

Nota Informativa

ENCCRV

09



ESTRATEGIA NACIONAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO Y
RECURSOS VEGETACIONALES

Santiago, Mayo 2017



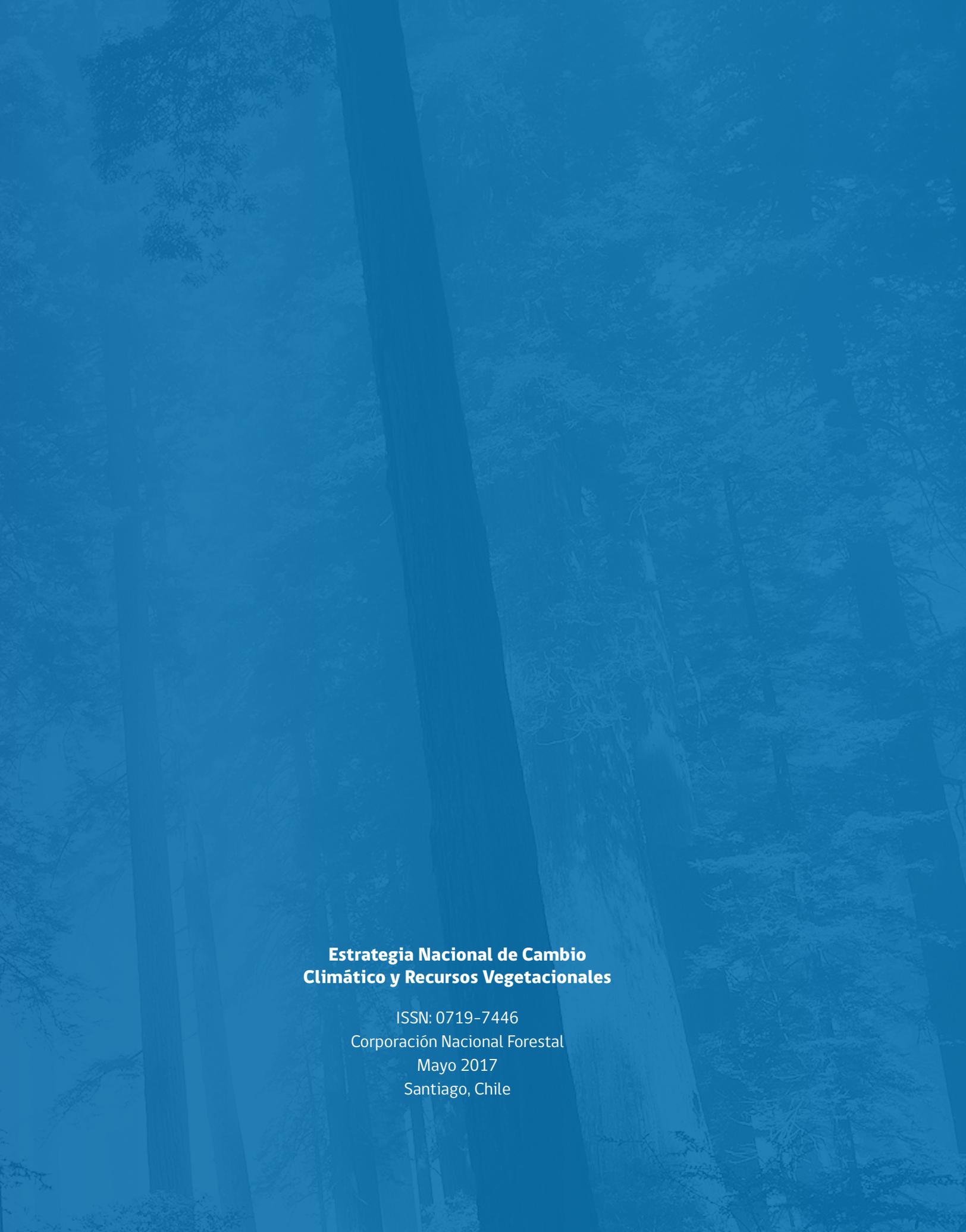
En esta edición

Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal subnacional de Chile
Regiones entre el Maule y Los Lagos



ENCCR

ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS VEGETACIONALES



**Estrategia Nacional de Cambio
Climático y Recursos Vegetacionales**

ISSN: 0719-7446

Corporación Nacional Forestal

Mayo 2017

Santiago, Chile



Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/ Nivel de Referencia Forestal subnacional de Chile

Regiones entre el Maule y Los Lagos

Autores

Javier Cano, Angelo Sartori, Osvaldo Quintanilla, Jaeel Moraga, Renato Cifuentes.

Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA). Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF).
Corporación Nacional Forestal (CONAF).

Agradecimientos

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) y su Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA) agradecen al Fondo Cooperativo del Carbono Forestal (FCPF, siglas en inglés) y específicamente al Fondo de Carbono (FC) por el aporte financiero para apoyar la realización de este estudio mediante licitación pública internacional llevada a cabo por el Banco Mundial, la que contó con el soporte técnico del equipo consultor conformado por Winrock International, la Universidad Austral de Chile (UACH) y el Instituto Forestal (INFOR) del Ministerio de Agricultura de Chile. De igual forma extiende el agradecimiento al Programa de la Organización de las Naciones Unidas para REDD (ONU-REDD) conformado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).



Según el físico y matemático Lord William Thomson Kelvin (1824–1907) “Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre”. Esta cita, pasados más de 100 años de la muerte de autor, representa de forma concisa el proceso de elaboración, generación de resultados y objetivos del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal (NREF/NRF) para el enfoque de políticas REDD+ en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) de Chile.

Contenido

1. Contexto	6
2. Equipo de Trabajo	10
3. Definición de Bosque	12
4. Actividades de REDD+	13
Actividades REDD+	13
Deforestación	14
Degradación forestal	14
Aumento de las reservas forestales	14
Conservación forestal	15
Manejo sustentable de los bosques	
5. Extensión del NREF/NRF	15
6. Fuentes de Información	17
7. Método	18
Depósitos de Carbono	18
Periodo de Referencia	18
Metodología de estimación por Cambios de Uso de la Tierra	19
Metodología de estimación en Bosque Permanente	23
Análisis de Incertidumbre	27
8. Resultados	28
9. Proceso de Análisis y Evaluación Técnica	31
Proceso Análisis de Técnico de Niveles de Referencia de la CMNUCC	31
Proceso de Revisión del Panel de Asesoramiento Técnico (TAP por sus siglas en inglés) del Fondo de Carbono del FCPF	33
10. Expansión y Mejora Continua	34

1. Contexto

En diciembre de 2013, en la 19ª Conferencia de las Partes (CoP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) se estableció el denominado Marco de Varsovia para REDD+, que establece los lineamientos generales y procedimientos estándar para la preparación e implementación en países en desarrollo de enfoques de políticas que promuevan incentivos positivos para realizar las siguientes actividades (Figura 1):

Reducir emisiones de carbono asociadas a:

- Deforestación
- Degradación forestal

Incrementar las absorciones de carbono a través de:

- Aumento de las reservas forestales
- Conservación forestal
- Manejo sustentable de los bosques

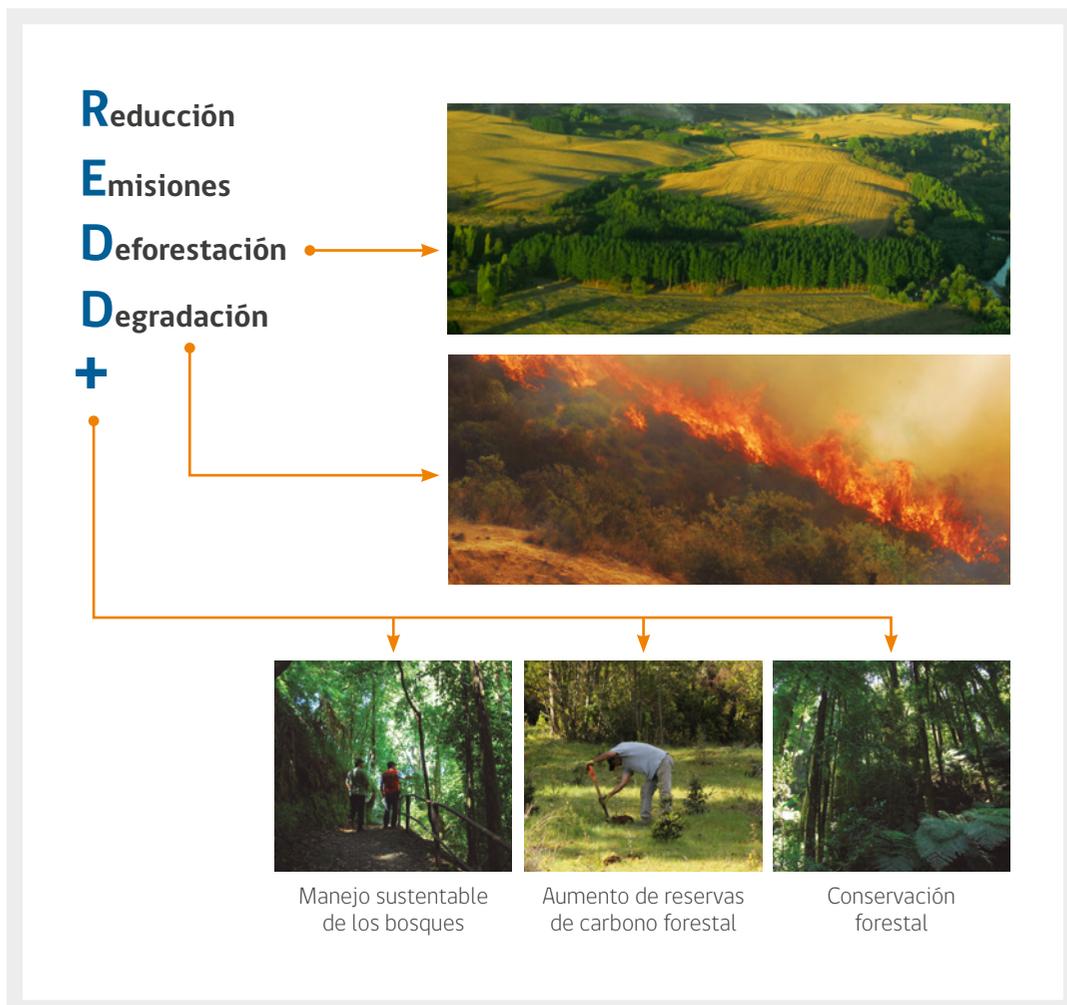


Figura 1. REDD+ tiene por objetivo el desarrollo de enfoques de políticas que promuevan incentivos positivos por la reducción de emisiones de carbono asociadas a deforestación y degradación forestal, además del incremento de las absorciones de carbono a través del aumento de las reservas forestales, la conservación forestal y el manejo sustentable de los bosques.



Dentro de estos lineamientos para el desarrollo de REDD+, se considera como elemento de obligado cumplimiento, la elaboración de un NREF/NRF, que debe caracterizar las emisiones y absorciones para cada actividad durante un periodo histórico reciente y proyectarlas a futuro, con el objetivo final de servir como base para estimar el desempeño de la implementación de las medidas definidas por cada país para enfrentar las causas de deforestación, degradación forestal y problemáticas que interfieran en el incremento de absorciones de carbono forestal.

Existen una serie de guías de buenas prácticas y orientaciones metodológicas, principalmente aquellas desarrolladas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), que entregan un marco metodológico general para la contabilidad de emisiones y absorciones de carbono forestal, pero no específicamente para la construcción del NREF/NRF, proceso que debe ejecutarse teniendo en cuenta las particularidades políticas, sociales, económicas, capacidades técnicas, disponibilidad de información y variabilidad de los ecosistemas forestales de cada país.

Hasta 2016, 15 países habían presentado su NREF/NRF ante la Secretaría de la CMNUCC, con diferencias significativas, principalmente entre las actividades del enfoque REDD+ consideradas (Figura 2).

En términos generales entre los países que han presentado NREF/NRF, se constata lo siguiente:

- Todos los países, a excepción de Malasia, incluyeron la actividad de deforestación.
- Chile, Congo, Guyana, Indonesia y Vietnam incluyeron la actividad de degradación forestal.
- Chile, Costa Rica, Etiopía y Vietnam incluyeron la actividad de aumento de las reservas de carbono forestal.
- Chile y Vietnam incluyeron la actividad de conservación forestal.
- Únicamente Malasia ha incluido la actividad de manejo sustentable de los bosques.

	País	Emisiones		Absorciones		
		Deforestación	Degradación	Aumentos	Conservación	Manejo
2015	Chile	✓	✓	✓	✓	✗
2013	Brasil	✓	✗	✗	✗	✗
2015	Colombia	✓	✗	✗	✗	✗
	Ecuador	✓	✗	✗	✗	✗
	Guyana	✓	✓	✗	✗	✗
	Malasia	✗	✗	✗	✗	✓
	México	✓	✗	✗	✗	✗
2016	Congo*	✓	✓	✗	✗	✗
	Costa Rica	✓	✗	✓	✗	✗
	Etiopía*	✓	✗	✓	✗	✗
	Indonesia	✓	✓	✗	✗	✗
	Paraguay	✓	✗	✗	✗	✗
2016	Perú	✓	✗	✗	✗	✗
	Vietnam*	✓	✓	✓	✓	✗
	Zambia*	✓	✗	✗	✗	✗

* El proceso de Análisis Técnico de NREF/NRF de estos países aún no ha finalizado.

