de madera para leña. Estos últimos son obtenidos de la aplicación de los factores de emisión en madera (ton ms/hectárea) para biomasa aérea. Los precios utilizados para valorar la madera provienen de Gutiérrez *et al.* (2009) y de consultas a algunos proveedores respecto al rango de precios de la leña. Los precios considerados fueron de 77,6 USD/ton en las Valparaíso, O'Higgins y Región Metropolitana; 51,3 USD/ton en Maule y BioBio; 59,7 USD/ton en la Araucanía; y 51,3 USD/ton en Los Ríos y Los Lagos.

**Biodiversidad.** Para el servicio ecosistémico de hábitat de especies se procedió a realizar una evaluación en 2 frentes: determinar el flujo del servicio ecosistémico y, por otro lado, estimar el valor de dicho flujo.

Para el primer paso, se dispone de información geográfica de lugares bajo protección o interés en biodiversidad, tales como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNASPE), Sitios Prioritarios (SP) e Iniciativas de Conservación Privadas (ICP). Además se realizó un análisis geográfico de aquellas especies de mamíferos, anfibios, aves y reptiles, además de flora nativa, que se encuentran en categorías de conservación según la definición de la IUCN (especie rara; especie vulnerable; especie en peligro; ó especie en peligro crítico). Se aplica un filtro geográfico a la fusión de ambas fuentes de información, para determinar donde la biodiversidad es relevante dentro de cada comuna. No todas las áreas elegibles contienen biodiversidad relevante. Por ello, cuando un área bajo análisis no contiene biodiversidad sea por existencia de lugares o de especies bajo protección, se considera un aporte nulo (cero) en biodiversidad. Si lo que ocurre es lo contrario, entonces se asume que todo el “área elegible” aporta valor de servicio de biodiversidad y se procede a valorar dicha superficie.

Para valorar la biodiversidad se utiliza un valor por hectárea, el cual proviene de una actualización de Muñoz (2005), quién estima la disposición a pagar por un fondo de conservación en 5 áreas protegidas de Chile<sup>5</sup>. Se calcula la disposición a pagar de las familias visitantes al sistema de áreas protegidas del Estado para obtener un valor por conservación de la biodiversidad de USD 120,75/ha. Finalmente se utiliza la información de Rey Benayas *et al.* (2009), quienes, mediante un meta-análisis estiman que los programas de restauración ecológica aumentan la biodiversidad en 44%. Usando información de entrevistas a expertos, esta evaluación considera conservadoramente que las acciones de resturación, manejo-

---

<sup>5</sup> Río Clarillo, Radal Siete Tazas, Conguillio, Puyehue, Vicente Pérez Rosales

restauración y manejo incluidas que componen la medida de manejo forestal sostenible de la NDC generan aumentos de la biodiversidad del orden de 30%, 20% y 10%, respectivamente.

**Turismo.** El flujo del servicio ecosistémico de turismo y recreación puede ser estimado como el tiempo ocupado en cada actividad de turismo o recreación en un sitio. Este corresponde a la multiplicación del número de turistas que visita cada sitio y la duración del tiempo ocupado en acceder y disfrutar del sitio de turismo y recreación. Para identificar los sitios de interés turístico en cada comuna priorizada se revisó los Planes de Acción de Turismo Regional de SERNATUR, así como las páginas web comunales de turismo, y se recopiló información sobre los principales lugares de atracción turística por comuna. Respecto a la información sobre flujos de turistas, se utilizó las siguientes 3 fuentes principales: (i) estadísticas de estadía y pernoctaciones a nivel comunal – elaboradas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), cuya última información corresponde al año 2007; (ii) estadísticas de visitas e ingreso del SNASPE del estudio PNUD (2016) “Estudio de la Evolución de los Ingresos de Operación de las Áreas Silvestres Protegidas del Estado para el Periodo 2009-2014”; y, (iii) recopilación de material de la prensa y la Web respecto a lugares particulares de interés turístico, básicamente para la Macrozona Centro. Lo anterior, debido a que la literatura sobre turismo de naturaleza identifica explícitamente a la flora/fauna carismática como la principal variables asociada a número de visitas/tarifas (Calfucura y Coria, 2012), y que las acciones de ordenamiento forestal y de forestación también tienen un efecto positivo en la belleza escénica (Shelby *et al.* 2005). Para valorar el aumento en beneficios del turismo producido por las medidas señaladas, se utiliza los siguientes valores: 1) la estimación de USD 7/año/visitante de Cerda *et al.* (2012), obtenida de un estudio realizado en Chile, sobre la disposición a pagar por aumentos en la posibilidad de observar fauna y flora (carismática; y, 2) la estimación de USD 5/año/visitante realizada por Huenchuleo y Villalobos (2010) sobre la disposición a pagar por mejoras en la observación de belleza escénica. El primer valor es sólo utilizado en áreas elegibles donde exista biodiversidad. El segundo valor se aplica a todas las áreas elegibles, conforme la medida implementada mejora la belleza escénica. Finalmente, estos valores sólo se utilizan al número de visitantes estimado para aquellas áreas elegibles donde existe turismo relacionado al entorno/naturaleza. Para la medida de forestación, el total de beneficios en turismo es estimado como la suma de ambos beneficios (observación de fauna y belleza escénica), obtenidos cada uno como el producto del número de visitante por la disposición a pagar de cada tipo de beneficio. Esto es así, porque la forestación añade tanto superficie para hábitat de especies nativas como cubierta forestal que aporta positivamente al paisaje.

De manera similar que para el caso del servicio ecosistémico de biodiversidad, considerando la información de Rey Benayas *et al.* (2009) y entrevistas a expertos, esta evaluación considera conservadoramente aumentos de la biodiversidad del orden de 30%, 20% y 10% para las acciones de restauración, manejo-restauración y manejo, respectivamente.

**Costos.** La información de costos de implementación por acción silvícola proviene del estudio financiero de la ENCCRV (CONAF, 2016d), y se presenta en la Tabla 2. Estos valores son una actualización de los costos encontrados en el Decreto Ley 701 de fomento forestal y Ley de Bosque Nativo en donde se costea diferentes insumos fijos y variables para con ello tener estimaciones de los subsidios en dinero asociados a bonificaciones forestales. El estudio de

CONAF (2016d) define primero los insumos necesarios para la implementación, lo que permite luego generar con detalle la estimación de costos de las medidas.

La definición de insumos fue realizada en base a documentos de programas previos, revisión bibliográfica, consultas a expertos, información primaria de consultores de diversos estudios de la ENCCRV y entrevistas. Sin embargo, la falta de estudios hizo necesario realizar una extrapolación y adaptación de costos de otras medidas de acción similares, que cuenten con estudios de respaldo ó que sean adaptados desde otros países a la realidad de Chile. Las estimaciones de costos fueron luego validadas con y otros actores relevantes.

En comparación con los costos estimados para el Decreto Ley 701 de fomento forestal y la Ley de Bosque Nativo, los costos de CONAF (2016d) son entre 2 y 2,5 veces mayores, lo que plantea una perspectiva conservadora en el análisis costos-beneficio.

El manejo forestal sustentable requiere actividades de regeneración natural, plantaciones suplementarias de bosque nativo bajo dosel, y limpiezas posteriores para la acción de restauración ecológica con un costo de USD 2.763/ha, la que se encuentra asociada a las áreas elegibles para manejo-restauración y restauración. En adición, la ordenación forestal asociada al manejo tradicional involucra las actividades de clareo temprano, clareo tardío, poda formación, y raleo latizal bajo, con un costo de USD 2.322/ha. La forestación considera la plantación de especies nativas con un costo de USD 2.974/ha. Además cada medida, ya sea manejo forestal sustentable ó forestación, tiene que considerar la elaboración de un plan de manejo con un costo de USD\$ 51/ha.

**Tabla 2. Valores de los costos utilizados en la estimación de los beneficios netos de las medidas forestales de la NDC.**

Medida de la NDC	Acción asociada a la ENCCRV	Actividades silvícolas	COSTO [USD/ha]
Forestación	Forestación y revegetación	Plantación especies nativas	2.974
Manejo Forestal Sustentable	Restauración ecológica	Establecimiento Regeneración Natural + Limpías posteriores	1.114
		Plantaciones suplementarias bajo dosel + limpiezas posteriores	1.649
Manejo Forestal Sustentable	Ordenación forestal	Clareo temprano + Poda formación + Raleo Latizal bajo	1.246
		Clareo tardío + Poda formación + Raleo Latizal alto	1.176
Manejo Forestal Sustentable	Plan de ordenación forestal institucional	Confección Plan de Manejo	51

Fuente: Elaboración propia, utilizando información de MMA (2016) y CONAF (2016d).

### 5.3 Análisis de Sensibilización

La sensibilización es una metodología que permite analizar la robustez de los resultados del análisis costo-beneficio y evaluar los posibles efectos de cambios en variables claves sobre el valor presente de los beneficios sociales netos y sobre los resultados para los criterios de asignación comunal.

La sensibilización se realiza sobre las siguientes variables: 1. la tasa de descuento empleada para la actualización de los flujos de costos y de beneficios; 2. el precio de carbono considerado; y, 3. el precio de la madera.

Esto resulta en un análisis de sensibilización para 6 escenarios distintos (escenarios A.1. a A.6) para las medidas manejo forestal sustentable, y que se describen en la Tabla 3. En el caso de la medida de forestación se excluye el escenario A.4 con diferentes precios de maderas. Como escenario base se emplea el escenario A.1, pues utiliza la tasa social de descuento, el precio de carbono y el precio de madera actualmente en uso en Chile.