Figura 2. Países, actividades REDD+ incluidas y año de consignación de NREF/NRF ante la CMNUCC.

En el año 2017, Camboya, Costa de Marfil, Ghana, Honduras, Madagascar, Nepal, Papúa Nueva Guinea, Sri Lanka, Tanzania y Uganda han remitido sus respectivos NREF/NRF al Secretariado de la CMNUCC, a lo que se suma la expansión del NREF/NRF de Brasil al bioma del Bosque del Cerrado (Figura 3). En tanto en Latino América países como Argentina, Bolivia, Uruguay o Venezuela, aún no han presentado NREF/NRF ante la CMNUCC.

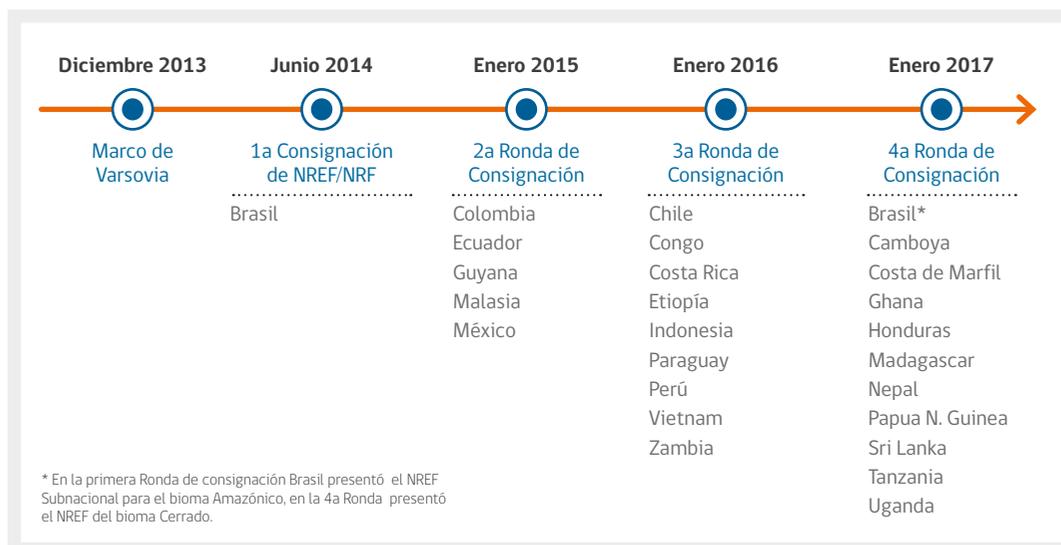


Figura 3. Cronología de la consignación de niveles de referencia ante la CMNUCC.

El NREF/NRF presentado por Chile, incluye información con respecto a las emisiones producidas por deforestación y degradación forestal, así como las absorciones producto del aumento de las reservas forestales y la conservación forestal, que corresponden a cuatro de las cinco actividades REDD+, siendo Chile y Vietnam los primeros países en avanzar hasta este nivel de completitud.

Este hito es de una gran relevancia, demostrando las capacidades técnicas desarrolladas y el nivel de avance en la información histórica generada por el país, pero también es el fiel reflejo de las circunstancias nacionales y la relevancia del sector forestal en el país.

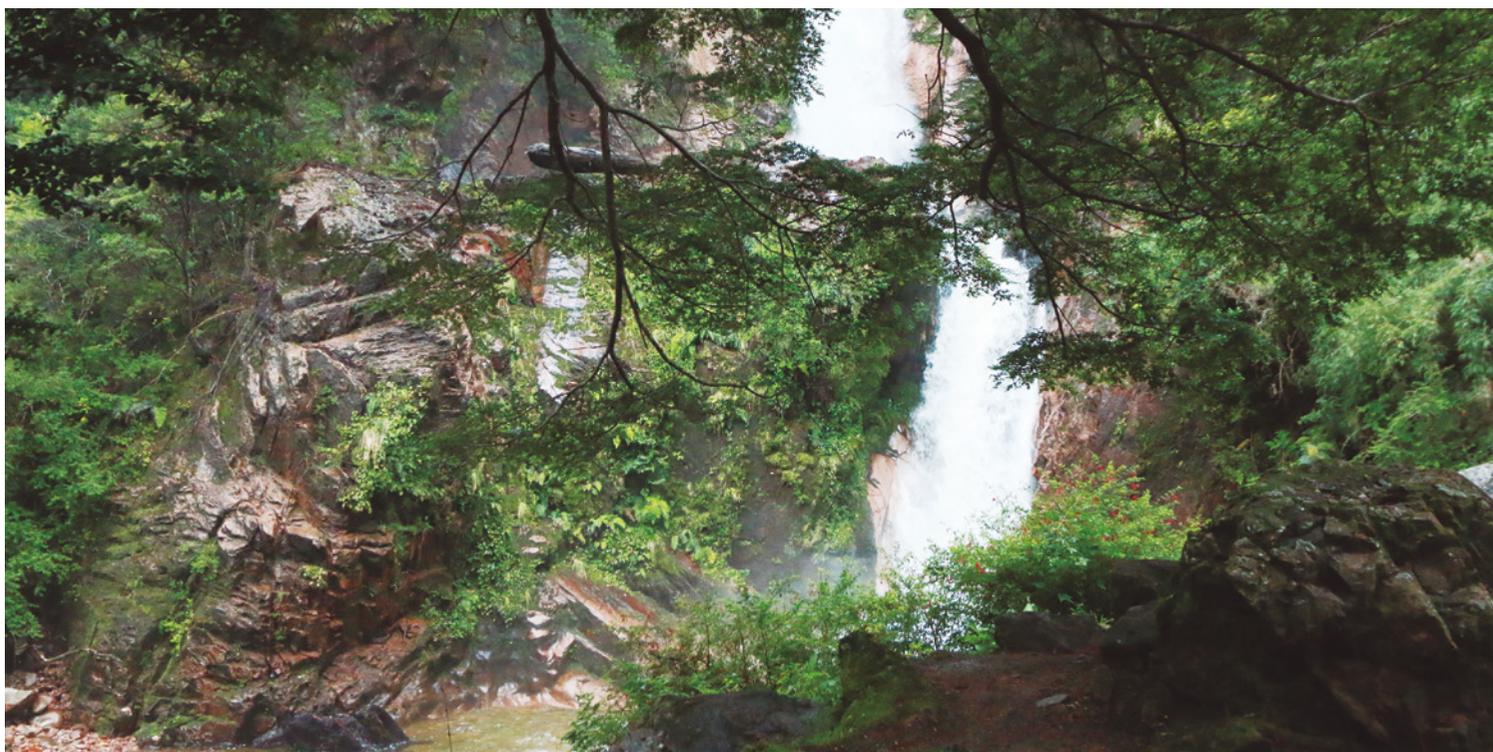
Se constata además que en la mayoría de países tropicales el mayor problema de los bosques se centra en la deforestación, mientras que para Chile la degradación forestal es la actividad que provoca mayores emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera en este sector, como lo demuestran diversos estudios de CONAF, INFOR, Global Forest Watch, el Programa de Bosques (PROFOR por sus siglas en inglés), entre otros, y los resultados obtenidos en el NREF/NRF Subnacional de Chile, siendo las principales causales de estas emisiones los incendios forestales y el uso insustentable de los recursos vegetacionales. En los últimos 20 años las acciones realizadas en el país, han provocado una reducción sustancial de la tasa de deforestación anual, reduciéndose desde 20.000 hectáreas anuales en el año 1990 a 7.000 hectáreas en 2015¹ (Figura 4).



Figura 4. Relevancia de la degradación forestal en Chile.



¹ <http://portal.mma.gob.cl/la-deforestacion-del-bosque-nativo-se-ha-reducido-al-minimo-en-chile/>



2. Equipo de Trabajo

Chile, al igual que el resto de países que a la fecha han elaborado y publicado sus respectivos NREF/NRF, ha recibido el apoyo de la cooperación internacional para la creación de capacidades técnicas que permiten la elaboración de este elemento obligatorio en el marco del enfoque REDD+. Sin embargo, la falta de experiencia previa por parte de los países desarrollados como en desarrollo, de agencias internacionales, organismos no gubernamentales, centros de investigación, academia o empresas, ha derivado en que éste haya sido un proceso guiado por el principio de “aprender haciendo” (*learning by doing*). Este proceso va más allá del desarrollo de capacidades técnicas para el monitoreo forestal, ya que implica un profundo conocimiento de las circunstancias y capacidades nacionales, de los arreglos institucionales, marcos normativos y reglas de contabilidad que han de aplicarse, de las interrelaciones entre requerimientos nacionales como el Inventario Nacional de GEI (INGEI) y el NREF/NRF, e internacionales como las instancias voluntarias multilaterales o bilaterales en temáticas asociadas a bosques y cambio climático.

La elaboración del NREF/NRF Subnacional de Chile, fue liderada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) a través de la Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA) de la Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF), y del Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales de la Gerencia de Fiscalización Forestal y Evaluación Ambiental (GEF). Se

contó además con apoyo financiero y técnico del Banco Mundial a través del Fondo Cooperativo del Carbono Forestal (FCPF, por sus siglas en inglés) y del Programa de la Organización de las Naciones Unidas para REDD (ONU-REDD) conformado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En el ámbito técnico se contó con la colaboración de la organización sin fines de lucro Winrock International con sede en Washington D.C., Estados Unidos, el Instituto Forestal (INFOR) y la Universidad Austral de Chile (UACH), entidades que formaron un consorcio que permitió contar con un alto grado de experiencia tanto en el desarrollo de reportes internacionales, generación de insumos para la estimación de emisiones, monitoreo de usos y cambios de uso de la tierra y caracterización de la vegetación nativa de Chile.

Cabe destacar que CONAF e INFOR, bajo la coordinación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), todas ellas instituciones del Ministerio de Agricultura, desarrollan la información base y colaboran como parte del equipo técnico en la elaboración del INGEI en el sector de Silvicultura y Otros de Usos de la Tierra, lo cual ha permitido mantener un alto grado de coherencia entre el INGEI y el NREF/NRF.



Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA)

La **Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA)**, de CONAF, es el Punto Focal Nacional de REDD+ ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), siendo responsable de generar los elementos de preparación, ejecutar la implementación y monitorear los resultados y distribución de beneficios que se generen en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) (2017-2025) que incluye la temática de REDD+.



Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales

El **Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales**, de CONAF, es responsable de la aplicación del Artículo 4 de la Ley N°20.283 sobre Recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal, que implica la mantención y actualización cartográfica del Catastro Forestal, junto con la disposición pública de la información generada. Asimismo, lidera la ejecución del Inventario Nacional de Dendroenergía y Carbono Forestal.



El **Banco Mundial** es una entidad internacional que apoya a CONAF en diversos proyectos que se ejecutan con fondos internacionales en el marco de diseñar e implementar la ENCCRV.

UN-REDD
PROGRAMME



El **Programa ONU-REDD**, constituido mediante la colaboración conjunta entre FAO, PNUD y PNUMA, apoya a los países en el diseño e implementación de REDD+ mediante la creación de capacidades técnicas, intercambio de conocimientos y asistencia en el desarrollo de métodos y generación de datos.



Winrock International es una organización con sede en Estados Unidos, especializada en el desarrollo social, agrícola y medioambiental. Ha trabajado en la temática REDD+ con países como Colombia, Perú, Guyana, Guatemala, Costa Rica, Ghana, Liberia, República Democrática del Congo, Mozambique, Camboya, Vietnam, Laos, Papúa Nueva Guinea, Indonesia, Malasia, Bangladesh, entre otros.



INFOR

El **Instituto Forestal (INFOR)**, tiene como misión la creación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico en el área forestal. Es responsable de proveer datos a través del Inventario Forestal Continuo y ha desarrollado metodologías para estimar degradación forestal.



La **Universidad Austral de Chile (UACH)**, es una de las instituciones de la academia líder en el estudio del Bosque Nativo. Ha participado desde los años 90 en la elaboración del Catastro Forestal y sus actualizaciones y ha desarrollado una gran cantidad de funciones alométricas para especies nativas.



3. Definición de Bosque

Retomando la cita inicial de Lord Kelvin, es importante que previo a profundizar en fuentes de información, métodos y resultados, sean definidos los parámetros que se desean medir, comenzando por la definición de bosque, para continuar con las actividades y sub-actividades REDD+ que se consideran en el NREF/NRF.

La definición nacional de bosque para REDD+, así como de las actividades vinculadas, fue determinada por medio de un proceso coordinado por CONAF donde participaron expertos nacionales e internacionales, quienes hicieron aportes y comentarios de forma continua a la propuesta original de definiciones y todas sus versiones posteriores. Las definiciones resultantes fueron sometidas a discusión y validación final en el “Segundo Taller Internacional para la elaboración de Niveles de Referencia de Emisiones Forestales – Niveles de Referencia Forestales y Análisis de MRV, contexto Chileno”², que contó con la participación de expertos de CONAF, INFOR, UACH, Universidad Mayor, Winrock International, Comisión Nacional Forestal de México (CONAFOR)³ y el Banco Mundial. Durante el taller se realizaron las últimas modificaciones y se

acordaron las definiciones finales, que se basaron en dos principios fundamentales:

Operatividad, utilizando parámetros que permitiesen realizar mediciones de forma adecuada a las fuentes de información y las metodologías existentes.

Respeto y consideración a las opiniones mayoritarias recopiladas en el proceso participativo a nivel nacional llevado a cabo para formular y validar la ENCCRV.