**Tabla 3. Escenarios para el análisis de sensibilidad de las estimaciones de los beneficios netos de la implementación de las medidas de la NDC**

		PRECIO CARBONO			PRECIOS MADERA (*)
		PRECIO SOCIAL CHILE USD 32,5	PRECIO SOCIAL BANCO MUNDIAL USD 31,0-72,5	PRECIO MERCADO (REDD+) USD 5	
TASA DE DESCUENTO	4%	Esc. A.5.			
	6%	Esc. A.1.	Esc. A.2.	Esc. A.3.	Esc. A.4.
	8%	Esc. A.6			

(\*): sólo para la medida de manejo forestal sustentable.

Para la sensibilización de precios de carbono, el escenario A.2 usa los precios sociales del carbono establecidos por el Banco Mundial, que definen un valor inicial de USD 30/toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e) para el año 2015, y que crece linealmente hasta USD 80 tCO<sub>2</sub>e en el año 2050. El escenario A.3 se sensibiliza por el valor del carbono bajo un mecanismo REDD+, de USD 5/ton CO<sub>2</sub>, correspondiente al precio indicativo que han establecido la Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) y el Global Carbon Fund (GCF) para los pagos por resultados.

La sensibilización por precios de la madera es planteada en el escenario A.4, estos son aproximadamente 20-22% menores que los del escenario base (A.1.) que son distintos para cada región (Regiones de Valparaíso, Metropolitana y L. Bernardo O'Higgins: USD 40,5/ton; Regiones del Maule y Biobío: USD 51,2/ton; Región de la Araucanía: USD 46,9/ton; y Regiones de los Ríos y Los Lagos: USD 40,5/ton).

Finalmente también se sensibiliza respecto a la tasa de descuento. El escenario A.5 considera una tasa de descuento del 4% mientras que el escenario A.6 usa una tasa de descuento del 8%.

#### **4. Resultados y priorización de las áreas donde implementar las medidas forestales de la NDC**

En esta sección se presenta los resultados del análisis de beneficios y costos para las superficies potenciales de implementación de las acciones contempladas en las medidas de manejo forestal sustentable y de forestación de la NDC.

##### **4.1. Resultados de Escenario Base**

Inicialmente se considera para el análisis el escenario A.1 que utiliza una tasa de descuento del 6% y el precio de carbono establecido por el Gobierno de Chile de USD 32,5 por ton/CO<sub>2</sub>eq. El análisis de “áreas elegibles” para la medida de manejo forestal sustentable de la NDC sobre una superficie de 100.000 hectáreas estima que el valor presente de los beneficios netos totales se encuentra entre una cota inferior de USD 309 millones cuando se usa el criterio de focalización y una cota superior de USD 485 millones cuando las “áreas elegibles” se seleccionan por el criterio de eficiencia.

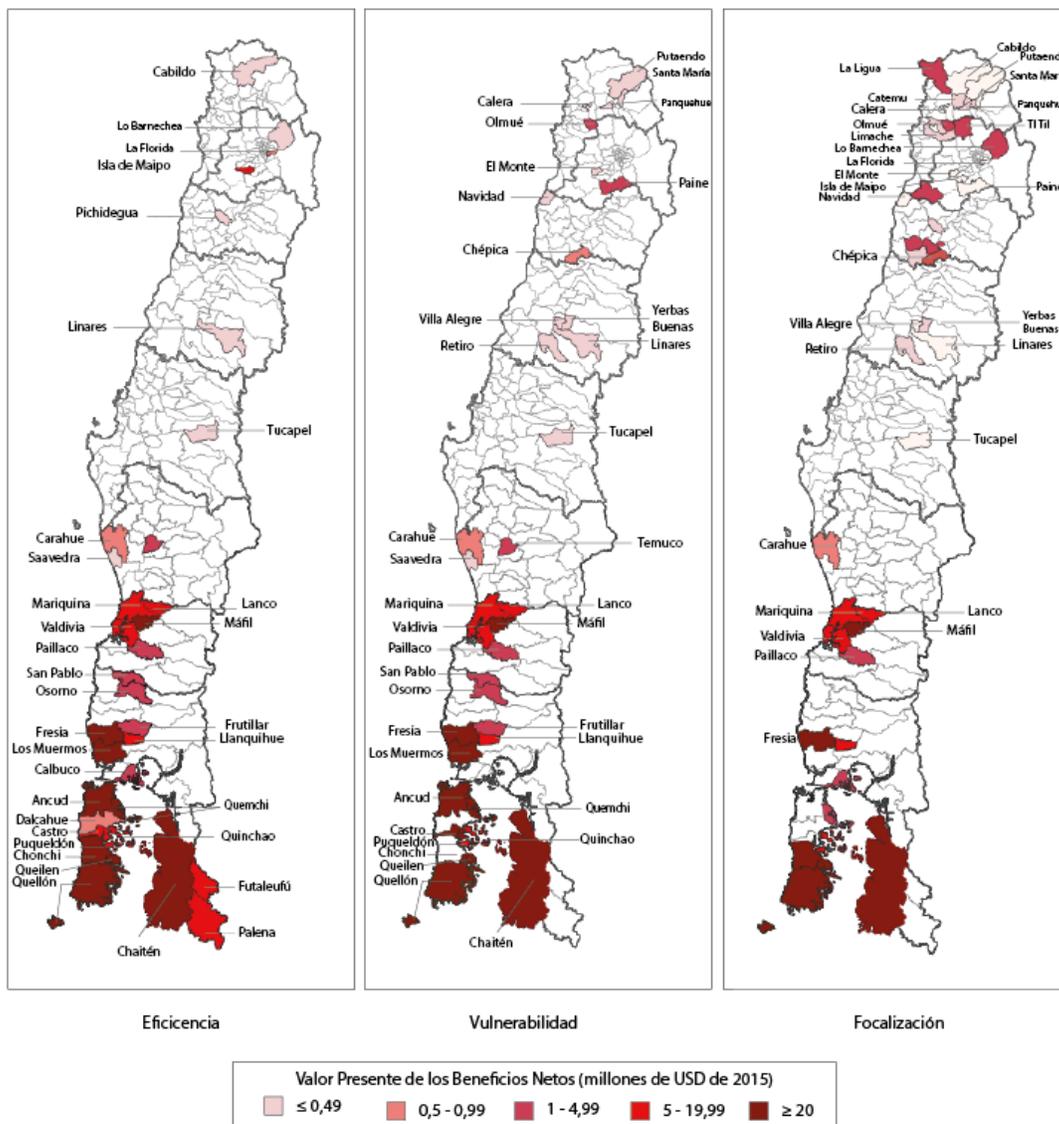
Los valores presentes de los beneficios totales derivados de los servicios ecosistémicos generados por la medida de manejo forestal sustentable de la NDC para la superficie meta de 100 mil hectáreas son de USD 524, 638 y 693 millones, según los criterios de focalización, vulnerabilidad comunal y eficiencia, respectivamente. Estos beneficios se encuentran concentrados principalmente en los beneficios por provisión de madera y captura de carbono. En efecto, estos dos servicios ecosistémicos representan entre 84,0% y 89,5% del total de beneficios. No se observa grandes diferencias en los valores de beneficios del servicio ecosistémico de captura de carbono, el cual oscila entre USD 228 millones cuando se aplica un criterio de vulnerabilidad comunal y USD 244 cuando se utiliza el criterio de eficiencia. Sin embargo, las diferencias se muestran mayores para el servicio ecosistémico de provisión de madera, en el que el valor oscila entre USD 205 millones con el criterio de focalización y USD 370 millones con el criterio de eficiencia.

Respecto al resto de servicios ecosistémicos, destacan aquellos de provisión de agua y biodiversidad. El servicio ecosistémico de provisión de agua tiene una participación del 4,1%, 4,4% y 5,2% en los beneficios totales de los criterios de eficiencia, vulnerabilidad comunal y focalización, respectivamente. Igualmente, para el servicio ecosistémico de biodiversidad se

tiene una participación del 5,0%, 3,1% y 4,9% en los beneficios totales estimados mediante los criterios de eficiencia, vulnerabilidad comunal y focalización, respectivamente.

La aplicación de los 3 criterios de asignación muestra variabilidad geográfica en la distribución de los beneficios netos de las asignaciones de la meta de superficie de la NDC para manejo forestal sustentable, tal como es posible observar en el Mapa 1.

**Mapa 1. Chile: distribución geográfica del valor presente de los beneficios netos de la asignación comunal de la superficie meta de 100.000 hectáreas de la medida de manejo forestal sustentable de la NDC, de acuerdo a la priorización de comunas por los criterios de eficiencia, vulnerabilidad comunal y focalización .**



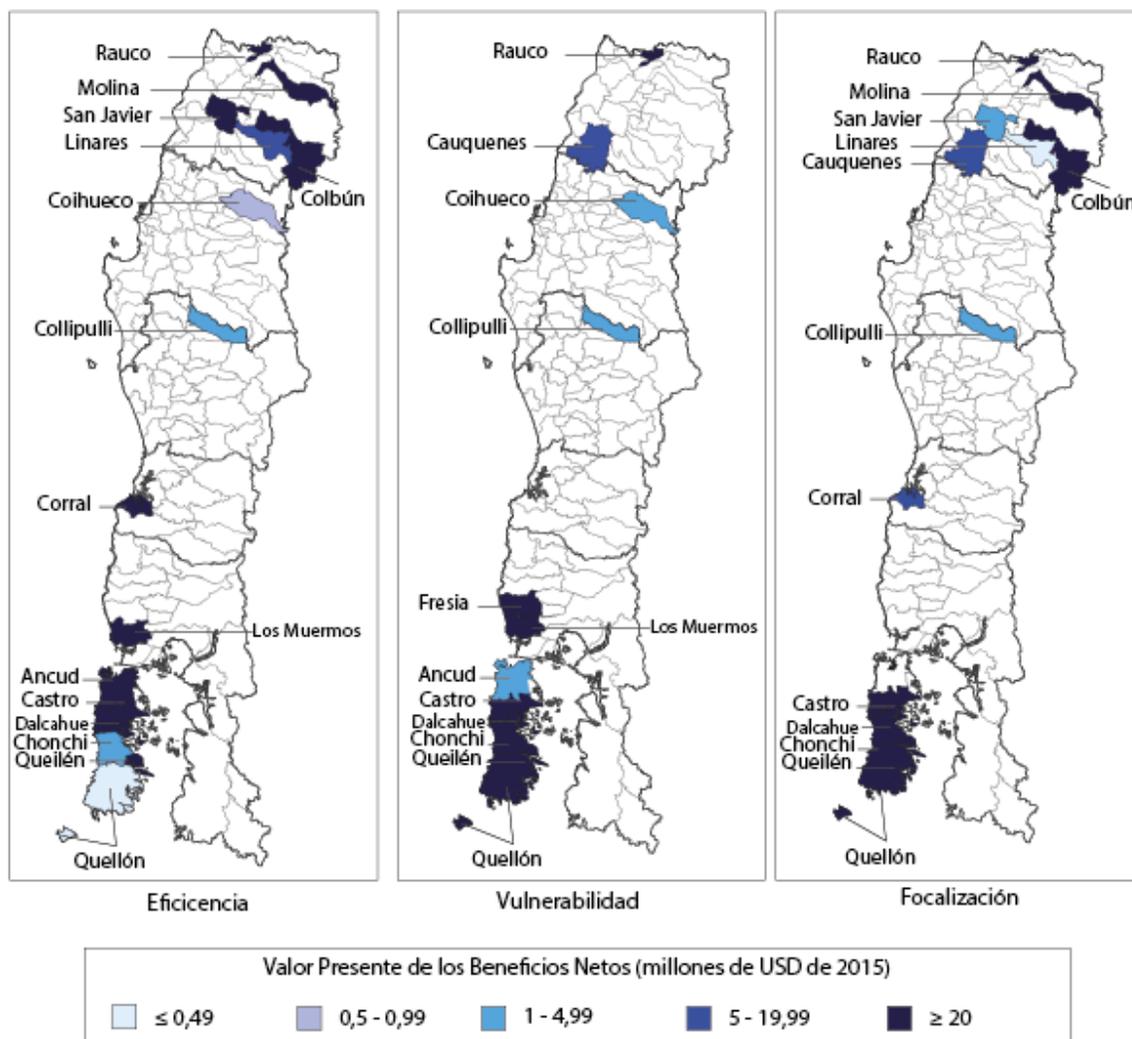
El Mapa 1 muestra que la Región de Los Lagos, ubicada en el extremo inferior de cada mapa, concentra la mayor cantidad de comunas seleccionadas para cualquiera de los 3 criterios de asignación de la meta de 100 mil hectáreas para la medida de manejo forestal sustentable de la NDC. Esta región es también la que presenta las comunas con mayores beneficios netos, la mayor parte localizadas en la provincia de Palena que considera la isla de Chiloé. El criterio de focalización de la pobreza a nivel predial, no obstante, presenta una mayor diversidad en la distribución geográfica de las comunas seleccionadas, ya que como es posible observar en el Mapa 1, presenta un mayor número de comunas ubicadas en las regiones más al norte, particularmente aquellas de las regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins.

Por otra parte, el análisis de “áreas elegibles” para la medida de forestación de la NDC sobre una superficie de 100,000 hectáreas estima beneficios netos en valor presente que se encuentran entre una cota inferior de USD 370 millones cuando se usa el criterio de vulnerabilidad comunal y una cota superior de USD 417 millones en el caso del criterio de eficiencia. Esto indica que no hay una diferencia significativa entre los criterios de asignación para esta medida de la NDC. El valor presente de los beneficios totales derivados de los servicios ecosistémicos para esta superficie es de USD 607 millones, USD 634 millones y USD 653 millones, según los criterios de vulnerabilidad comunal, focalización y eficiencia, respectivamente.

Los beneficios se encuentran concentrados principalmente en los beneficios por provisión de madera y captura de carbono. En efecto, entre ambos representan entre 52,4% y 54,5% del total de beneficios. No se observa grandes diferencias en los valores de beneficios del servicio ecosistémico de captura de carbono, el cual oscila entre USD 330 millones cuando se aplica el criterio de vulnerabilidad comunal y USD 344 cuando se utiliza el criterio de eficiencia. Respecto al resto de servicios ecosistémicos, destacan aquellos de biodiversidad y provisión de agua y biodiversidad. Para servicio ecosistémico de biodiversidad se tiene una participación del 19,8%, 21,3% y 20,4% en los beneficios totales cuando se utilizan los criterios de eficiencia, vulnerabilidad comunal y focalización, respectivamente. El servicio ecosistémico de provisión de agua tiene una participación de 9,5%, 7,4% y 8,6% en los beneficios totales de acuerdo con los criterios de eficiencia, vulnerabilidad comunal y focalización, respectivamente.

La selección a nivel comunal producto de la aplicación de los 3 criterios de asignación para alcanzar la superficie meta de 100 mil hectáreas de la NDC para la medida de forestación se presenta en el Mapa 2.

**Mapa 2. Chile: distribución geográfica del valor presente de los beneficios netos de la asignación comunal de la superficie meta de 100.000 hectáreas de la medida de forestación de la NDC, de acuerdo a la priorización de comunas por los criterios de eficiencia, vulnerabilidad comunal y focalización.**



El Mapa 2 muestra que no existen diferencias significativas entre los criterios de eficiencia y focalización en términos de distribución geográfica de las comunas seleccionadas para la meta de la medida de forestación de la NDC. En efecto, el criterio de eficiencia considera 5 comunas de la Región del Maule (Colbún, Linares, Molina, Rauco y San Javier) y 7 comunas de la Región de Los Lagos (Ancud, Castro, Chonchi, Dalcahue, Los Muermos, Queilén y Quellón) mientras que el criterio de focalización añade la comuna de Cauquenes a la Región del Maule pero considera sólo 5 comunas en la Región de Los Lagos (Castro, Chonchi, Dalcahue, Queilén y Quellón). Por otro lado, destaca el hecho que a diferencia de la medida de manejo forestal sustentable, las comunas con mayores beneficios netos se localizan en ambas regiones.

La heterogeneidad espacial observada en los mapas también se observa al comparar los beneficios netos estimados con los distintos criterios utilizados para la asignación de

superficies metas. Así, el criterio de eficiencia muestra el valor más alto de beneficios netos, USD 484 millones para manejo forestal sustentable y USD 417 millones para forestación, mientras que el criterio de vulnerabilidad comunal entrega USD 430 millones para manejo forestal sustentable y USD 370 millones para forestación. El criterio de focalización, por su parte, arroja una estimación USD 309 millones para manejo forestal sustentable y USD\$ 398 millones para forestación. Lo anterior refleja que los beneficios netos calculados para la medida de manejo forestal sustentable empleando el criterio de eficiencia bajan 11,1% cuando se utiliza el criterio al de vulnerabilidad comunal, disminución que se acentúa utilizando el criterio de focalización (caída del 36,2%). Respecto a la medida de forestación, los criterios de vulnerabilidad comunal y focalización muestran beneficios netos 11,3% y 4,6% menores al criterio de eficiencia, respectivamente.

Estas diferencias también reflejan trade-offs tanto en términos de eficiencia versus equidad, tanto en términos de los beneficios netos vs subsidio a beneficiarios relativamente más pobres, así como también trade-off entre los distintos servicios ecosistémicos evaluados. Mientras la asignación basada en el criterio de eficiencia selecciona las áreas elegibles con mayores beneficios netos, estas no coinciden con aquellas áreas elegibles en donde la propiedad de la tierra se encuentra más ampliamente distribuida en pequeños propietarios de bosque nativo. Esto es particularmente cierto para las medidas que contienen áreas elegibles con alta concentración de población indígena, la mayor parte constituida por comunidades de familias que eventualmente podrían desarrollar un manejo comunitario del bosque nativo si se diseña participativamente mecanismos de coordinación y gobernanza que sean efectivos y equitativos (Calfucura, 2018). Tal es el caso de las comunas de Chonchi, Collipulli, Queilen y Quellon para la medida de forestación y las comunas de Chonchi, Fresia, Mariquina, Osorno, Paillaco, Queilen y Quellon para la medida de manejo forestal sustentable.

En relación a los trade-offs entre servicios ecosistémicos, la Tabla 4 resume las principales variaciones porcentual observadas en el valor presente de los beneficios ecosistémicos estimados con la aplicación de los criterios de vulnerabilidad comunal y de focalización comparado en relación con el criterio de eficiencia.

**Tabla 4. Variación Porcentual de los Valores Presentes de los Beneficios generados por las medidas de manejo forestal sustentable y de forestación de la NDC estimados según el criterio de eficiencia, cuando se estiman por los criterios de Vulnerabilidad Comunal y de Focalización.**

Medida	Criterio	Total Beneficios	Beneficio Carbono	Beneficio Madera	Beneficio PFNM	Beneficio Biodiversidad	Beneficio Provision de Agua	Beneficio Turismo	Beneficio Control Erosión
Manejo Forestal Sustentable	Vulnerabilidad Comunal	-7.9%	-6.8%	-7.2%	-0,9%	-0.9%	-42.3%	+35.8%	
	Focalización	-24.5%	-4.0%	-44.5%	+20.8%	+20.8%	-5.5%	-10.6%	
Forestación	Vulnerabilidad Comunal	-7.1%	-4.0%				-22.4%	-93.8%	-6.0%
	Focalización	-2.9%	-3.4%				-9.1%	-3.7%	-4.6%

Fuente: Elaboración propia.