Tras un profundo análisis, se adoptó, como definición de bosque aplicable al enfoque REDD+ en Chile, el concepto de bosque nativo establecido según la Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, señalándose lo siguiente: “bosque formado por especies autóctonas, provenientes de generación natural, regeneración natural, o plantación bajo dosel con las mismas especies existentes en



² Más información en:

<http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/51-anexo-acta-taller-nr/file>

<http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/53-Anexo-Definiciones-actividades-REDD/file>

³ En el marco del proyecto financiado por el Fondo Chile-México.

el área de distribución original, que pueden tener presencia accidental de especies exóticas distribuidas al azar”.

Como se menciona anteriormente, las definiciones de bosque y actividades del enfoque REDD+ tienen una orientación operativa, por lo que en este caso se consideró como bosque, **aquellas tierras definidas por el Catastro Forestal, como bosque nativo o bosque mixto**, categorías de clasificación que se ajustan a la definición legal aplicada.

En línea con las metas que se pretenden alcanzar a través de la implementación de las medidas de acción de la ENCCRV, y respetando lo planteado en el proceso participativo de formulación y validación de esta iniciativa, el NREF/NRF no consideró en su contabilidad los flujos de carbono producidos en las plantaciones forestales, las cuales, de forma mayoritaria en el contexto nacional, están asociadas a bosques plantados de especies exóticas que tienen un objetivo netamente productivo de carácter industrial.

4. Actividades REDD+

Las actividades del enfoque REDD+, referidas a las **acciones humanas vinculadas al bosque que producen emisiones o absorciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)**, se definen con base a procesos que pueden suceder en el bosque y en torno a él. Algunas actividades se asocian a dinámicas forestales que pueden ser identificadas de forma relativamente sencilla, principalmente aquellas que provocan cambios en el uso de la tierra, como lo es la deforestación. Sin embargo, existen dinámicas forestales que no provocan cambios inmediatos en el uso de la tierra, pero sí producen variaciones en la condición y capacidades para proveer bienes y servicios que presentan los bosques, como lo es la degradación forestal o la recuperación de bosques degradados. Estimar las variaciones de carbono producto de dichas dinámicas representa un mayor grado de dificultad. Por lo indicado, es importante analizar cuáles son los parámetros, métodos y fuentes de información disponibles y asociar estos parámetros a las actividades del enfoque REDD+.

Partiendo del concepto **bosque** es posible identificar una serie de transformaciones principales:

- Puede transformarse a otros usos de la tierra como praderas, matorrales, terrenos agrícolas o zonas urbanas e industriales.
- Puede transformarse de bosque⁴ a plantación, proceso denominado sustitución.

De igual forma, estos procesos o transformaciones pueden producirse de manera inversa:

- Las praderas, matorrales y los terrenos agrícolas pueden, transformarse en bosque.

- Las plantaciones pueden transformarse en bosque nativo.

Además, como son formaciones en constante dinámica, los bosques están sujetos a procesos naturales y otros vinculados a las actividades humanas, las cuales provocan:

- Reducción de su capacidad para proveer bienes y servicios.
- El aumento de su capacidad de proveer bienes y servicios.

Por último, el uso de los bosques y la normativa que los rige, define objetivos específicos para los bosques conforme a características y condiciones especiales en las que se encuentren, tales como:

- Bosques destinados a la conservación.
- Bosques destinados a la producción.

Teniendo en cuenta este marco, fueron identificadas las herramientas, fuentes de información y metodologías que permiten la estimación de las dinámicas a las cuales están expuestos estos recursos, generando una estratificación inicial entre aquellas transformaciones que provocan cambios de uso de la tierra, y aquellos procesos que se producen en bosques permanentes. Posteriormente se identificaron las fuentes de información que permiten identificar los marcos normativos que regulan las intervenciones sobre el bosque. Como resultado de este ejercicio se establecieron las siguientes definiciones para las actividades del enfoque REDD+.



⁴ De forma consistente con la definición de bosque adoptada para el enfoque REDD+, en este documento debe entenderse como "bosque", la definición de "bosque nativo" en la ley 20.283.

Deforestación

Emisiones de GEI producto de la transformación de áreas de bosque en otro uso de la tierra de forma permanente.

Consideraciones:

1. No se considera deforestación el cambio de uso de bosque a plantación.
2. No se considera como área deforestada aquella desprovista temporalmente de bosque, siempre y cuando esté planificada, reportada y documentada una actividad regenerativa natural o asistida.

Degradación Forestal

Emisiones de GEI producto de la reducción del contenido de carbono de un bosque, inducida por la actividad humana con una intensidad que recomienda el cese de la actividad silvícola productiva, pero cuyo nivel no implica un cambio de uso de la tierra.

Consideraciones:

1. Adicionalmente, se considera como degradación forestal todo cambio de uso de bosque a plantación forestal. Pese a que una plantación forestal puede tener mayor contenido o capacidad de absorción de GEI, en el proceso de sustitución se consideran las emisiones producto de la eliminación de la vegetación en que es necesario incurrir para el establecimiento de una plantación, lo que se suma a las justificaciones expresadas anteriormente.
2. Las emisiones producidas por la combustión de biomasa en incendios forestales son consideradas parte de las emisiones degradación forestal.

Aumento de las Reservas Forestales

Absorciones de GEI producto del incremento en contenido de carbono forestal en tierras transformadas desde otros usos a bosque, además del incremento de contenido de carbono producto de la recuperación de bosques degradados.

Consideraciones:

1. No se considera como aumento de las reservas forestales todo incremento producido en áreas transformadas de bosque a plantación forestal, pues se considera en la definición de degradación forestal según lo expuesto precedentemente.
2. Se considera como aumento de las reservas forestales todo cambio de uso de plantación forestal a bosque, proceso denominado restitución. Se mantiene así la consistencia con el concepto de sustitución aplicado a degradación forestal. Considerando que la restitución es un proceso que sucede después de la cosecha de la plantación, se debe considerar que el contenido de carbono previo a la restitución es cero.

Conservación Forestal

Contabilidad neta de emisiones por degradación forestal y absorciones por aumento de las reservas forestales en áreas de bosque sujeto a procesos formales de conservación.

Consideraciones:

1. Se considera como bosque sujeto a procesos formales de conservación, aquellos correspondientes a los Tipos Forestales de Preservación, tales como Palma Chilena, Alerce y Araucaria. Se incluyen además las superficies forestales que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) y aquellas registradas como Áreas Protegidas de Propiedad Privada con carácter de Conservación Forestal (APP).

Manejo Sustentable de los Bosques

Contabilidad neta de emisiones por degradación forestal y absorciones por aumento de las reservas forestales en áreas de bosque sujeto a procesos formales de manejo.

Consideraciones:

1. Se consideran como procesos formales de manejo aquellas actividades que se realizan bajo los instrumentos administrados por CONAF: Planes de Manejo y Normas de Manejo.

En la actualidad no es posible la delimitación espacial mediante cartografía oficial de las áreas de bosque nativo sujetas a manejo forestal mediante los procesos formales estipulados en el punto anterior. En el marco del fortalecimiento de antecedentes técnicos de base para implementar la ENCCRV se están desarrollando los insumos que permitirán

establecer los flujos de carbono forestal asociados a esta actividad. En el intertanto, las variaciones de existencias por manejo están integradas en el en las estimaciones de emisiones por degradación forestal y absorciones por aumento de reservas forestales según corresponda.



5. Extensión del NREF/NRF

CONAF, de acuerdo a las condicionantes de información existente a nivel nacional y según lo establecido por la CMNUCC, ha decidido focalizar los esfuerzos para la generación del NREF/NRF bajo una escala subnacional priorizando en primera instancia la zona Centro-Sur de Chile, área que cuenta con una alta concentración y la mayor diversidad de bosques del país además de presentar una fuerte presión antrópica que afecta su condición permanentemente, producto de actividades que provocan deforestación y degradación forestal.

El área cubierta por el NREF/NRF subnacional comprende cinco de las quince regiones administrativas en que se divide el país, abarca desde la Región del Maule hasta la Región de Los Lagos, ambas incluidas (Figura 5). En estas regiones se extiende el bosque templado, el cual presenta gran potencial para la reducción de emisiones e incremento de absorciones de GEI relacionadas con los bosques, y la capacidad de producir beneficios ambientales no carbono, tales como mejorar el balance hídrico, conservar los suelos

y mantener la biodiversidad, entre otros diversos impactos positivos a las comunidades que dependen directamente de estos ecosistemas.

La extensión de estas cinco regiones comprende una superficie de 16.522.077 hectáreas, las que representan el 22% de la superficie continental de Chile y contienen 5.853.387 hectáreas de bosque correspondiente al 41% del total de este tipo de vegetación en el país. En el área subnacional del NREF/NRF están representados 11 de los 12 tipos forestales definidos por ley a nivel nacional.

Una vez se hayan logrado mejoras en la información base a nivel nacional, junto con la optimización de los métodos a emplear, se contempla la expansión del NREF/NRF a escala nacional. Para ello, en la actualidad se están planificando y realizando estudios para este fin, con el propósito de presentar el NREF/NRF de escala nacional en 2018.

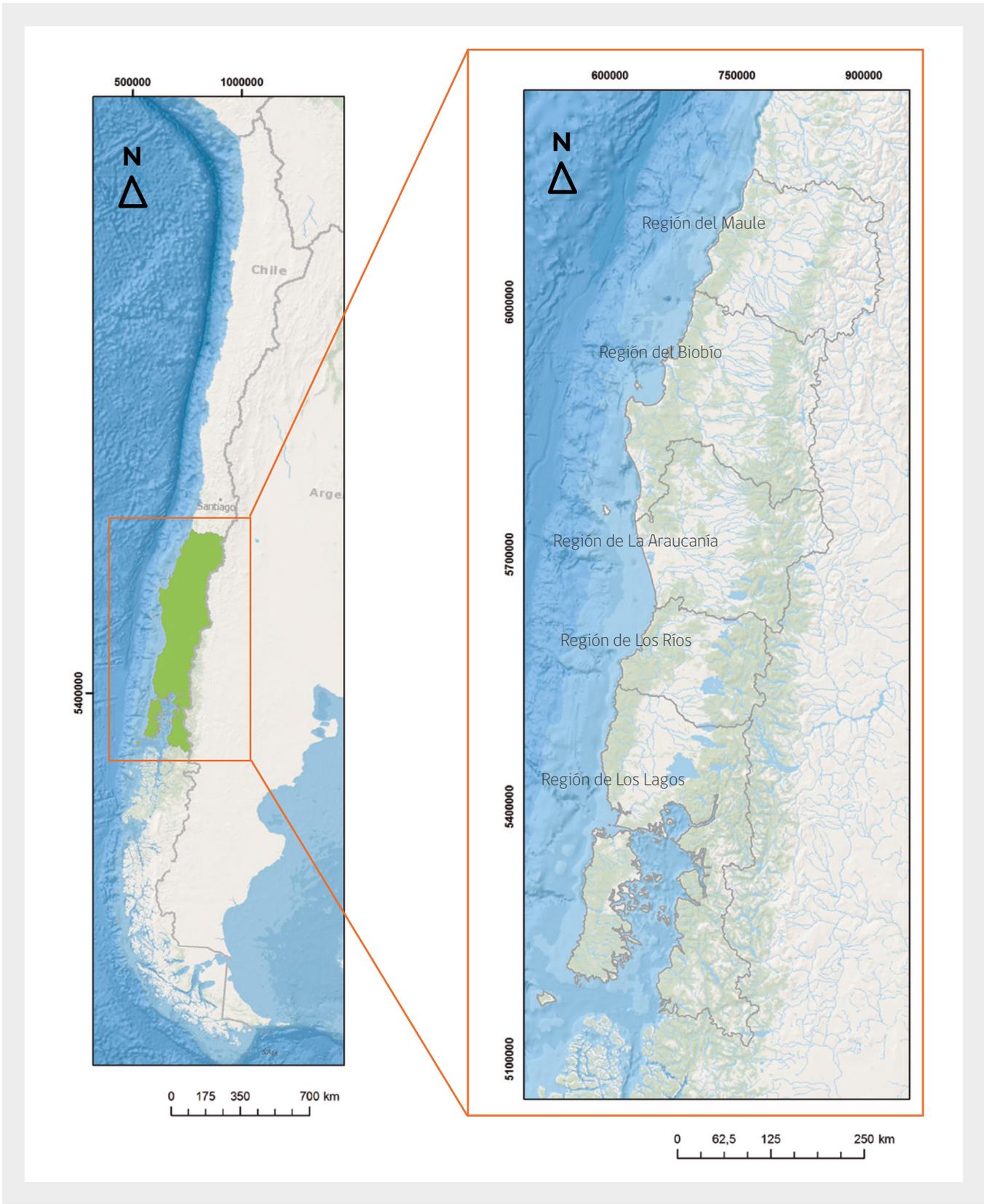


Figura 5. Área cubierta por el NREF/NRF subnacional de Chile.



6. Fuentes de Información

Teniendo en cuenta las definiciones de bosque y actividades del enfoque REDD+, se identificó la información necesaria para la elaboración del NREF/NRF, compuesta por los siguientes elementos:

- Superficies de las clases de uso de la tierra y superficies de cambios de uso de la tierra.
- Contenidos de carbono y variaciones de contenidos de carbono.