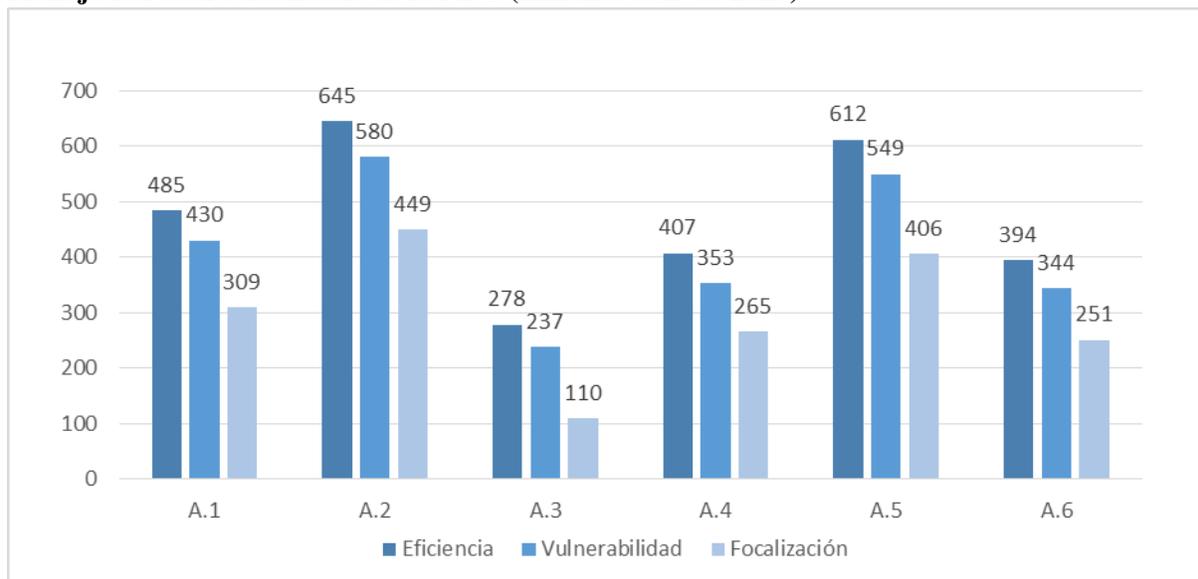
Se observa que existen trade-offs entre diferentes servicios ecosistémicos al elegir diferentes criterios de asignación según la medida de la NDC. Para manejo forestal sustentable hay una reducción sustancial, 24,5%, de los beneficios totales cuando se utiliza el criterio de focalización en comparación con el de eficiencia. Se observa en particular una fuerte reducción de los beneficios ecosistémicos de provisión de madera (-44,5%) y de provisión de agua (-5,5%), mientras que, por el contrario, los beneficios ecosistémicos de productos forestales no madereros y biodiversidad se ven incrementados en 20,8%. En cambio, el criterio de vulnerabilidad comunal presenta una reducción menor en los beneficios totales en comparación con el criterio de eficiencia, sólo un 7,9%, con variaciones de similar o menor magnitud para casi todos los servicios ecosistémicos con excepción de la provisión de agua. Por el contrario, el beneficio ecosistémico de turismo sube 35,8%. En el caso de forestación, tanto el criterio de vulnerabilidad comunal como el de focalización presentan una caída en los beneficios totales de 7,1% y 2,9%, respectivamente, la cual se concentra fuertemente en los servicios de provisión de agua, 22,4% y 9,1%, respectivamente. Un caso especial es el turismo, en el cual el criterio de vulnerabilidad comunal presenta una disminución del 93,8%. Lo anterior implica una disyuntiva muy relevante para la toma de decisión de políticas públicas, debido a que el enfocar la implementación de las medidas y metas forestales de la NDC en hogares de menores ingresos – vale decir, de menor tamaño predial- implicaría generar menores beneficios ecosistémicos, en particular asociados a producción de madera en el caso de manejo forestal sustentable. Obviamente, para decidir sobre la priorización territorial definitiva, los tomadores de las decisiones de política pública deberán sopesar lo anterior con los beneficios en el bienestar de las familias más vulnerables que generará la focalización mencionada de las medidas forestales en localidades con mayor cantidad de hogares más vulnerables.

Los resultados discutidos en el párrafo anterior dependen crucialmente de la manera como los diferentes criterios de asignación cambian el número y ubicación geográfica de las comunas en donde se implementen las medidas de la NDC. Particularmente, el criterio de focalización modifica sustancialmente el mapa de distribución de beneficios, aumentando la presencia de comunas de la zona central de Chile en desmedro de las comunas ubicadas en la Región de Los Lagos -Isla de Chiloe en especial- estas últimas conteniendo especies forestales con mayor volumen de biomasa de madera. El criterio de focalización aumenta el número de municipios en donde implementar manejo forestal sustentable y diversifica geográficamente dicha distribución.

## **4.2. Resultados Sensibilización**

En esta sección se presenta los resultados del análisis de sensibilidad de las estimaciones realizadas. Las Figuras 1 y 2 presentan los beneficios netos, en valor presente, para los diferentes escenarios planteados en la subsección 4.1.

**Figura 2. Análisis de Sensibilidad para el Valor Presente de los Beneficios Netos de la Medida de Manejo Forestal Sustentable de la NDC (millones USD de 2015)**



Escenario A.1: precio carbono Chile (USD 32.5/Ton CO<sub>2</sub>eq)

Escenario A.2: precio carbono Banco Mundial (entre USD 31.5/Ton CO<sub>2</sub>eq y USD 82.5/Ton CO<sub>2</sub>eq)

Escenario A.3: precio carbono mercados REEDD+ (USD 5/Ton CO<sub>2</sub>eq)

Escenario A.4: precio de madera (Regiones de Valparaíso, Metropolitana y L. Bernardo O'Higgins: USD 40,5/ton; Regiones del Maule y Biobío: USD 51,2/ton; Región de la Araucanía: USD 46,9/ton; y Regiones de los Ríos y Los Lagos: USD 40,5/ton).

Escenario A.5: tasa de descuento 4%.

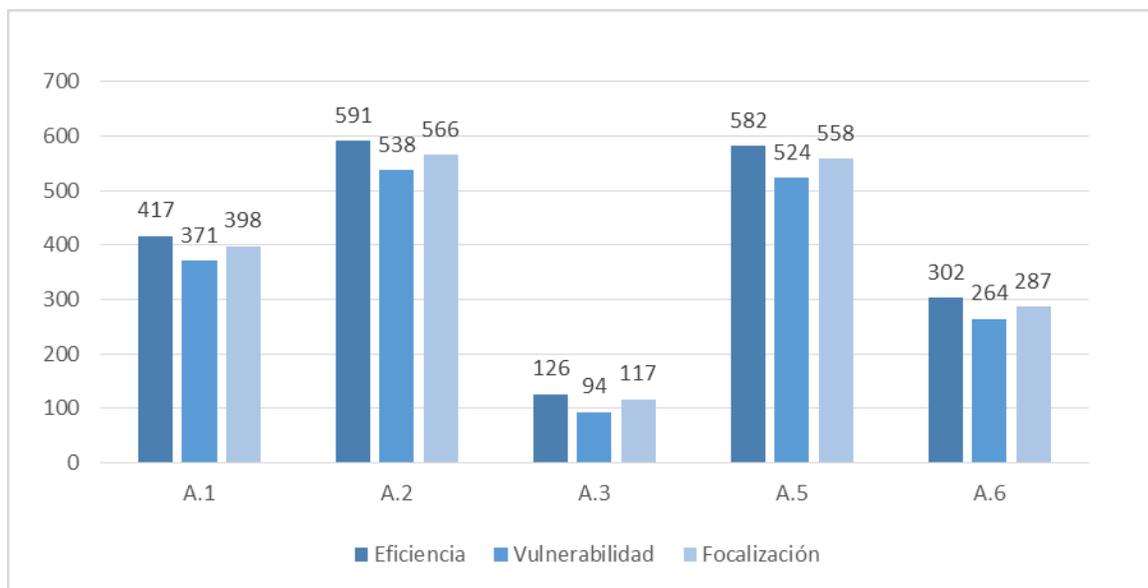
Escenario A.6: tasa de descuento 8%.

Para la medida de manejo forestal sustentable, el análisis de los 6 escenarios de sensibilización mostrados, permite concluir que los beneficios generados por la implementación de esta medida de la NDC son siempre mayores que sus costos. Se observa que consistentemente el criterio de eficiencia es el que proporciona mayores beneficios netos en valor presente mientras que el criterio de focalización presenta los menores valores. La razón beneficio/costo (B/C) varía entre 1,5 (escenario A.3, criterio de focalización) y 4,1 (escenario A.2, criterio de eficiencia), y varía proporcionalmente con precio del carbono y el de la madera utilizados en las simulaciones. De igual manera, se observa que para cada escenario de sensibilización el beneficio total depende fuertemente de los beneficios aportados por la madera para leña y el carbono. De este modo, los beneficios de madera representan entre 30,2% (escenario A.2, criterio de focalización) y 77% (escenario A.3, criterio de vulnerabilidad) de los beneficios totales; mientras que los beneficios de secuestro de carbono también son muy relevantes y representan entre 7,7% (escenario A.3, criterio de eficiencia) y 56,4% (escenario A.2, criterio de focalización) de los beneficios totales.

Respecto al resto de beneficios ecosistémicos, aquellos asociados a PFNM, biodiversidad, agua y turismo, en su conjunto pueden ser significativos. Estos beneficios ecosistémicos representan entre 8,6% (escenario A.2, criterio de vulnerabilidad) y 25,8% (escenario A.3, criterio de focalización). Estos valores exhiben una gran heterogeneidad a nivel local. Así, hay comunas donde el turismo, por ejemplo, puede ser muy relevante, y claramente existe un potencial para

desarrollar turismo en varias áreas elegibles que cuentan con activos naturales de valor y, por ello, se puede esperar que este valor aumentará con las políticas de promoción del turismo. Cabe destacar la relevancia de los servicios ecosistémicos que no son captura de carbono y provisión de madera para el escenario A.3, cuando el precio de carbono utilizado corresponde a aquel de mercado para REDD+ (USD 5 Ton/CO<sub>2</sub>eq). En dicho contexto, por ejemplo, los costos de implementación y beneficios por captura de carbono y provisión de madera son prácticamente iguales para el criterio de focalización, por lo que cualquier sobreestimación de estos beneficios podría ser compensada por el resto de beneficios ecosistémicos .

**Figura 2. Análisis de Sensibilidad para el Valor Presente de los Beneficios Netos de la Medida de Manejo Forestal Sustentable de la NDC (millones USD de 2015)**



Escenario A.1: precio carbono Chile (USD 32.5/Ton CO<sub>2</sub>eq)

Escenario A.2: precio carbono Banco Mundial (entre USD 31.5/Ton CO<sub>2</sub>eq y USD 82.5/Ton CO<sub>2</sub>eq)

Escenario A.3: precio carbono mercados REEDD+ (USD 5/Ton CO<sub>2</sub>eq)

Escenario A.4: precio de madera (Regiones de Valparaíso, Metropolitana y L. Bernardo O'Higgins: USD 40,5/ton; Regiones del Maule y Biobío: USD 51,2/ton; Región de la Araucanía: USD 46,9/ton; y Regiones de los Ríos y Los Lagos: USD 40,5/ton).

Escenario A.5: tasa de descuento 4%.

Escenario A.6: tasa de descuento 8%.

Al igual que en el caso de la medida de manejo forestal sustentable, para el caso de la medida de forestación se observa que los beneficios netos en valor presente son positivos para cada uno de los escenarios de sensibilización y criterios de asignación de las metas NDC. Además, el análisis de sensibilidad para los beneficios netos de esta medida muestra la fuerte dependencia de los resultados al precio de carbono utilizado para valorar el beneficio del servicio ecosistémico de captura de carbono. Es así como para el escenario A.3 con el criterio de vulnerabilidad comunal se obtiene una razón beneficio-costo de sólo 1,4, mientras que en el extremo opuesto, para el escenario A.2 y utilizando el criterio de eficiencia esta razón sube a 3,5. Ello también influye en la estimación de los beneficios netos totales, que van desde USD

94 millones para el escenario A.3 con el criterio de vulnerabilidad comunal, hasta USD 591 millones para el escenario A.2 con el criterio de eficiencia. Como era esperable, cuando para valorar los beneficios del servicio de secuestro de carbono se utiliza el precio del carbono definido por el Ministerio de Desarrollo Social del Gobierno de Chile, de USD 32,5, como se hace en el escenario base (escenario A.1.), se obtiene un valor intermedio para los beneficios netos totales y para la razón beneficio/costos, si bien este precio se encuentra muy por sobre el posible precio de mercado, de USD 5 (utilizado en el escenario A.3.). Para esta medida, cobra especial relevancia el valor de los beneficios ecosistémicos adicionales a la captura de carbono, ya que estos son similares a los costos de implementación de la medida, y cualquier desbalance que implique costos de implementación mayores a beneficios por captura de carbono es cubierto por los beneficios provistos por el resto de los servicios ecosistémicos.

## **5. Discusión**

El presente trabajo aporta a la literatura en diferentes aspectos. Primero, considera la evaluación de beneficios y costos de las actividades icluídas en las medidas de manejo forestal y de forestación comprometidas en la NDC de Chile. Estas actividades cubren extensivamente un número significativo de comunas (municipalidades) en la zona centro-sur de Chile y cuyos beneficios son evaluados de acuerdo al aumento generado en el flujo de bienes y servicios ecosistémicos provistos por el bosque nativo intervenido por dichas actividades. Segundo, el análisis realizado evalúa una mayor cantidad de servicios ecosistémicos que los que normalmente se incluye en este tipo de evaluaciones empíricas, ya que se incorpora: captura de carbono, provisión de madera, provisión de agua, provisión de productos forestales no madereros, regulación hídrica, mantención de hábitat y reproducción (biodiversidad), control biológico, control de erosión, regulación de nutrientes, y turismo y recreación. Tercero, se realiza una evaluación de los beneficios ecosistémicos generados por, y los costos de implementación de, las medidas forestales de la NDC implementadas para un conjunto municipios en los que se identifica problemas de degradación ambiental. Finalmente, a partir de los resultados obtenidos del análisis costo-beneficio anterior, se utiliza diferentes criterios para asignar entre los municipios de Chile las metas de superficie de las medidas de manejo forestal sustentable y de forestación de la NDC.

Los resultados muestran que la política de restauración del bosque nativo del país incluida en la NDC de Chile es rentable socialmente; es decir, el valor presente de los beneficios ecosistémicos generados por esta política es mayor que el valor presente de los costos de su implementación. Por otro lado, el análisis de tres diferentes criterios empleados aquí para determinar la asignación de las comunas y superficies en las que implementar las medidas de la NDC concluye que, aunque un criterio de eficiencia, que maximiza únicamente los beneficios netos directos resultantes de las medidas forestales aplicadas al bosque nativo, determina una asignación de las medidas de la NDC que genera el mayor valor presente de los beneficios netos de la asignación comunal de cada una de las medidas de acción de la NDC, existen otros criterios de asignación posibles de aplicar, y que son más comprensivos y de mucha relevancia para la toma de decisión por parte de las autoridades responsables de las políticas públicas del país. Estos criterios adicionales al criterio de eficiencia incorporan, además de los beneficios directos resultantes de la recuperación de los flujos de servicios ecosistémicos del bosque

nativo, el número de comunas que finalmente participa en la implementación de la NDC, la vulnerabilidad social relativa de las distintas comunas consideradas, así como sus debilidades relativas respecto de los impactos esperados del cambio climático. Cuando se emplea estos criterios de asignación ampliados, la evaluación realizada pone en evidencia un *trade-off* que puede implicar que los beneficios netos del aumento del flujo de servicios ecosistémicos resulten ser finalmente bastante menores en algunos casos. Esto implica que, para la autoridad que toma las decisiones de política pública, se plantea una disyuntiva de gran relevancia respecto de cómo implementar óptimamente la NDC comprometida por Chile al Acuerdo de París. Esto, porque la aplicación de este criterio ampliado de asignación puede resultar también de mayor beneficio social, ya que la reducción ocurrida en los beneficios derivados del flujo de servicios ecosistémicos puede ser más que compensada por el aumento en una medida de bienestar general más comprensivo, que incorpore, además de los beneficios derivados del flujo de servicios ecosistémicos, los beneficios de reducir la pobreza y la vulnerabilidad al cambio climático.

Como se señaló antes, la literatura que evalúa económicamente los impactos de las prácticas silvícolas sobre servicios ecosistémicos es bastante escasa. Birch *et al* (2010) encuentran bajos beneficios netos en la comuna de Quilpue, en Chile, lo cual puede deberse a que dicha comuna se ubica en el extremo norte de la Macrozona Centro, en la que predomina el bosque nativo de menor tamaño, área basal y cobertura arbórea. Los trabajos de The Economics of Ecosystems & Biodiversity (TEEB, 2009), Cubbage y Davis (2014) y Ojea et al. (2016) proveen resultados para estudios de valores de servicios ecosistémicos bajo diferentes acciones silvícolas y REDD+<sup>6</sup>. Las estimaciones de TEEB (2009) corresponden a bosques tropicales, mientras que las de Ojea et al. (2016) corresponden a un meta-análisis de valores para países que tienen y no tienen REDD+. En ambos casos los valores son expresados en USD/ton/año. Por otro lado, Cubbage y Davis (2014) realizan un análisis económico sobre la acumulación de carbono para actividades de la CONAF de reforestación y manejo sustentable de bosques. Los resultados muestran que la captura de carbono es una fuente de beneficios que puede aumentar la viabilidad de todos los tipos de proyectos forestales, sobre todo cuando las especies crecen más rápido. Estos autores sólo disponen de una muestra pequeña de especies con datos de costos actuales, así que se usa un valor estándar de USD 1.000 por hectárea para todas las especies de *Nothofagus*. Los precios de la madera para los productos de mayor valor llegan hasta USD 37/m<sup>3</sup>, frente a un rango de precios de USD 5/ton CO<sub>2</sub>eq a USD 10/ton CO<sub>2</sub>eq para el carbono. La Tabla 5 muestra en la parte superior los resultados aquí obtenidos de la estimación del valor económico del beneficio asociado a los servicios ecosistémicos para cada medida de acción analizada; las cifras se expresan en valor presente (USD/ha). En la parte de baja de la tabla se presenta el resultado de los estudios mencionados previamente.