Estos dos elementos son generados mediante dos insumos oficiales básicos, respectivamente:

- Catastro Forestal de usos del suelo y vegetación liderado por CONAF
- Inventario Forestal Continuo liderado por INFOR

El **Catastro Forestal** de usos del suelo y vegetación genera la información oficial del país referente al uso y cambio de uso de la tierra. Desde el año 1997 con la publicación de los resultados de superficies de distintos usos de la tierra, se han desarrollado actualizaciones a nivel regional que permiten identificar la superficie de bosque permanente, la superficie de bosque sustituido por plantaciones forestales y la superficie de otros usos de la tierra convertidos a bosque.

El **Inventario Forestal Continuo** contempla la realización de mediciones de parámetros dasométricos en parcelas permanentes distribuidas entre las regiones de Coquimbo y Magallanes, con remediciones periódicas. El primer ciclo del Inventario se desarrolló entre 2001 y 2010 incluyendo la medición base y la primera remediación. En la actualidad el inventario se ejecuta en ciclos de 4 años, realizando remediciones del 25% de las parcelas cada año y una proyección del 75% restante. Los resultados entregan los volúmenes de biomasa aérea, biomasa subterránea y necromasa.

Para la elaboración del NREF/NRF se utilizaron, además de las dos fuentes indicadas, otras donde destaca las bases de datos utilizadas en el desarrollo de **INGEI de Chile**, que aportó datos complementarios, tanto desarrollados por investigadores nacionales como datos por defecto provistos por el IPCC, para las estimaciones de contenidos de carbono por tipos de uso de la tierra, tasas de incremento promedio anual por tipos forestales y otros elementos que permiten las transformaciones necesarias para convertir los datos primarios en Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente (tCO₂eq), unidad en la que se reporta a la CMNUCC las emisiones y absorciones de GEI forestales.

Además de esta información, se integraron datos de superficies afectadas por incendios forestales, imágenes satelitales Landsat 5 y 7, y herramientas de cálculo y de tecnologías de información geográfica como Google Earth Engine y Collect Earth.

7. Método

El NREF/NRF considera las emisiones de diferentes **depósitos de carbono**, o reservorios, durante un **período histórico de referencia**; mediante la estimación de **datos de actividad**, o superficies de cambio, y; **factores de emisión**, o flujo de GEI por unidad de superficie; reportando los resultados en conjunto con el grado de **incertidumbre** asociado.

Depósitos de Carbono

El IPCC considera cinco depósitos de carbono en la estructura de los bosques:

Biomasa aérea: incluye el carbono acumulado en el tronco, ramas, ramillas y hojas de la vegetación.

Biomasa subterránea: incluye el carbono acumulado en las raíces.

Materia orgánica muerta o Necromasa: incluye el carbono acumulado en la biomasa muerta en pie y en los residuos gruesos.

Hojarasca: corresponde a la biomasa muerta compuesta por hojas y fragmentos de madera de pequeño tamaño.

Carbono orgánico del suelo: materia orgánica incorporada y acumulada en los primeros 30 centímetros de suelo.

En el NREF/NRF Subnacional han sido considerados los siguientes depósitos según la actividad:

Biomasa aérea y subterránea: para todas las actividades.

Necromasa: en las actividades de deforestación, degradación forestal y conservación forestal. No se incluye en la actividad de aumento de las reservas forestales porque no se dispone de información sobre la tasa de acumulación de necromasa en las zonas convertidas en tierras forestales.

Hojarasca: no se considera debido a la inexistencia de datos para el periodo de referencia.

Carbono orgánico del suelo: no se contabiliza debido a la inexistencia de información geo-referenciada oficial que permita estimar la relación entre las actividades y el carbono orgánico del suelo. Pese a existir valores globales que podrían ser utilizados, se considera que el contenido de carbono del suelo depende en gran medida de las condiciones locales, especialmente el tipo de cobertura vegetal, clima y suelo, así como los factores de manejo al cual este expuesto.

Periodo de Referencia

El periodo de referencia corresponde al rango temporal en el que se estiman las emisiones y absorciones de carbono forestal para proyectarlas a futuro. El periodo de referencia utilizado para la estimación del NREF/NRF Subnacional de Chile, se determinó en base a indicadores y criterios establecidos por instancias internacionales vinculadas al enfoque REDD+, como el Marco Metodológico del FCPF⁵, considerando además la disponibilidad de información necesaria para la construcción del NREF/NRF y de las diferentes metodologías aplicadas para estimar las emisiones y absorciones de las diferentes actividades y sub-actividades.

Es importante resaltar que en las versiones iniciales del NREF/NRF Subnacional reportado por Chile ante la CMNUCC y el FCPF, existía una importante heterogeneidad en las fechas de información utilizada y por lo tanto no existía una definición clara del periodo de referencia. Con el objetivo de subsanar esta deficiencia, con base a los comentarios y sugerencias de los equipos de revisión de ambas instancias, y el esfuerzo y experiencia del equipo técnico a cargo, se armonizaron las fuentes de datos utilizadas y se aplicaron técnicas de interpolación que permitieron disminuir la heterogeneidad de los periodos de referencia.

Considerando la disponibilidad de información y las metodologías aplicadas se estipularon dos periodos de referencia diferenciados:

- **Período 2001-2013**, para actividades o sub-actividades vinculadas a **cambios de uso o sub-uso de la tierra**: deforestación, degradación por sustitución, incremento de superficie forestal y restitución. Para este caso, y considerando que la fuente de información principal es el Catastro realizado por CONAF, que se elabora en fechas diferentes para cada Región, se realizó una interpolación según los datos disponibles según se describe en la Tabla 1.
- **Período 2001-2010**, para actividades o sub-actividades que ocurren en **bosque permanente**: degradación en bosque permanente, recuperación de bosques degradados y conservación forestal. También se incluyen las emisiones de Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O) que se generan por combustión durante los incendios forestales.



⁵ Marco que establece los criterios e indicadores a cumplir por los países participantes en esta instancia piloto multilateral REDD+ (<https://www.forestcarbonpartnership.org/guidelines-and-templates>).

Fechas de Información de Datos de Actividad de Cambio de Uso							
Región	Fecha de Mapa 1	Fecha de Mapa 2	Fecha de Mapa 3	Año Inicial Periodo de Referencia	Año Final Periodo de Referencia	Interpolación Año de Inicio (b1)	Interpolación Año Final (b2)
Maule	1997	2009	2016	2001	2013	4	3
Biobío	1997	2008	2014			4	1
La Araucanía	1997	2007	2013			4	0
Los Ríos	1997	2006	2013			4	0
Los Lagos Norte	1997	2006	2013			4	0
Los Lagos Sur	1997	Sin información	2013			4	0

Tabla 1. Información histórica de Catastro Forestal utilizada en actividades y sub-actividades vinculadas a cambios de uso de la tierra.

Metodología de estimación por Cambios de Uso de la Tierra

Los **Datos de Actividad** o superficies sujetas a transformaciones de uso de la tierra fueron calculados utilizando como insumo base el Catastro Forestal de CONAF.

Se estimó el área de bosque convertido a otros usos de la tierra (tierras agrícolas, pastizales y/o asentamientos, además de plantaciones forestales) así como las conversiones de otros usos de la tierra a bosque. Esta sección incluye emisiones y absorciones por deforestación, sustitución, restitución

e incremento de superficie forestal según las definiciones descritas anteriormente.

Cada cobertura generada en el marco del Catastro Forestal contiene el uso de la tierra asociado de acuerdo con las categorías especificadas en el Manual del Catastro Forestal⁶, las cuales fueron reasignadas a diferentes usos de la tierra. De acuerdo con la estimación del uso de la tierra y el cambio, las áreas afectadas fueron establecidas para cada actividad del enfoque REDD+ como se especifica en la Tabla 2.

Uso de la Tierra de Catastro Forestal	Uso Inicial	Uso Final	Sub-actividad	Actividad REDD+
Bosque Nativo Adulto	Bosque	Plantaciones	Sustitución	Degradación
Bosque Mixto		Otros usos de la tierra	Deforestación	Deforestación
Plantaciones	Plantaciones	Plantaciones	No aplica	No aplica
		Otros usos de la tierra	No aplica	No aplica
		Bosque Nativo	Restitución	Aumento de las reservas forestales
Áreas Urbanas e Industriales	Otros usos de la Tierra	Bosque Nativo	Incremento superficie forestal	Aumento de las reservas forestales
Tierras agrícolas				
Matorral y Praderas		Plantaciones	No aplica	No aplica
Humedales				
Áreas desprovistas de vegetación				
Nieves y glaciares		Otros usos de la Tierra	No aplica	No aplica
Cuerpos de agua				

Tabla 2. Usos de la tierra registrados por el Catastro Forestal, reasignación de categorías y definición de actividad y sub-actividades REDD +.



⁶ Manual de Catastro Forestal <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/63-Anexo-Manual-Catastro-1995/file>



Para establecer la emisión unitaria por tipo de cambio de uso de la tierra, o **Factores de Emisión**, vinculados a las emisiones por deforestación y la sub-actividad de degradación por sustitución se utilizaron los datos de existencias de biomasa aérea y necromasa de bosque nativo estimados por región según el Inventario Forestal Continuo (Tabla 3). Para el caso de biomasa subterránea se utilizó el factor de relación raíz-tallo (0,29) desarrollado por Gayoso (2002).

Región	Biomasa (t ms ha ⁻¹)	Necromasa (t ms ha ⁻¹)	Total (t ms ha ⁻¹)
Maule	103,4	4,6	108,0
Biobío	192,9	10,0	202,9
La Araucanía	334,8	46,9	381,7
Los Ríos	422,6	117,4	540,0
Los Lagos	348,1	69,4	417,5

Tabla 3. Existencias de biomasa forestal, en toneladas de materia seca por hectárea, por región, desglosada por cada uno de los reservorios de carbono considerados en el análisis.

Para establecer la absorción unitaria por tipo de cambio, o **Factor de Absorción**, vinculada a la **restitución e incremento de superficie forestal** se utilizaron los datos de crecimiento promedio anual de la biomasa por hectárea para cada tipo forestal (Tabla 4), procedentes del Inventario Forestal Continuo a excepción del caso del Tipo Forestal Araucaria, que

toma como fuente un estudio sobre la Araucaria (*Araucaria araucana*) en el sur de Chile (Mujica, 2003).

Tipo de bosque	Renovo	Adulto
	(m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	
Alerce	0,45	0,45
Ciprés de Las Guaitecas	3,9	3,9
Araucaria	4,6	4,6
Ciprés de La Cordillera	4,7	3,9
Lenga	6,0	5,2
Coihue de Magallanes	6,1	4,6
Roble Hualo	4,6	3,0
Roble-Raulí-Coihue	6,1	5,0
Coihue-Raulí-Tepa	5,1	4,0
Esclerófilo	2,2	1,9
Siempreverde	5,8	3,2

Tabla 4. Incremento promedio anual, en metros cúbicos por hectárea y año, por tipo forestal.

También deben ser considerados las estimaciones de existencias de carbono para la clase "Otros usos de la tierra", después de los eventos de cambio de uso, asumiendo las estimaciones de estudios nacionales, investigaciones de otros países con características similares o valores por defecto del IPCC (Tabla 5). Para el caso de plantaciones, se asumió que las existencias de carbono directamente después de la sustitución son cero.



Uso de la tierra	Biomasa (t ms ha ⁻¹) ⁷	Necromasa (t ms ha ⁻¹)	Fuente
Asentamientos	2	0	INGEI (2014)
Terrenos Agrícolas	10	2	INGEI (2014)
Pradera	4,73	8,13	Gayoso (2006)
Matorral-Pradera	904	14,99	Gayoso (2006)
Matorral	904	14,99	Gayoso (2006)
Matorral arborescente	21,78	35,25	Gayoso (2006)
Matorral con suculentas	904	14,99	Gayoso (2006)
Suculentas	4,73	8,13	Suposición, igual a Pradera
Plantación de arbustos	904	14,99	Gayoso (2006)
Plantaciones	0	0	Decisión equipo técnico a cargo de elaborar NREF/NRF
Matorral arborescente	21,78	35,25	Gayoso (2006)
Matorral con suculentas	0	0	Supuesto
Suculentas	0	0	Supuesto
Plantación de arbustos	0	0	Supuesto
Plantaciones	0	0	Supuesto

Tabla 5. Existencias de biomasa forestal, en toneladas de materia seca por hectárea, por reservorios de carbono considerados en el análisis para Otros usos de la tierra.

En base a los **Datos de Actividad** (Figura 6) y **Factores de Emisión/Absorción** se estiman las emisiones y absorciones totales aplicando las ecuaciones estándar del IPCC (2006)⁸.



⁷ Unidades de biomasa y necromasa en [t ms ha⁻¹] corresponden a toneladas de materia seca por hectárea.

⁸ Todos los detalles metodológicos se encuentran en el documento "NREF/NRF Subnacional de Chile", en el siguiente link: <http://www.enccrv-chile.cl/descargas/publicaciones/35-nivel-de-referencia-de-emisiones-forestales/file>

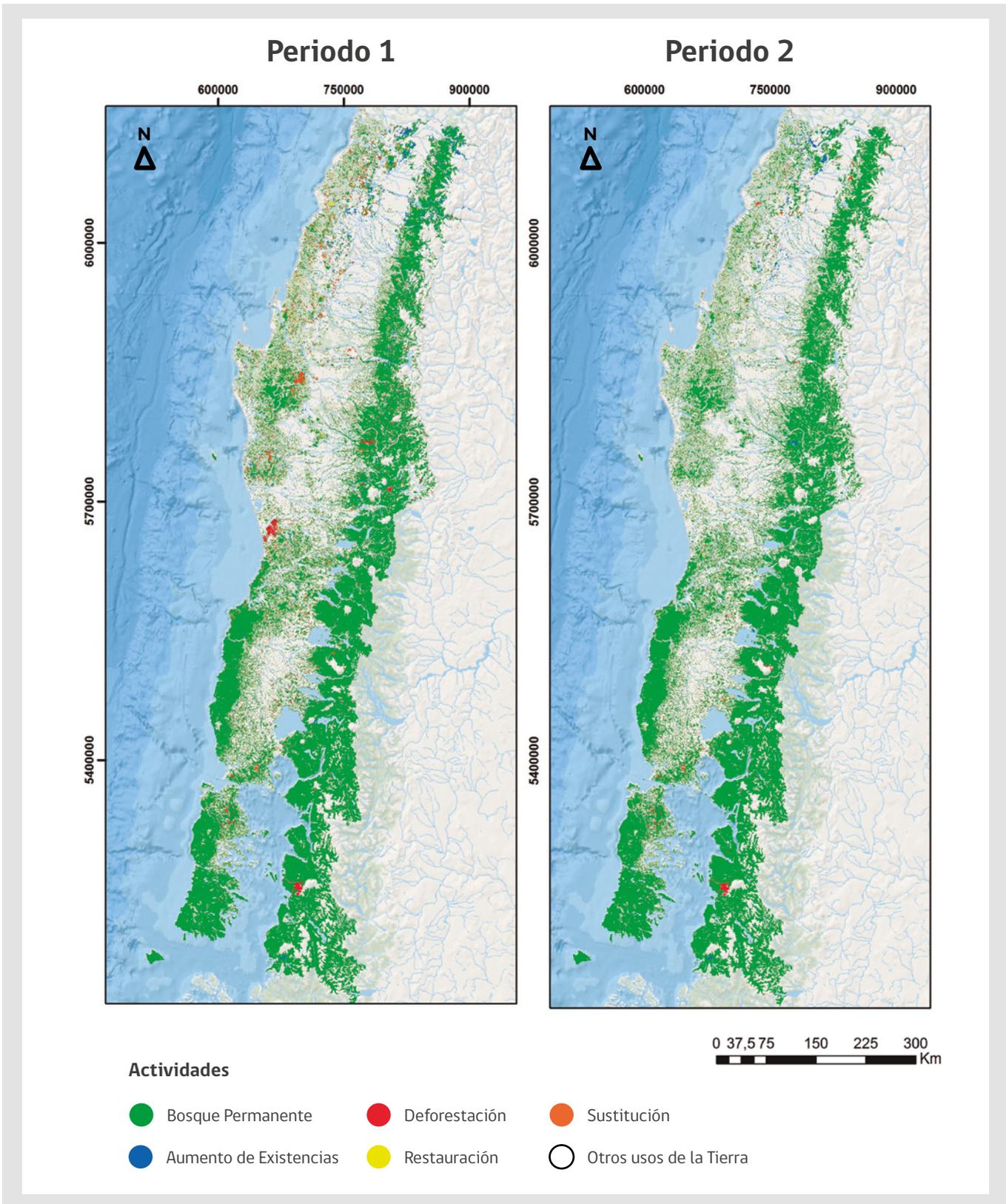


Figura 6. Mapa de datos de actividad vinculados a cambios de uso de la tierra para el área cubierta por el NREF/NRF Subnacional de Chile.

Metodología de estimación en Bosque Permanente

Para estimar los **Datos de Actividad** o área afectada por degradación en bosque permanente, recuperación de bosques degradados y conservación de bosques, se utilizó la metodología de diagramas de manejo de densidad (*Stocking Management Charts*) desarrollada originalmente por Gingrich (1967) y aplicada en Chile por Gezan *et al.* (2007), Bahamondez *et al.* (2009 y 2016) y Müller-Using *et al.* (2013). Esta metodología determina las condiciones silviculturales del bosque para un aprovechamiento óptimo del sitio, máximo volumen de existencias y mínima densidad para la recuperación de la densidad de rodal óptima. El sistema usa datos de número de árboles por hectárea, área basal y diámetro cuadrático medio obtenidos en parcelas del Inventario Forestal Continuo para estimar existencias de carbono para diferentes fechas coincidentes con las mediciones de campo del mismo.

Los datos de las parcelas de Inventario Forestal Continuo se representan en el diagrama de densidad, o carta de *stock*, de acuerdo al número de árboles, área basal por hectárea y diámetro cuadrático medio.

El diagrama de densidad considera varios umbrales para diferentes tipos de bosque y su estado en el momento de la medición, pudiendo distinguir entre parcelas degradadas y no degradadas (Bahamondez, 2009). En el caso de la metodología aplicada en el NREF/NRF, el umbral de densidad óptima, denominada línea B, será el que permita clasificar el estado de degradación en bosque permanente y la recuperación de bosques degradados.

La línea B representa el límite empírico en el que los árboles pueden desarrollarse y ocupar completamente la capacidad del sitio sin excesiva competencia (Gingrich, 1967). La delimitación de este umbral se estableció a través del trabajo de campo de expertos y es específico para cada tipo de bosque (INFOR, 2012). La línea B es considerada el umbral de la resiliencia natural de un bosque, por lo tanto no se recomienda realizar actividades de aprovechamiento productivo en bosques clasificados bajo esta línea (Figura 7)⁹.

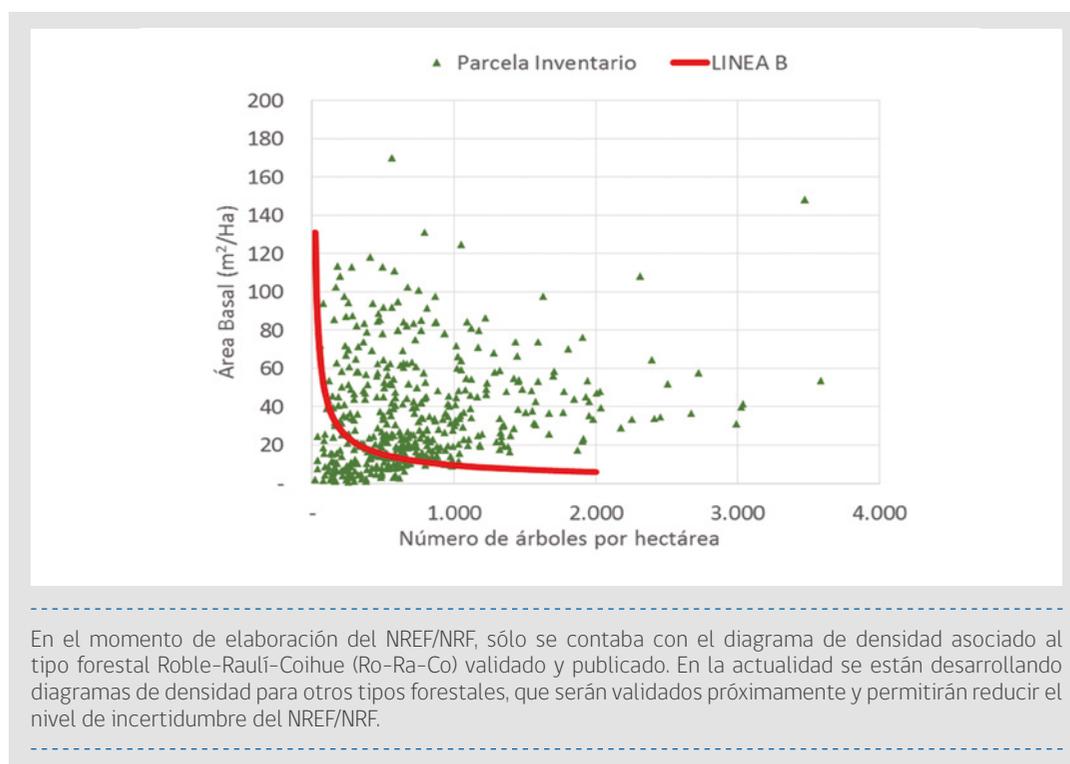


Figura 7. Gráfico de densidad y línea B. Basado en datos generados por mediciones de terreno del Inventario Forestal Continuo usados en el NREF/NRF.



⁹ Más información sobre los parámetros de la carta de densidad: <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/52-anexo-datos-inventario-continuo/file>

El diagrama de densidad es una herramienta que permite la descripción del estado de un bosque en un momento estático. Sin embargo las actividades y sub-actividades a analizar en el NREF/NRF son procesos que se desarrollan a través del tiempo. Por lo tanto, para determinar las parcelas sometidas a procesos de degradación o recuperación, se analiza el desplazamiento que han experimentado en el diagrama de densidad, causado por la variación del área basal y el número de árboles por hectárea entre dos mediciones (Figura 8, Tabla 6).

- Las parcelas que se desplazan hacia el eje de origen del diagrama, traspasando o manteniéndose por

debajo de la línea B, se consideran parcelas de degradación.

- Las parcelas que se alejan del eje de origen del diagrama, traspasando o manteniéndose por debajo de la línea B, se consideran parcelas de recuperación de bosques degradados.
- Las parcelas que se mueven por encima de la línea B, independientemente de la dirección, no se consideran en el NREF/NRF, ya que se considera que las variaciones son un efecto natural y las parcelas están dentro del umbral de resiliencia.

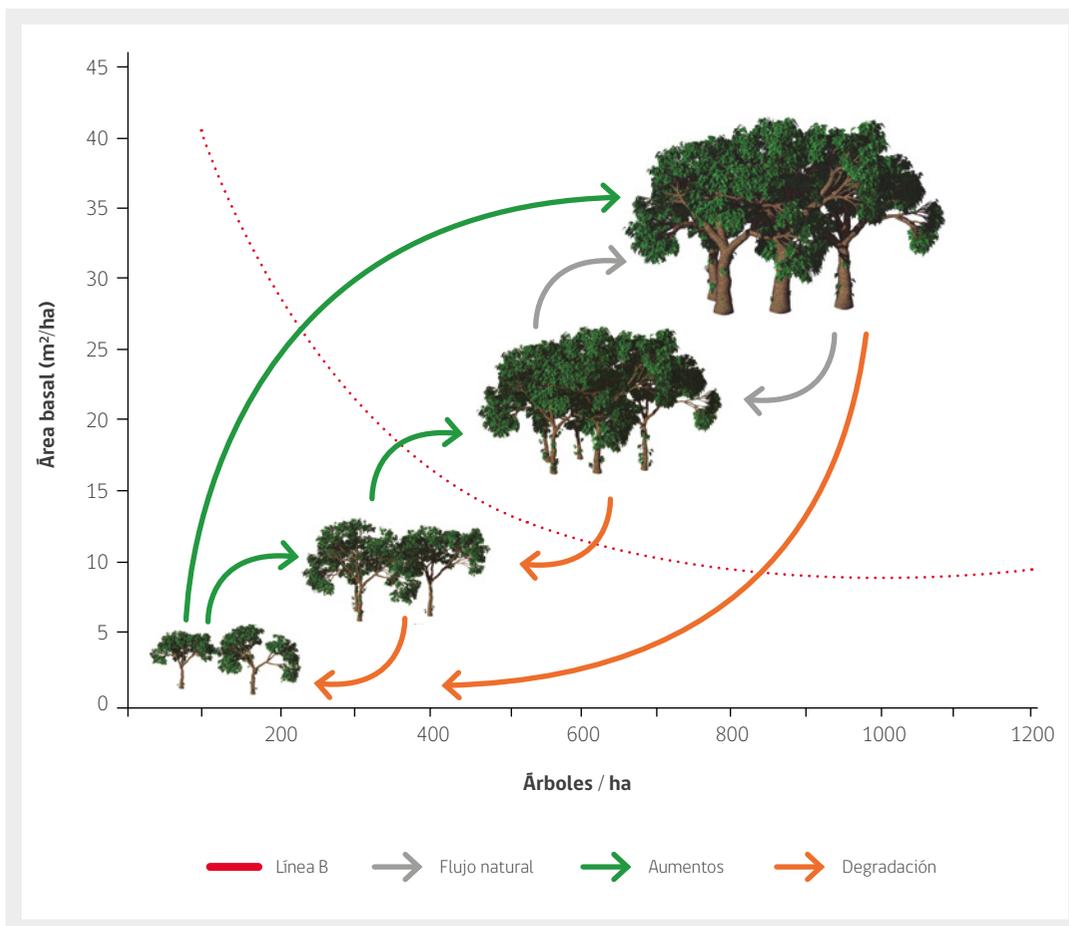


Figura 8. Ejemplo de flujos de carbono que representan aumentos (flecha verde) degradación (flecha naranja) y flujo natural (flecha gris).

Cambio de Localización en la Gráfico de Densidad	Flujo de CO ₂	Actividad Correspondiente
Sobre B en 2001 y bajo B en 2010	Emisión	Degradación
Disminuciones bajo B en 2001 y bajo B en 2010	Emisión	Degradación
Incrementos bajo B en 2001 y bajo B en 2010	Absorción	Aumento de las reservas forestales
Bajo B en 2001 y sobre B en 2010	Absorción	Aumento de las reservas forestales
Sobre B en 2001 y sobre B en 2010	No aplica	No contabilizado

Tabla 6. Posibles cambios en el gráfico de densidad entre los dos periodos de tiempo. Actividades REDD+ en las que son contabilizadas.