Al comparar los resultados aquí obtenidos, mostrados en la parte superior de la Tabla 4, con los obtenidos en estudios previos se puede observar que para manejo forestal sustentable, los valores obtenidos son levemente superiores a aquellos encontrados por Cubbage y Davis (2014) para captura de carbono (entre USD 2,276 y 2,442 vs USD 2,159) pero menores en lo que

---

<sup>6</sup> REDD+ corresponde al mecanismo de mitigación del cambio climático por Reducción de Emisiones de GEI causadas por la Deforestación y Degradación de los bosques.

respecta a provisión de madera (USD 2,055 y 3,699 vs USD 4,654). Cabe señalar que la especie *Nothofagus* utilizada en los cálculos de estos últimos es una especie de rápido crecimiento lo cual podría explicar estas diferencias. En el caso de forestación, cuando las estimaciones realizadas aquí se comparan con las de Ojea et al. (2016), las primeras son mayores para captura de carbono (entre USD 3,304 y 3,441 vs USD 2,447), son similares para biodiversidad (USD 1,293 vs USD 1,280) y turismo ( USD 189 vs USD 218), y son menores para PFM (USD 341 vs USD 1,280). Finalmente, en comparación con TEEB (2009), las estimaciones obtenidas en este estudio son mayores para captura de carbono (entre USD 3,304 y 3,441 vs USD 1,965), provisión de agua (entre USD 480 y 619 vs USD 143) y PFM (USD 341 vs USD 75), y menores para turismo (entre USD 12 y 189 vs USD 381) y control de la erosión (entre USD 136 y 145 vs USD 694). La mayor parte de los servicios ecosistémicos estimados son menores a los valores máximos señalados por TEEB (2009). Lo anterior pone de manifiesto que a pesar de las restricciones de información, los resultados obtenidos no se alejan significativamente de lo obtenido en la literatura. Sin embargo, es necesario señalar algunas limitaciones de la evaluación realizada en este estudio.

**Tabla 5. Valores presentes por hectárea estimados del flujo resultante de distintos servicios ecosistémicos provistos por los bosques nativos intervenidos por las medidas de la NDC y su comparación con los resultados de estudios similares**

VARIABLE	Manejo Forestal Sustentable			Forestación		
	Eficiencia	Vulnerabilidad	Focalización	Eficiencia	Vulnerabilidad	Focalización
<b>BENEFICIOS NETOS</b>	4.847	4.300	3.086	4.168	3.707	3.981
<b>BENEFICIOS TOTALES</b>	6.934	6.383	5.238	6.528	6.067	6.341
Captura Carbono	2.442	2.276	2.345	3.441	3.304	3.324
Madera	3.699	3.431	2.055	0	0	0
PFM	75	74	90	341	341	341
Biodiversidad	283	281	342	1.293	1.293	1.293
Provisión de Agua	346	200	327	619	480	562
Turismo	89	121	80	189	12	182
Regulación Nutrientes				481	481	481
Control Erosión				145	136	138
Control Biológico				20	20	20
<b>BENEFICIOS TOTALES</b>	<b>Cubbage and Davis (2015) Medio (VP USD/ha.)</b>			<b>Ojea et al. (2016) Medio (USD/ha./año)</b>	<b>TEEB -2009 Medio (USD/ha./año)</b>	<b>TEEB -2009 Máximo (USD/ha./año)</b>
Captura Carbono	2.159			2.447	1.965	3.218
Madera	4.654					
PFM				1.268	75	552
Biodiversidad				1.280		5.227
Provisión de Agua					143	411
Turismo				218	381	1.171
Regulación Nutrientes						
Control Erosión					694	1.084
Control Biológico						

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del servicio de provisión/regulación de la cantidad de agua, la precisión de la información respecto a caudal de subcuencas decrece de norte a sur. De este modo, en el extremo de la Macrozona Sur hubo mayor imprecisión en la aplicación de los criterios de cercanía y tipografía en la elección del matching de caudal, ya que existen pocas estaciones pluviométricas en la Isla de Chiloé y en la costa de la Provincia de Palena. Desde el punto de vista de la implementación de la política pública, en la Macrozona Centro se observa niveles de caudales casi en los mínimos, lo cual reduce la posibilidad de cualquier contribución de los recursos vegetacionales a través de la provisión de servicios de regulación hídrica ante la falta de precipitaciones.

Por otro lado, la metodología usada en este estudio para valorar el servicio ecosistémico de biodiversidad, aplica un valor medio por hectárea corregido por efecto marginal del tipo de acción silvícola sólo en aquellas áreas elegibles en donde existen especies en peligro de extinción o iniciativas público/privadas de conservación o sitios prioritarios. Lo anterior no diferencia por abundancia de especies, lo cual podría hacer que ciertas áreas elegibles adquieran mayor importancia. No obstante, la información y recursos existentes para este estudio impidieron realizar este tipo de análisis, y tal como lo ha señalado la OCDE en sus evaluaciones de desempeño ambiental para Chile, la información y protección asociadas a biodiversidad es posiblemente la principal problemática medioambiental en la que el país se encuentra retrasado en enfrentar debidamente.

La carencia de información local respecto a algunas variables (caudal de cuerpos de aguas superficiales, tasas de turismo por lugar, valor del turismo, localización de hábitat de múltiples especies de flora y fauna bajo amenaza, entre otras) junto a la escasez de estudios nacionales e internacionales que estimen funciones de dosis-respuesta para acciones silvícolas y servicios ecosistémicos, obligó a un extensa revisión de literatura y recopilación de información secundaria para lograr los objetivos del estudio. La información obtenida permitió hacer las definiciones metodológicas requeridas, escogiéndose siempre las que incorporan la mayor cantidad de información científico-técnica validada por trabajos empíricos apropiados y supuestos más plausibles y con mayor soporte teórico, a objeto de evitar cualquier sesgo en los resultados del análisis. Más aún, con el propósito de obtener resultados confiables y de utilidad para la toma de decisiones de política pública relacionadas con la NDC, siempre se eligió las metodologías que eliminaran cualquier posible sesgo hacia la subestimación de los costos y/o la sobreestimación de los beneficios. Esto, para tener seguridad de que los resultados obtenidos del análisis de costo-beneficio representan un valor “piso” de la rentabilidad social de las medidas y acciones consideradas en la NDC.

A lo anterior hay que agregar que un análisis de las sinergias, feedbacks y trade-offs entre servicios ecosistémicos sobrepasa los propósitos de este trabajo y las herramientas utilizadas en él. Como se señala en Schreckenberget al. (2018), la implementación de medidas que mejoren un tipo de servicio ecosistémico tendrá consecuencias para otros servicios ecosistémicos que no fueron objeto de la gestión. Por ejemplo, las acciones para mejorar calidad de los suelos pueden tener efectos negativos sobre la calidad de las aguas superficiales. Los efectos perjudiciales pueden hacerse evidentes rápidamente, pero también pueden acumularse

lentamente con el tiempo. Estas externalidades provenientes de medidas para la mejora de bosques y servicios ecosistémicos son poco conocidas.

Finalmente, es necesario resaltar la importancia de los mecanismos de captura del valor “no de mercado” – es decir aquellos servicios ecosistémicos que no son transados en el mercado – tales como provisión de agua, biodiversidad, control de la erosión y regulación de nutrientes, entre otros. En un escenario como el A.3, en el cual sólo se considera los valores de beneficios de servicios ecosistémicos transados en el mercado (provisión de madera, captura de carbono y turismo), estos apenas cubren los costos de implementación de la medida de manejo forestal sustentable pero son insuficientes para lograr el mismo cometido para el caso de la medida de forestación. Por ello, resulta evidente que el valor de los beneficios netos se hacen positivos solamente cuando se considera debidamente los mecanismos de captura de valor “no de mercado”. Esto plantea un rol para el Estado en dos frentes. Por un lado, la necesidad de inversión pública en generación de información relevante y de análisis de alto rigor técnico. Por otro lado, esto releva, una vez más, la necesidad de corregir dichas fallas de mercado mediante regulación y el soporte para el desarrollo de pagos por servicios ambientales.

## **6. Conclusiones**

El presente documento es uno de los primeros análisis de costos y beneficios de la implementación de las metas forestales de la NDC a nivel nacional para un país. La evaluación monetaria de beneficios incorpora no sólo los beneficios usualmente estudiados en la literatura sobre beneficios ecosistémicos de mitigación de cambio climático en bosque, vale decir madera y captura de carbono, pero también turismo, biodiversidad, provisión y regulación del agua, entre otros. La estimación realizada del valor presente de beneficios y costos a nivel de municipio se utiliza luego para determinar la asignación territorial de las metas de implementación de la NDC según criterios de priorización diferentes.

Los resultados obtenidos en este trabajo ponen de manifiesto la compleja relación entre servicios ecosistémicos y otros objetivos de bienestar social, como la disminución de la pobreza. Desde una perspectiva utilitarista, la implementación de medidas de la NDC buscando un objetivo de eficiencia genera la asignación y distribución con bienestar social más alto, pero concentra sus esfuerzos en municipios con menores problemas de pobreza.