El diagrama de densidad registra la información dasométrica de parcelas recolectada durante el trabajo de campo, permitiendo generar estimaciones para estas parcelas, pero careciendo de información espacialmente explícita que cubra la totalidad del área de estudio.

Para obtener información espacialmente explícita que permita la estimación de superficies sujetas a cada una de las actividades detalladas anteriormente, se aplica un método de clasificación supervisada para extrapolación no paramétrica a los "K" vecinos más cercanos (K-*nn*), modificada según se detalla en Tomppo (1991). Este método se aplica ampliamente en el análisis de inventarios forestales y permite la extrapolación simultánea de las variables de estado en parcelas de muestreo, tales como el área basal y el número de árboles por hectárea.

Esta metodología es aplicada para la superficie de bosque permanente y posteriormente se realiza una estratificación para identificar las áreas de conservación (Figura 9). Para diferenciar las áreas de conservación se utilizan los mapas más recientes del Catastro Forestal de cada región para identificar la superficie total de los bosques de Tipos Forestales Alerce y Araucaria, compuestos principalmente por estas especies bajo protección legal y, por lo tanto conforman áreas de conservación. Los datos espaciales del Sistema Nacional de Áreas Silvestre Protegidas del Estado (SNASPE) también son extraídos del Catastro

Forestal, los cuales se utilizan para identificar las superficies de las áreas protegidas públicas. Los datos regionales sobre las superficies de áreas protegidas privadas se obtienen de las Áreas Protegidas Privadas.

Así, a partir de una cartografía digital *rasterizada* de la cubierta forestal, se identifican los píxeles afectados por degradación forestal y aquellos en proceso de recuperación de bosque degradado, tanto al interior como al exterior de áreas de conservación, estimando el flujo de carbono píxel a píxel. Para ello se utiliza una función de volumen de biomasa en base al área basal estimada, factores de expansión y factores de conversión para cada píxel, transformando posteriormente la cartografía de vegetación en existencias de carbono¹⁰ mediante la interpolación K-*nn*.

Para contabilizar las emisiones de GEI distintas al dióxido de carbono (NO-CO₂), producto de la combustión de biomasa forestal, se utilizaron los datos tabulares con información sobre el área afectada por incendios forestales en los Anexos del INGEI de Chile 2015. La fuente original de estos datos son las Estadísticas históricas forestales de CONAF y de Empresas desde 1985 al 2012. Los datos reportados incluyen las superficies anuales totales de incendios forestales en cada región entre 1971 y 2012. Sin embargo, en el NREF/NRF, sólo los datos de 2001 a 2010 se incluyeron para mantener la coherencia con el período de referencia del bosque permanente.



¹⁰ Los detalles metodológicos se encuentran en el documento "NREF/NRF Subnacional de Chile", en el siguiente link: <http://www.enccrv-chile.cl/descargas/publicaciones/35-nivel-de-referencia-de-emisiones-forestales/file>

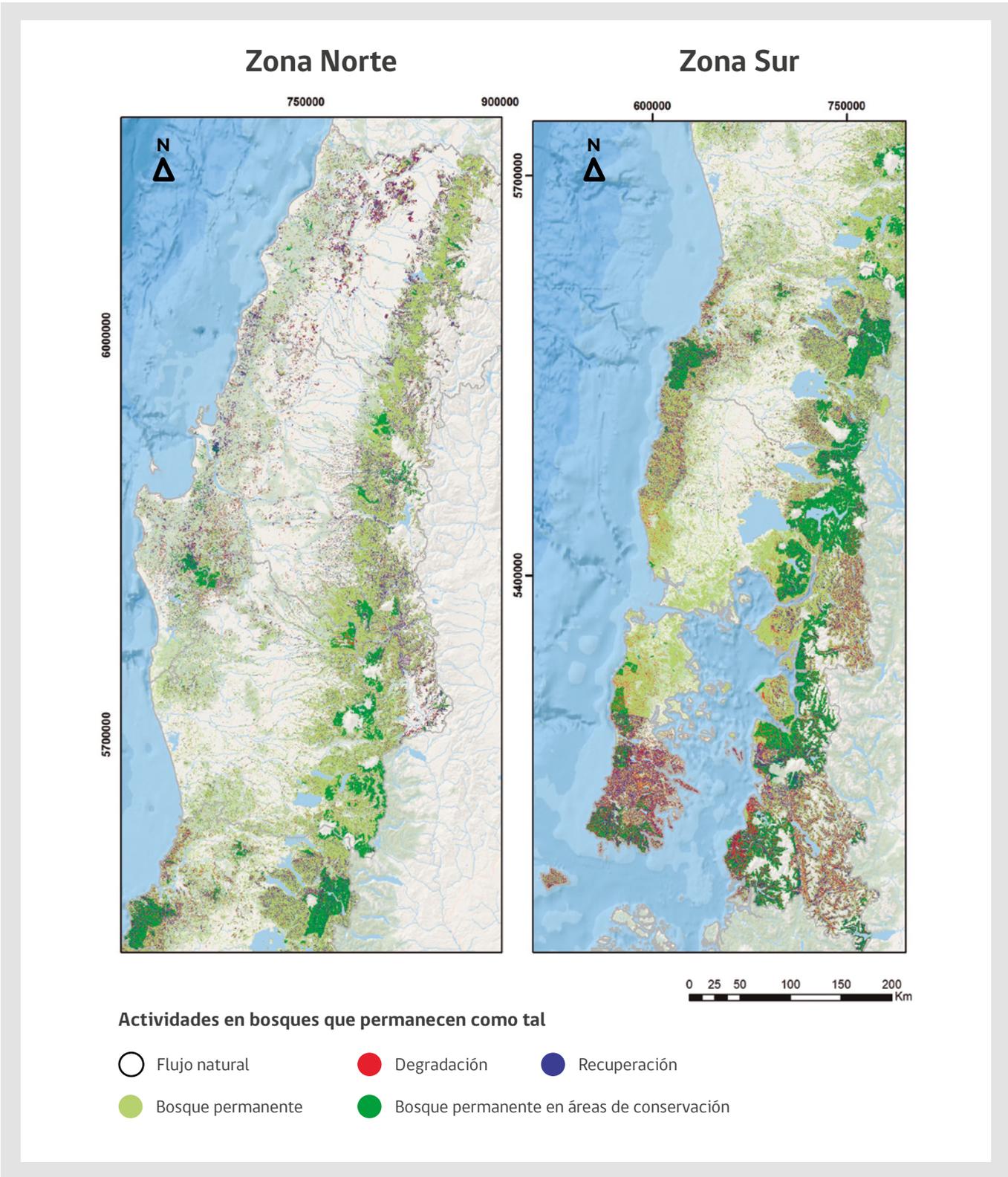


Figura 9. Mapa de datos de actividad en bosque permanente para el área cubierta por el NREF/NRF Subnacional de Chile.



Análisis de Incertidumbre

La incertidumbre constituye un elemento esencial en el NREF/NRF, ya que como toda estimación, éstas difieren del valor real subyacente, por lo que es necesario determinar el error. Algunas causas de incertidumbre son relativamente fáciles de caracterizar para la inclusión en la cuantificación de incertidumbre, como los errores de muestreo, la exactitud de los instrumentos, y la varianza estadística de los modelos. Otras causas, tales como el sesgo, son más complejas y su resolución de mayor dificultad.

Los procesos oficiales de revisión de la CMNUCC y del FCPF, coinciden en identificar como una debilidad en las primeras versiones del NREF/NRF subnacional de Chile la falta de profundidad en el análisis de incertidumbre realizado, siendo ésta una circunstancia habitual en los reportes de todos los países, y que se ve incrementada por el uso de información histórica, diseñada para otros efectos, y de la cual en muchos casos, no se dispone de las bases de datos originales. Por este motivo el equipo técnico realizó una mejora sustancial del reporte, generando nueva y más detallada información en la temática de estimación de incertidumbre.

En el análisis de incertidumbre se incluyeron todas las potenciales **fuentes de error** y se estimó la **precisión** de la información utilizada, para posteriormente realizar un análisis de la **propagación del error** y obtener así el valor de incertidumbre final.

Dentro de las **fuentes de error** vinculadas a **Datos de Actividad**, se llevó a cabo un análisis de exactitud de los mapas de cambio de uso y sub-uso de la tierra procedentes del Catastro Forestal en base a la metodología definida en Olofsson *et al.*, (2014), validando los tipos de cambio de uso y sub-uso de la tierra con la herramienta Collect Earth, mediante el análisis de más de 4.500 polígonos que representan una superficie superior a las 90.000 hectáreas.

Además, para las actividades en bosque permanente se incluyó el error de desempeño radiométrico y geométrico de las imágenes satelitales utilizadas, el error en el mapeo de píxeles degradados con más 600 puntos de control y el error en la superficie de incendios forestales reportada.

Con respecto a las fuentes de error vinculadas a contenidos de carbono o **Factores de Emisión**, se tuvo en cuenta la incertidumbre debido a los errores en las mediciones de campo, errores en las funciones volumétricas para la estimación de biomasa, incertidumbre del factor de expansión de bosque nativo, densidad básica de las especies nativas, factor de relación raíz-tallo para el bosque nativo, estimación de necromasa y, la estimación de biomasa de otros usos de la tierra.

La incertidumbre total del NREF/NRF fue estimada aplicando los métodos de propagación de error descritos por IPCC (2006):

Propagación de errores sin ponderación

Utilizada cuando los parámetros son directamente multiplicados para estimar el resultado final. Por ejemplo, para estimación de emisiones por deforestación se realiza una multiplicación directa de pérdida de bosque por el factor de emisión resultante de este cambio de uso y de cobertura del suelo.

Propagación de errores ponderada

Utilizada cuando los parámetros son sumados para estimar el resultado final. Por ejemplo, remociones por aumentos de carbono forestal resultado de la suma directa de los aumentos por conversión de no-bosque a bosque, y aumentos en bosques que permanecen como tales.

8. Resultados

Los resultados obtenidos en la construcción del NREF/NRF subnacional de Chile, indican que las emisiones promedio por deforestación a escala subnacional suponen cerca de 3,5 millones tCO₂eq anuales, situándose por debajo de las emisiones por sustitución que superaron los 4,0 millones tCO₂eq anuales y de degradación forestal en bosques permanentes, cercanas a los 5,0 millones tCO₂eq anuales (Tabla 7).

Las absorciones son generadas principalmente por la recuperación de bosques degradados, las cuales alcanzan un promedio superior a los 9,0 millones de tCO₂eq anuales. En tanto la restitución y el incremento de superficies forestales presentan absorciones inferiores a los 0,2 y 0,8 millones de tCO₂eq anuales, respectivamente. En las áreas de conservación, el flujo neto refleja un promedio de absorciones cercano a los 2,5 millones de tCO₂eq anuales (Tabla 8).

Región	Actividad							
	Deforestación		Sustitución		Degradación en bosque permanente		Incendios	
	Área Deforestada (ha año ⁻¹)	Emisiones (tCO ₂ eq año ⁻¹)	Área Degradada (ha año ⁻¹)	Emisiones (tCO ₂ eq año ⁻¹)	Área Degradada (ha)	Emisiones (tCO ₂ eq año ⁻¹)	Área Degradada (ha año ⁻¹)	Emisiones (tCO ₂ eq año ⁻¹)
Maule	872	84.983	3.170	434.685	53.666	169.708	599	4.582
Biobío	1.416	396.645	4.570	978.618	62.399	213.428	1.237	17.843
La Araucanía	1.630	1.059.067	2.525	1.413.313	34.183	435.415	2.116	58.616
Los Ríos	751	644.696	920	774.622	42.905	592.373	151	6.085
Los Lagos Sur	585	401.230	459	181.556	268.078	3.551.324	782	23.977
Los Lagos Norte	1.216	866.265	277	293.246				
Total	6.470	3.452.886	11.921	4.076.040	461.231	4.962.248	4.884	111.103

Tabla 7. Superficie y emisiones por región y subactividad para el área cubierta por el NREF/NRF Subnacional de Chile.

Región	Actividad							
	Incremento de superficie forestal		Restitución		Recuperación de bosques Degradados		Conservación	
	Área (ha año ⁻¹)	Emisiones (tCO ₂ eq año ⁻¹)	Área (ha año ⁻¹)	Emisiones (tCO ₂ eq año ⁻¹)	Área Degradada (ha)	Emisiones (tCO ₂ eq año ⁻¹)	Área de Conservación (ha)	Emisiones (tCO ₂ eq año ⁻¹)
Maule	6.949	-344.834	934	-46.346	34.903	-790.982	17.803	-14.780
Biobío	2.763	-132.910	1.452	-69.860	417.846	-1.079.374	97.255	-72.359
La Araucanía	2.530	-158.175	499	-31.156	118.176	-1.328.564	164.340	-334.741
Los Ríos	690	-40.371	222	-12.985	17.468	-1.968.685	225.862	-710.081
Los Lagos Sur	615	-33.806	83	-4.548	89.276	-3.953.636	930.671	-1.298.478
Los Lagos Norte	283	-15.782	0	0				
Total	13.830	-725.878	3.190	-164.895	461.231	-9.121.241	1.435.931	-2.430.439

Tabla 8. Superficie y absorciones por región y subactividad para el área cubierta por el NREF/NRF Subnacional de Chile.

Las estimaciones de emisiones y absorciones totales reflejan que las mayores emisiones de carbono forestal en el área de estudio están vinculadas a la degradación con más de 9 millones de tCO₂eq anual. Las absorciones por aumento de reservas forestales

y conservación son cercanas a las emisiones totales (Tabla 9). El NREF/NRF fue proyectado como el promedio de las emisiones y absorciones históricas hasta 2025 (Figura 10).

Región	Actividad (tCO ₂ eq año ⁻¹)			
	Deforestación	Degradación	Aumentos	Conservación
Maule	84.982	608.976	-1.182.162	-14.780
Biobío	396.645	1.209.890	-1.282.143	-72.359
La Araucanía	1.059.067	1.907.344	-1.517.894	-334.741
Los Ríos	644.696	1.373.080	-2.022.041	-710.081
Los Lagos	1.267.494	4.050.103	-4.007.772	-1.298.478
Total	3.452.884	9.149.392	-10.012.012	-2.430.439

Tabla 9. Promedio de emisiones y absorciones históricas por actividad y región para el área cubierta por el NREF/NRF Subnacional de Chile.

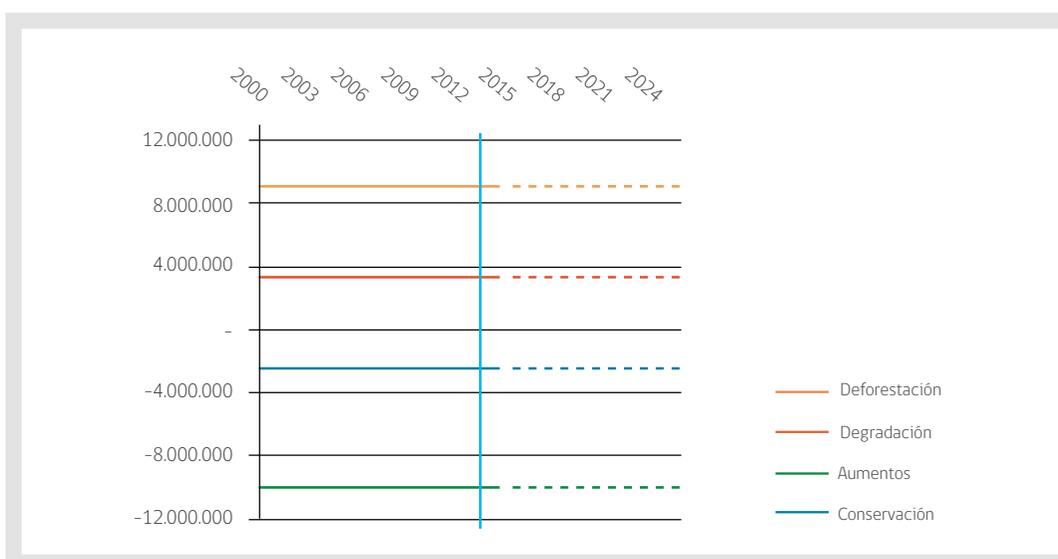
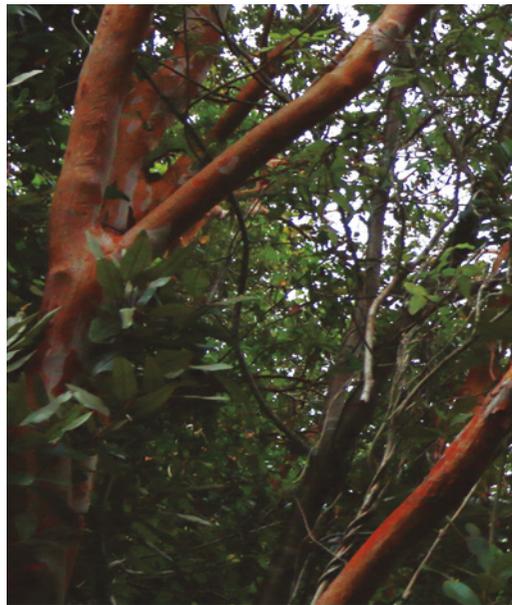


Figura 10. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal subnacional de Chile. (NR: Nivel de Referencia).

La incertidumbre total consiste en la propagación del error de las incertidumbres de las sub-actividades descritas anteriormente. La propagación del error fue ponderada de acuerdo a las emisiones/absorciones absolutas de cada actividad, resultando en una incertidumbre total de 33,3% (Tabla 10).

Subactividad	Parámetro	Incertidumbre (%)	Ponderación (Valor Absoluto)
Deforestación	$U_{\text{Deforestación}}$	17,93%	3.452.885,1
Degradación por sustitución	$U_{\text{Deg_Sustitución}}$	15,60%	4.076.040,0
Degradación por incendios forestales	$U_{\text{Deg_Incendios}}$	27,37%	222.206,9
Degradación en bosque permanente	$U_{\text{Deg_Extracción}}$	82,39%	4.962.248,1
Aumentos de no-bosque a bosque	$U_{\text{Aumentos_NB-B}}$	23,37%	890.772,9
Aumentos en bosque permanente	$U_{\text{Aumentos_B-B}}$	82,39%	9.121.239,4
Conservación	$U_{\text{Conservación}}$	64,76%	5.003.601,3
Incertidumbre total	U_{TOTAL}	33,29%	

Tabla 10. Incertidumbre por estimación de emisiones asociada a cada actividad e incertidumbre propagada.



Como se puede apreciar en la Figura 11, las emisiones y absorciones reportadas en el NREF/NRF subnacional de Chile están muy por debajo de países con superficies forestales mucho más extensas como los bosques amazónicos de Brasil, Perú o Colombia, o los bosques tropicales en África, Asia y Oceanía. Sin embargo y como se ha demostrado en los megaincendios forestales acaecidos durante el verano de 2017, Chile es uno de los países de mayor vulnerabilidad ante el cambio climático por las características de su geografía, clima y el alto grado de endemismo de

las especies vegetales que componen su flora. Por lo tanto, la reducción de emisiones y aumento de absorciones producto de la implementación de las medidas de acción de ENCCRV, no solo contribuye a la mitigación del cambio climático global, sino que también adquiere una gran relevancia para fomentar la generación y mantención de otros beneficios ambientales y sociales como la biodiversidad, la producción de agua o la mejora de las condiciones económicas y sociales de campesinos y poblaciones rurales.

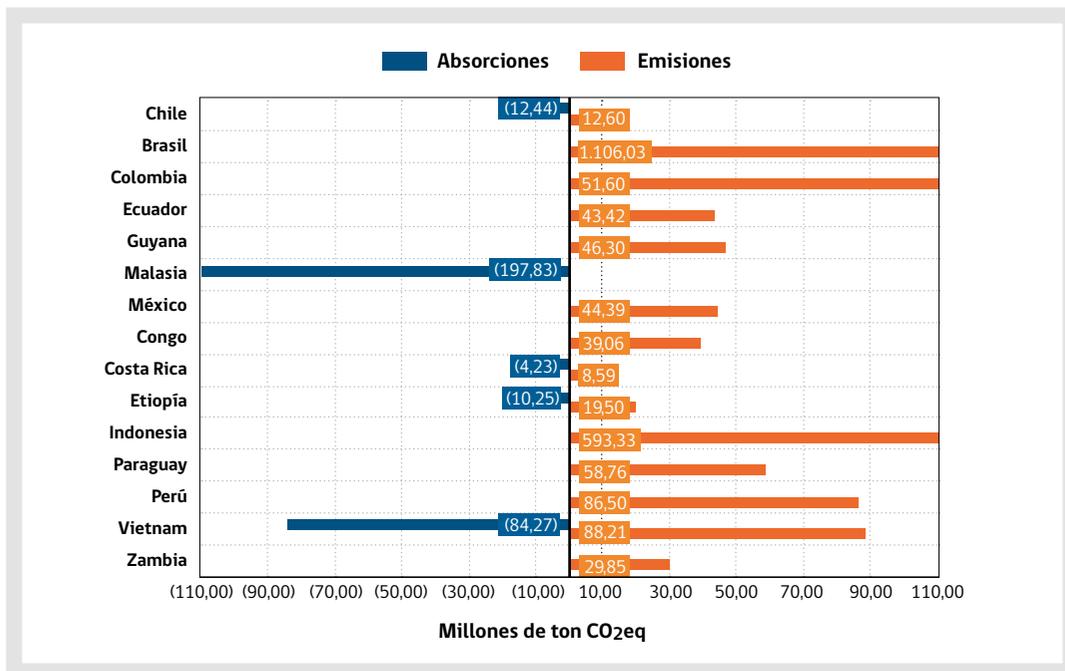


Figura 11. Emisiones y absorciones reportadas por cada país en su respectivo NREF/NRF.



9. Proceso de Análisis y Evaluación Técnica

El NREF/NRF Subnacional de Chile fue elaborado con el objetivo de dar respuesta a los requerimientos establecidos en dos instancias diferenciadas:

- El Marco de Varsovia para REDD+, establecido mediante las decisiones 9/CoP.19 a la 15/CoP.19 de la CMNUCC en Varsovia, Noviembre 2013.
- El Marco Metodológico del Fondo de Carbono del FCPF, acordado por el Comité de Participantes en Diciembre de 2013.

Cada una de dichas instancias, establece sus propios procesos de análisis, evaluación o revisión técnica.

Proceso de Análisis Técnico de Niveles de Referencia de la CMNUCC

En enero de 2016, Chile consignó ante el Secretariado de la CMNUCC su NREF/NRF subnacional, iniciándose así el proceso de Análisis Técnico establecido por la Convención. El Equipo Técnico (AT, por sus siglas en inglés), coordinado por el Secretariado de la Convención, estuvo conformado por Walter Oyhantçabal (Uruguay) e Inge Jonckheere (Bélgica) expertos internacionales independientes del Sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) pertenecientes al panel de expertos de la CMNUCC, con la participación como observador de Kamal Djemouai (Argelia), miembro del Grupo Consultivo de Expertos en Comunicaciones Nacionales de Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención.

En marzo de 2016, se celebró la Sesión de Análisis Técnico en Bonn (Alemania), instancia que tiene por objetivo un análisis profundo que permita orientar la búsqueda de aclaraciones adicionales por parte de los países. Durante la sesión, el AT mantuvo dos comunicaciones con el Equipo Técnico de Chile, las cuales sirvieron para aclarar decisiones del país

basadas en las circunstancias nacionales, profundizar en las metodologías aplicadas, fuentes de información disponibles y periodos de referencia propuestos.

Tras el envío de información adicional por parte de Chile y una nueva comunicación directa entre las partes, en junio de 2016, el AT realizó una serie de recomendaciones a Chile orientadas principalmente a la integración de los protocolos metodológicos con el objetivo de alcanzar mayor transparencia, profundizar en el análisis de incertidumbre y homogeneizar los periodos de análisis. Estas indicaciones apuntaban a reducir la variabilidad de la información producto de la heterogeneidad de los periodos de medición y monitoreo de Catastro Forestal en las regiones incluidas en el área de análisis.

El total de recomendaciones fueron abordadas por Chile, realizando una detallada edición del documento para incluir los protocolos metodológicos, profundizando en el análisis de incertidumbre y homogeneizando, mediante la aplicación de

métodos recomendados por el IPCC, los periodos de referencia, e incorporando un capítulo específico de "Necesidades de creación de capacidades". Estas modificaciones significaron que Chile realizara una nueva consignación en agosto de 2016.

El NREF/NRF modificado, fue analizado por el AT, generando el reporte final de análisis técnico que, tras ser revisado y aceptado por parte de Chile, fue publicado en conjunto con el NREF/NRF Modificado

en la plataforma web para REDD+ de la CMNUCC en febrero de 2016¹³.

Así, Chile superó de forma satisfactoria el Proceso de Análisis Técnico de la CMNUCC tras un período de más de un año de incorporación y desarrollo de mejoras en el trabajo presentado, hito de gran relevancia como queda demostrado en la carta de felicitación y agradecimiento de la Secretaria Ejecutiva de la CMNUCC, Sra. Patricia Espinosa (Figura 12).