La priorización de las áreas en las que implementar las medidas de la NDC del país utilizando el criterio de eficiencia, maximiza el valor presente de los beneficios netos aquí estimados para cada una de las medidas. Por otra parte, la priorización territorial por “vulnerabilidad comunal” utiliza indicadores a nivel municipal de vulnerabilidad social (tasa de pobreza comunal) y vulnerabilidad al cambio climático (índice comunal) para determinar los municipios seleccionados hasta alcanzar las superficies metas de la NDC. Finalmente, la asignación focalizada utiliza una proxy de pobreza con especificidad-local (tamaño predial) a nivel municipal. Esta última asignación proporciona el análisis más fino respecto a la relación pobreza-servicios ecosistémicos para las medidas de la NDC. Los resultados del análisis de asignación muestran que existen trade-offs entre los diferentes criterios de asignación, lo que tiene implicancias para los hacedores de política a la hora de decidir entre las distintas posibles

maneras de implementar en la práctica la NDC forestal comprometida por Chile. El criterio de eficiencia obtiene siempre los mayores beneficios netos producto de que asigna las superficies de las metas a aquellas comunas con mayor beneficio neto por hectárea. Esto pone de manifiesto la compleja relación entre servicios ecosistémicos y otros objetivos de bienestar social, como la disminución de la pobreza. Desde una perspectiva utilitarista, la implementación de medidas de la NDC buscando un objetivo de eficiencia genera la asignación y distribución con bienestar social más alto, pero concentra sus esfuerzos en municipios con menores problemas de pobreza relativa, lo que podría implicar agudizar algunos de los problemas derivados de la gran desigualdad de ingresos que exhibe el país, tal vez el más complejo desafío de política pública pendiente en Chile.

Por otra parte, se aprecia la importancia de los beneficios ecosistémicos con valor “no de mercado” en apoyar la rentabilidad social de las medidas, particularmente para el caso de la medida de manejo forestal sustentable bajo el criterio de focalización y para la medida de forestación bajo los 3 criterios analizados. Ello implica desafíos para el Estado, tanto desde la perspectiva de financiamiento de la inversión pública para estas medidas como desde la perspectiva de corregir las fallas de mercado asociadas a estos servicios ecosistémicos.

## Referencias

- BID/FC. (2018). "INDC y NDCS". Banco Interamericano de Desarrollo/ Plataforma Finanzas Carbono. Página Web de Finanzas Carbono, RUL: <http://finanzascarbono.org/accion-climatica/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional/>
- BIRCH, J., NEWTON, A., ALVAREZ, C., CANTARELLO, ECHEVERRÍA, KITZBERGERD, T., SCHIAPPACASSE, I Y N. TEJEDOR GARAVITO (2010): "Cost-effectiveness of dryland forest restoration evaluated by spatial analysis of ecosystem services", Proceedings of the National Academy of Sciences, December, vol. 107, no. 50, 21925–21930.
- BISHOP J.T. (1999). Valuing Forest: A review of methods and applications in developing countries. London. Environmental Economic Programme. International Institute for Environment and Development. 56 pp.
- CALFUCURA, E. (2018). "Governance, Land and Distribution: A Discussion on the Political Economy of Community-Based Conservation," Ecological Economics, Elsevier, vol. 145(C), pages 18-26.
- CAMPBELL, H. Y R. BROWN (2016): Cost-Benefit Analysis: Financial and Economic Appraisal Using Spreadsheets, London & New York: Routledge 2016, 2nd Edition, pp. xxi + 423.
- CAMERON, A. (2018). "Restoration of ecosystems and ecosystem services", en Schreckenberg et al (editors), Ecosystem Services and Poverty Alleviation: Trade-offs and Governance. Routledge Studies in Ecosystem Services, Routledge Taylor and Francis Group, London and New York.
- CONAF. (2016<sup>a</sup>). Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales 2017-2025-Chile. Corporación Nacional Forestal. Gobierno de Chile. Santiago. 244p. <https://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/publicaciones/87-encrv-2017-2025-v2/file>
- CONAF. (2016b). Apoyo a la generación y análisis de las causas de deforestación, degradación forestal y no aumento de existencias de carbono forestal, identificándose opciones estratégicas para enfrentarlas en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) de Chile. Servicio Consultoría Universidad Mayor, Oterra, EBP Chile, AIFBN y CIREN.
- CONAF. (2016c). Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal Subnacional de Chile. Corporación Nacional Forestal. 125 p.
- CONAF. (2016d). Estrategia Financiera para la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales de Chile. Servicio de Consultoría contratado por Banco de Desarrollo Interamericano (BID) y desarrollado por Terra Global Capital y Sud Austral Consulting Spa.
- CONAF, CONAMA y BIRF. (1999). Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile. 90 p.
- CORIA, J. Y E. CALFUCURA. (2012). "Ecotourism and the development of indigenous communities: The good, the bad, and the ugly," Ecological Economics, Elsevier, vol. 73(C), pages 47-55.
- COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R.S., FARBER S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., O'NEILL R.V., PARUELO J., RASKIN R.G., SUTTON P., Y VAN DEN BELT M. (1997). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. Nature 387, pp. 253-260.
- CUBBAGE, F. Y R. DAVIS. (2014). An Economic Evaluation of Carbon Payments for Addressing Forest Degradation in Chile. Profor <<http://www.pr>
- CUBBAGE, F., DAVIS, R. YG. FREY. (2011). Guía para la Evaluación Económica y Financiera de Proyectos Forestales Comunitarios en México. Documento de Trabajo, Forestal Latinoamericano, No. 2. Banco Mundial Región de Latinoamérica y el Caribe. Washington, D.C. 43 p.
- DE GROOT R., WILSON M.A., AND BOUMANS R.M.J. (2002). A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Function, Good and Services. Ecological Economics 41: 393-408.

- DE GROOT, R., BLIGNAUT, J., VAN DER PLOEG, S., ARONSON, J., ELMQVIST, T. Y J. FARLEY (2013). Benefits of Investing in Ecosystem Restoration.
- DE JONG, W., GALLOWAY, G., KATILA, P. Y P. PACHECO (2016). "Incentives and Constraints of Community and Smallholder Forestry", *Forest*, 7, 209; doi:10.3390/f7090209.
- GOMEZ, A. (2012). "Efectos de corto plazo de la restauración ecológica de bosques nativos en la provisión de los servicios ecosistémicos cantidad y calidad de agua, en cuencas forestales", Seminario de Investigación (GEOG 340) presentado como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile.
- FIGUEROA, E. (2015). Áreas protegidas, bienestar social y fuente de oportunidades para los chilenos; en G. Simonetti, J. A. Simonetti y G. Espinoza (editores), *Conservando el Patrimonio Natural de Chile: Aporte de las Áreas Protegidas*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); pp. 91-104. ISBN: 978-956-7469-75-8. Santiago, Chile.
- FIGUEROA E. (2011). Valoración Económica detallada de las Áreas Protegidas de Chile. Proyecto GEF-MMA-PNUD. Salesianos Impresores S.A. Santiago de Chile, Diciembre 2010. ISBN 978-956-7469-27-7
- FIGUEROA, E. (2010). Valor económico del servicio ecosistémico "banco genético natural para la prospección farmacológica": el caso del sistema nacional de áreas protegidas de Chile. *Panorama Socioeconómico* 28(40): 34-51.
- FIGUEROA E. (2009). Valor Económico de la Contribución Anual del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Chile y Análisis de su Financiamiento; en Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Global Environmental Facility (GEF) y Comisión Nacional del Medio Ambiente-Chile (eds.), *Creación de un Sistema Integral de Áreas Protegidas para Chile*; Documentos de Trabajo, Santiago, Chile. pp 189-240.
- FIGUEROA E. Y PASTEN R. (2015). "The economic value of forests in supplying local climate regulation". *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 59: 446-457.
- FIGUEROA E. Y PASTEN R. (2014). "Economically valuing nature resources to promote conservation: An empirical application to Chile's national system of protected areas"; *Papers in Regional Science*, Volume 93(4): 865-889. 2014.
- FIGUEROA E. Y PASTEN R. (2011). Improving Benefit Transfer for Wetland Valuation: Income Adjustment and Economic Values of Ecosystem Goods and Services. Ver en: [http://www.waddenacademie.nl/fileadmin/inhoud/pdf/02\\_taken/kennisagendarapporten/2011-01\\_Improving\\_Benefit\\_Transfer\\_for\\_Wetland\\_Valuation.pdf](http://www.waddenacademie.nl/fileadmin/inhoud/pdf/02_taken/kennisagendarapporten/2011-01_Improving_Benefit_Transfer_for_Wetland_Valuation.pdf)
- FIGUEROA, E. Y PASTÉN, R. (2008). "Forest and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption; Comment"; *Ecological Economics* 67: 153-156.
- FIGUEROA E, TORRES M., REYES P, CALFUCURA E. Y DÍAZ, F. (2017). *Servicios Ecosistémicos del Área Costera Protegida de Múltiples Usos Isla Grande de Atacama', Caldera, Región de Atacama-Chile: Guía Visual y Didáctica*. CENRE-Universidad de Chile y SEREMI Medio Ambiente-Región de Atacama. Ediciones MAVAL SPA. 64 pp. Santiago, Chile.
- FIGUEROA E, REYES P, CALFUCURA E., TORRES M., BACHMANN P., AGUILAR M. (2016a). "Mapa de Valor Económico de los Servicios Ecosistémicos de la Región de Tarapacá". Informe Final de Proyecto CENRE-Universidad de Chile realizado para el Gobierno Regional de Tarapacá. Editado por Gobierno Regional de Tarapacá.
- FIGUEROA, E., CALFUCURA, E., AGUILAR, M., REYES, P., TORRES, M. Y BACHMANN, P. (2016b). "Valoración Económica de los Servicios Ecosistémicos Asociados a los Recursos Hídricos Bajo la Ley General de Pesca y Acuicultura de la Región de Aysén". Informe Final de Proyecto FIPA N° 2014-85, realizado para el Consejo de Investigación Pesquera y Agricultura, Ministerio de Economía-Chile. Centro de Economía de los Recursos Naturales y el Medio ambiente (CENRE), Universidad de Chile.