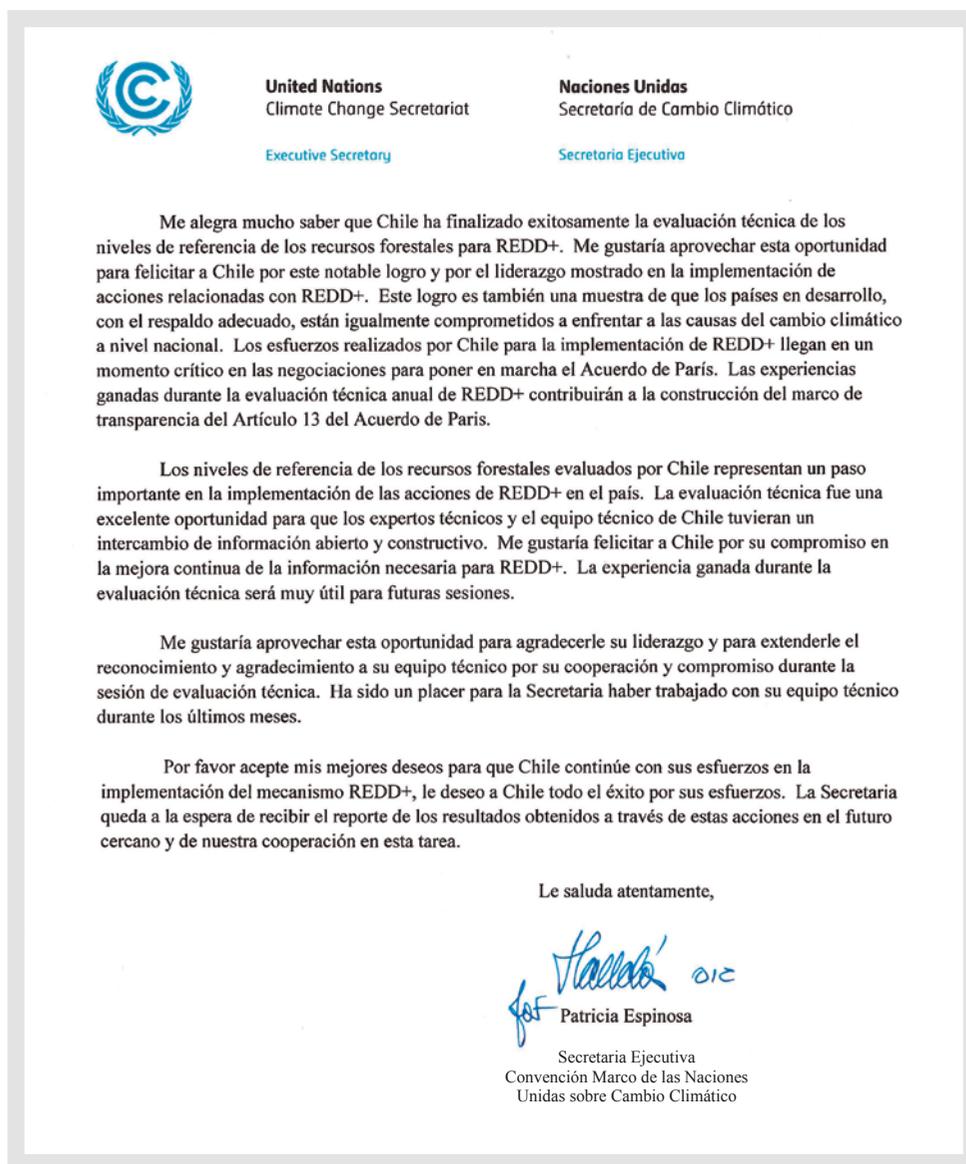


Figura 12. Carta de felicitación de la Secretaria Ejecutiva de la CMNUCC por la consecución satisfactoria del proceso de Análisis Técnico de NREF/NRF.

¹³ Reporte final del Análisis Técnico de NREF/NRF: <http://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/chl.pdf>

Proceso de Revisión del Panel de Asesoramiento Técnico (TAP por sus siglas en inglés) del Fondo de Carbono del FCPF

De forma paralela al Proceso de Análisis Técnico de la Convención descrito, Chile, como país participante del Fondo de Carbono del FCPF, elaboró y sometió a revisión su Documento de Programa de Reducción de Emisiones (ERPD, por sus siglas en inglés), donde se incluye un capítulo específico sobre el NREF/NRF. El proceso de Revisión Técnica fue llevado a cabo por el *Technical Advisor Panel* (TAP), compuesto por Ben H.J. de Jong (Holanda) y Agustín Inthamoussu (Uruguay) expertos en metodologías de contabilidad de carbono, Ludovino Lopes (Brasil) experto en aspectos legales, Angelika Kandzior (Alemania) experta en aspectos de salvaguardas y Fernando Santibáñez (Chile) como experto local. El análisis del TAP, pretende analizar el nivel de cumplimiento del ERPD con respecto al Marco Metodológico del FCPF, documento que considera un total de 78 criterios o indicadores, de los cuales 43 corresponden a la temática de contabilidad de carbono.

Tras el envío del primer borrador del documento en mayo de 2016, durante el mes de julio del mismo año, tuvo lugar una sesión de revisión presencial de una semana en Chile en la que el equipo de expertos recibió información y aclaraciones adicionales. Finalizado ese proceso en agosto de 2016, se hizo público el primer reporte del TAP, donde el análisis de los expertos en la temática de contabilidad de carbono identificó 24 indicadores como cumplidos, 10 como no aplicables y 9 como no cumplidos.

Los indicadores identificados como no cumplidos, coincidían con aquellas temáticas identificadas por el Equipo de Análisis Técnico de la CMNUCC, específicamente en aspectos asociados al nivel de incertidumbre.

Junto con la modificación del NREF/NRF presentado a la Convención, el Equipo Técnico Nacional, mejoró el documento presentado al FCPF, reduciendo a 4 los indicadores no cumplidos en el análisis realizado por el TAP en noviembre de 2016.

En diciembre de 2016, durante la reunión de Fondo de Carbono llevada a cabo en Washington D.C., Estados

Unidos, se entregó información adicional y se realizaron propuestas de carácter técnico para responder a las observaciones a estos 4 indicadores aún no cumplidos, los que se vinculaban a temáticas de estimación de incertidumbre, aceptándose satisfactoriamente las clarificaciones brindadas por el equipo técnico nacional, por parte del TAP, representantes de países desarrollados, otros donantes y participantes de organizaciones de la sociedad civil.

Este hecho fue clave para que **Chile obtuviera una Resolución¹⁵ de Aprobación Sin Condiciones por parte del Secretariado del Fondo de Carbono**, siendo el primer país en desarrollo participante en esta instancia en lograr tal hito, lo que permite iniciar las negociaciones para la eventual firma de Acuerdo de Pagos por Reducción de Emisiones (ERPA, por sus siglas en inglés)¹⁶.

“Destaco la buena comunicación, capacidad y voluntad del equipo técnico de Chile para implementar las mejoras sugeridas en el proceso de revisión”.

Ben de Jong, Líder del TAP

“Remarco el buen trabajo realizado por los profesionales de esta área, el cual se ve reflejado en la consistencia, transparencia y completitud del documento. Además, el equipo no solo mostró un amplio conocimiento del tema durante la visita al país, sino que trabajó profesionalmente y con celeridad en el correcto levantamiento de las observaciones. La fluida comunicación y su dedicación hizo posible que la revisión se pudiera realizar en tiempo y forma”.

Agustín Inthamoussu, Experto en contabilidad de carbono del TAP



¹⁵ https://www.forestcarbonpartnership.org/sites/fcp/files/2016/Dec/FCPF_CFM15_Resolution_1_Chile%20FINAL.pdf

¹⁶ El Acuerdo de Programa de Reducción de Emisiones (ERPA, por sus siglas en inglés) es un contrato para la venta y comercialización de una cantidad acordada de emisiones reducidas generadas en el Programa de Reducción de Emisiones por un periodo establecido, que: 1) determina responsabilidades, derechos y obligaciones; 2) provee financiamiento al Programa de Reducción de Emisiones y; 3) gestiona y redistribuye el riesgo del Programa.



10. Expansión y Mejora Continua

El NREF/NRF de Chile se desarrolló bajo un enfoque step wise, o de mejora continua, con el objetivo de incorporar mejoras en base a la optimización de los métodos aplicados y el desarrollo de información más precisa, así como la expansión del NREF/NRF a escala nacional.

De cara a las actividades relacionadas con la expansión del NREF/NRF, se considera de alta relevancia la mejora de las capacidades técnicas institucionales y nacionales, a través de la generación de una masa crítica que pueda hacer frente a los compromisos, tanto al interior de la CONAF, como en otras instituciones vinculadas a la gestión de recursos naturales pertenecientes al Estado de Chile, y del ámbito académico.

Las mayores dificultades experimentadas en el desarrollo del NREF/NRF han sido identificadas en el área de la estimación de la incertidumbre y la inexistencia de cartografía para la gestión territorial a escala predial, por lo que se considera importante desarrollar mayores capacidades en la formación de profesionales, integrando expertos en inventarios forestales y estadística de muestreo forestal dentro del equipo técnico.

Es de especial interés el análisis de tecnologías satelitales activas, como RADAR y LIDAR, para el análisis de flujos de carbono en bosques permanentes en áreas con alta probabilidad de cobertura nubosa,

principalmente la macrozona Austral de Chile, así como el análisis de las fuertes variaciones fenológicas en la vegetación.

Existen una serie de áreas de mejoras técnicas que están en proceso de análisis y discusión, entre las cuales destacan las siguientes:

- La temporalidad y escala de las actualizaciones de Catastro Forestal aún presentan un importante grado de irregularidad, por lo que se considera fundamental el desarrollo de herramientas y metodologías para la actualización sistemática del Catastro Forestal para la estimación de datos de actividad vinculados a cambios de uso de la tierra.
- El uso de imágenes satelitales es fundamental en las metodologías aplicadas, por lo que la automatización de actividades para el pre-procesamiento y análisis permitiría una optimización de los tiempos y costos, además de una homogenización de los protocolos que aumentarían significativamente la transparencia y replicabilidad de los resultados y procesos.
- La estimación de umbrales de degradación forestal en bosques permanentes se basó en el diagrama de densidad del tipo forestal Roble-Raulí-Coihue, por lo que es necesario el desarrollo de diagramas de densidad específicos para el resto de tipos forestales.



- Existen brechas significativas de información disponible y circunstancias subnacionales específicas vinculadas a la alta variabilidad ecosistémica de Chile, lo cual hace necesario profundizar en el análisis de metodologías para la estimación de flujos de carbono en bosques permanentes en diferentes áreas subnacionales. De especial interés, es la macrozona Austral, que alberga cerca del 50% del bosque nativo de Chile y cuyas condiciones geográficas y climáticas dificultan significativamente la adquisición de datos de forma directa y remota.
- La difusión de los resultados y la aplicación práctica de la información generada como herramienta para la toma de decisiones y ejecución de actividades en terreno requiere de la generación de una plataforma integrada que permita el almacenamiento, la generación semi-automatizada de reportes y visualización, tanto espacial como de bases de datos, de los resultados a diferentes niveles de usuario.
- La generación de nueva información vinculada a los flujos de carbono orgánico del suelo, con la perspectiva de aumentar el carácter de completitud del NREF/NRF y que dé soporte a otros reportes que Chile debe presentar ante instancias internacionales como el INGEI o el mecanismo de Degradación Neutral de Tierra (LDN por sus siglas en inglés) de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD).

En la actualidad, a través de diversos apoyos internacionales enmarcados en la ENCCRV, se están

desarrollando una serie de trabajos orientados a reducir las brechas y necesidades identificadas en el proceso de construcción de NREF/NRF.

- Con el objetivo de generar actualizaciones bienales nacionales del Catastro se están desarrollando una serie de iniciativas orientadas a la identificación de metodologías y herramientas adecuadas para ello:
 - Apoyo de un equipo de profesionales designados a estas labores, integrados en el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales de CONAF, financiados a través del proyecto con recursos del Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) denominado "Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (SIMEF)".
 - Análisis de fuentes de información y desarrollo de algoritmos semi-automatizados para el procesamiento de imágenes satelitales ópticas, tanto a través de Google Earth Engine, como de sistemas basados en software libre, mediante actividades enmarcadas en el Proyecto de financiamiento GEF, Manejo Sustentable de la Tierra, y programas de capacitación realizados con fondos de Asistencia Técnica de FAO.
 - Análisis de factibilidad para la integración de la herramienta Collect Earth, como uno de los elementos para aumentar la frecuencia de actualización del Catastro Forestal a nivel de uso del suelo con el apoyo de FAO.

- Con el objetivo de estimar las emisiones y/o absorciones de carbono vinculadas a la actividad de manejo sustentable de los bosques, se está trabajando en la georreferenciación de los polígonos de predios y rodales sobre los que se han ejecutado planes de manejo entre 2001 y 2016 en las regiones entre el Maule y Los Lagos. Este trabajo se está financiado con recursos provenientes del FCPF, y cuentan con el apoyo técnico del Centro de Estudios Ambientales EULA de la Universidad de Concepción.
- En el segundo semestre del año 2017 se finalizará el proceso para la expansión del NREF/NRF a las regiones de la macrozona Mediterránea de Chile (regiones de Valparaíso, O'Higgins y Metropolitana). De forma paralela se ha realizado el análisis de brechas para las regiones de la macrozona Austral, regiones de Aysén y Magallanes, y se espera obtener los primeros avances para finalizar en la consignación del NREF/NRF Nacional durante el año 2018.
- Durante 2016, a través del Fondo de Investigación de la Ley de Bosque Nativo se desarrolló el diagrama de densidad para el Tipo Forestal Lenga, la que deberá ser validada durante 2017. Posteriormente se desarrollarán diagramas de densidad para los principales tipos forestales del país.
- De forma paralela, se han realizado las siguientes capacitaciones específicas para profesionales de CONAF:
 - Curso de Capacitación en Inventario de GEI y Niveles de Referencia. Octubre de 2016, realizado por Aether España y GHG Institute.
 - Capacitación en Google Earth Engine. Noviembre de 2016, realizado por expertos de la Universidad de Gottingen.
 - Capacitación en SEPAL/Google Earth Engine. Enero de 2017, realizada por expertos de FAO.
- Durante noviembre de 2016 se han realizado actividades de intercambio de experiencias con expertos del área de monitoreo forestal de Estados Unidos, China, España, México y Reino Unido en el marco del Congreso Internacional ForestSAT2016, donde participó parte del equipo técnico de CONAF.
- Durante el año 2016 el equipo técnico de CONAF, ha participado en actividades internacionales, de forma presencial y online, con el doble objetivo de aumentar las capacidades técnicas y difundir los avances logrados como instrumento de cooperación Sur-Sur en el marco de las acciones que se han emprendido para implementar la ENCCRV.





Corporación Nacional Forestal

Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA)

Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF)

Corporación Nacional Forestal (CONAF)

Ministerio de Agricultura de Chile

www.enccrv-chile.cl

www.conaf.cl

Paseo Bulnes 377, Oficina 207

Santiago de Chile