- GOB-CHILE (2020). *Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile (NDC): Actualización 2020*. Gobierno de Chile. 97 págs. RUL: [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC\\_Chile\\_2020\\_espan%CC%83ol-1.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf)
- GOB-CHILE (2015). *Contribución Nacional Tentativa de Chile (INDC) para el Acuerdo de París 2015*. Gobierno de Chile. 27 págs. RUL: <http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Published%20Documents/Chile/1/Chile%20INDC%20FINAL.pdf>
- HAINES-YOUNG, R.H., POTSCHIN, M.P. (2009). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: Raffaelli, D., Frid, C. (Eds.), *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. BES Ecological Reviews Series, CUP, Cambridge, pp. 110–139.
- HANSEN, J., SATO, M., KHARECHA, P., BEERLING, D., BERNER, R., MASSON-DELMOTTE, V., PAGANI, M., RAYMO, M., ROYER, D.L. and ZACHOS, J.C. (2008). Target atmospheric CO<sub>2</sub>: Where should humanity aim? *Open Atmos. Sci. J.*, **2**: 217-231, doi:10.2174/1874282300802010217.
- HUENCHULEO, C. y VILLALOBOS, P. (2010): "Ecosystem Service Valuation of Ruil (Nothofagus Alessandrii) Forests in Central Chile: An Application of the Choice Experiment Method", en *Choice Experiments in Developing Countries Implementation, Challenges and Policy Implications*, editado por Jeff Bennett and Ekin Birol, Edward Elgar Publishers.
- HOEHN, J.P. and RANDALL, A. (1989). "Too Many Proposals Pass the Benefit Cost Test Author(s): John P. HOEHN, J.P. and RANDALL, A. (1989). *AER* 79(3): 544- 551.
- IPCC (2018). *Global warming of 1,5 °C: An IPCC Special Report*. pp. 616. RUL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf)
- IPCC (2014). *Cambio Climático 2014: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.
- LITTLE, C. Y A. LARA (2010): "Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile", *BOSQUE* 31(3): 175-178.
- MMA. (2016). *Chile's Third National Communication on Climate Change to the United Nations Framework Convention on Climate Change: Exxecutive Summary 2016*. Ministerio del Medio Ambiente-Chile. Santiago, Chile. RUL: [file:///G:/00\\_HOY\\_25JULIO2018/PROYECTOS/2018/WB\\_WP-ENCCRV/CHILEs%203rd%20National%20Communication%20on%20CC%20to%20UNFCCC\\_2016.pdf](file:///G:/00_HOY_25JULIO2018/PROYECTOS/2018/WB_WP-ENCCRV/CHILEs%203rd%20National%20Communication%20on%20CC%20to%20UNFCCC_2016.pdf)
- MARTINEZ-HARMS, M. J., BRYAN, B. A., FIGUEROA, E., PLISCOFF, P, RUNTING, R. K. Y WILSON, (2017). "Scenarios for land use and ecosystem services under global change". *Ecosystem Services* 25: 56-68.
- MARTÍN-LÓPEZ, B., GÓMEZ-BAGGETHUN, E., GARCÍA-LLORENTE, M., MONTES, C. (2014). Trade-offs across value-domains in ecosystem services assessment. *Ecological Indicators* 37A: 220-228.
- MCFADDEN D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. In: Zarembka P, editor. *Frontiers in econometrics*. NY: Academic Press.
- MEA (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington. pp.155.
- MISHAN, E.J. (1971). *Cost-Benefit Analysis*. Allen and Unwin, 1971. pp. 364. London, UK.
- OJEA, E., LOUREIRO, M., ALLO, M. y M. BARRIO. (2016). "Ecosystem Services and REDD: Estimating the Benefits of Non-Carbon Services in Worldwide Forests", *World Development*, Volume 78, February, Pages 246-261.
- PREMOLI, J. M. REY BENAYAS, C. SMITH-RAMÍREZ, Y G. WILLIAMS-LINERA (2012): "Forest landscape restoration in the drylands of Latin America", *Ecology and Society* 17(1): 21. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04572-170121>.

- PULIDO A. (2000). Funciones de biomasa para individuos de regeneración vegetativa de la especie Quillaja saponaria Mol. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Forestales. Proyecto de título. Santiago. 63 p.
- REY, J., NEWTON, A., DIAZ, A. Y J. BULLOCK (2009). "Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis", *Science* 325, 1121-1124.
- ROBIN. (2014). "The Role Of Biodiversity In Climate Change Mitigation in Latin America", ROBIN FP7 Project, Grant Agreement 283093 – Project Final Report.
- ROOT-BERNSTEIN. M. Y F. JAKSIC (2013): "The Chilean Espinal: Restoration for a Sustainable Silvopastoral System", *Restoration Ecology*, doi: 10.1111/rec.12019.
- SCHRECKENBERG, K., MACE, G. Y M. POUDYAL (2018): *Ecosystem Services and Poverty Alleviation: Trade-offs and Governance*. Routledge Studies in Ecosystem Services, Routledge Taylor and Francis Group, London and New York.
- SCHIAPPACASSE, I., NAHUELHUAL. L., VÁSQUEZ, F. Y C. ECHEVERRÍA (2012): "Assessing the benefits and costs of dryland forest restoration in central Chile", *Journal of Environmental Management*, April, DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.11.007.
- SCHMID, A. (2018). *Benefit Cost Analysis: A political economy approach*. Routledge, NY; USA.
- TEEB (2008). "The Economics of Ecosystems and Biodiversity". Interim report European Communities (64 pp.). ISBN 139789279089602.
- TEEB (2009.) TEEB Climate Issues Update. September 2009
- UNFCCC. (2018). Nationally Determined Contributions (NDCs). United Nations Framework Convention on Climate Change. Climate Change Web Page; RUL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs>
- VERDONE, M. (2015). A cost-benefit framework for analyzing forest landscape restoration decisions. Gland, Switzerland: IUCN. 42 pp Available at: <https://portals.iucn.org/library/node/45246>
- WHITTAKER, L., KOVACS, E. Y B. VIRA (2018): "Reciprocal commitments for addressing forest–water relationships", en Schreckenberg et al (editors), *Ecosystem Services and Poverty Alleviation: Trade-offs and Governance*. Routledge Studies in Ecosystem Services, Routledge Taylor and Francis Group, London and New York.
- WRI. (2018). "What is an INDC?". World Resources Institute. WRI Web page; RUL: <http://www.wri.org/indc-definition>

## ANEXO 1

### Niveles de Intervención por Acción Silvícola asociada a Medidas Directas

Porcentaje Corta (%)			
	Manejo Forestal Sustentable		
Tipo Forestal	Manejo	Restauración	Manejo y Restauración
Esclerófilo	6	11	8
Roble-Hualo	22	35	28
Ciprés de la Cordillera	22	35	28
Roble-Raulí-Coihue	25	40	30
Coihue-Raulí-Tepa	22	27	32
Siempreverde	20	35	30
Coihue de Magallanes	25	35	30
Ciprés de las Guaitecas	25	35	30
Lenga	25	38	33

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 2**  
**Asignaciones de metas de la NDC mediante diferentes criterios de priorización territorial**

<b>Acción/Criterio</b>	<b>N° de Comunas</b>	<b>Valor Presente Beneficios Netos (USD)</b>	<b>Comunas Seleccionadas</b>
<b>Manejo Forestal Sustentable</b>			
Eficiencia	31	474 millones	Ancud, Cabildo, Calbuco, Carahue, Castro, Chaiten, Chonchi, Curaco de Velez, Dalcahue, Fresia, Frutillar, Futaleufu, Isla de Maipo, LaFlorida, Lanco, Linares, Llanquihue, Los Muermos, Mafil, Mariquina, Osorno, Paillaco, Palena, Puqueldon, Queilen, Quellon, Quemchi, Quinchao, Saavedra, San Pablo, Temuco, Tucapel, Valdivia
Vulnerabilidad	38	415 millones	Ancud, Calera, Carahue, Castro, Chaiten, Chépica, Curaco de Velez, Dalcahue, El Monte, Fresia, Frutillar, Lanco, Linares, Llanquihue, Los Muermos, Mafil, Mariquina, Navidad, Olnue, Osorno, Paillaco, Paine, Panquehue, Puqueldon, Putaendo, Queilen, Quellon, Quemchi, Quinchao, Retiro, Saavedra, San Pablo, Santa Maria, Temuco, Tucapel, Valdivia Villa Alegre, Yervas Buenas
Focalizada	31	297 millones	Calbuco, Carahue, Catemu, Chépica, Chonchi, Curaco de Velez, Dalcahue, El Monte, Fresia, Isla de Maipo, La Ligua, Lanco, Limache, Llanquihue, Lo Barnechea, Lolol, Mafil, Mariquina, Olnue, Paillaco, Panquehue, Pichidegua, Pumanque, Puqueldon, Queilen, Quellon, Quemchi, Quilpue, Quinchao, SanFelipe, SanPedro, SantaCruz, TilTil, Valdivia, Yervas Buenas
<b>Forestación</b>			
Eficiencia	15	283 millones	Ancud, Castro, Chonchi, Coihueco, Colbun, Collipulli, Corral, Dalcahue, Linares, Los Muermos, Molina, Queilen, Quellon, Rauco, San Javier
Vulnerabilidad	10	268 millones	Ancud, Castro, Cauquenes, Chonchi, Colbun, Collipulli, Dalcahue, Fresia, Los Muermos, Queilen, Quellon, Rauco
Focalizada	14	271 millones	Castro, Cauquenes, Chonchi, Colbun, Collipulli, Corral, Dalcahue, Fresia, Linares, Molina, Queilen, Quellon, Rauco, San Javier

Fuente: Elaboración propia.