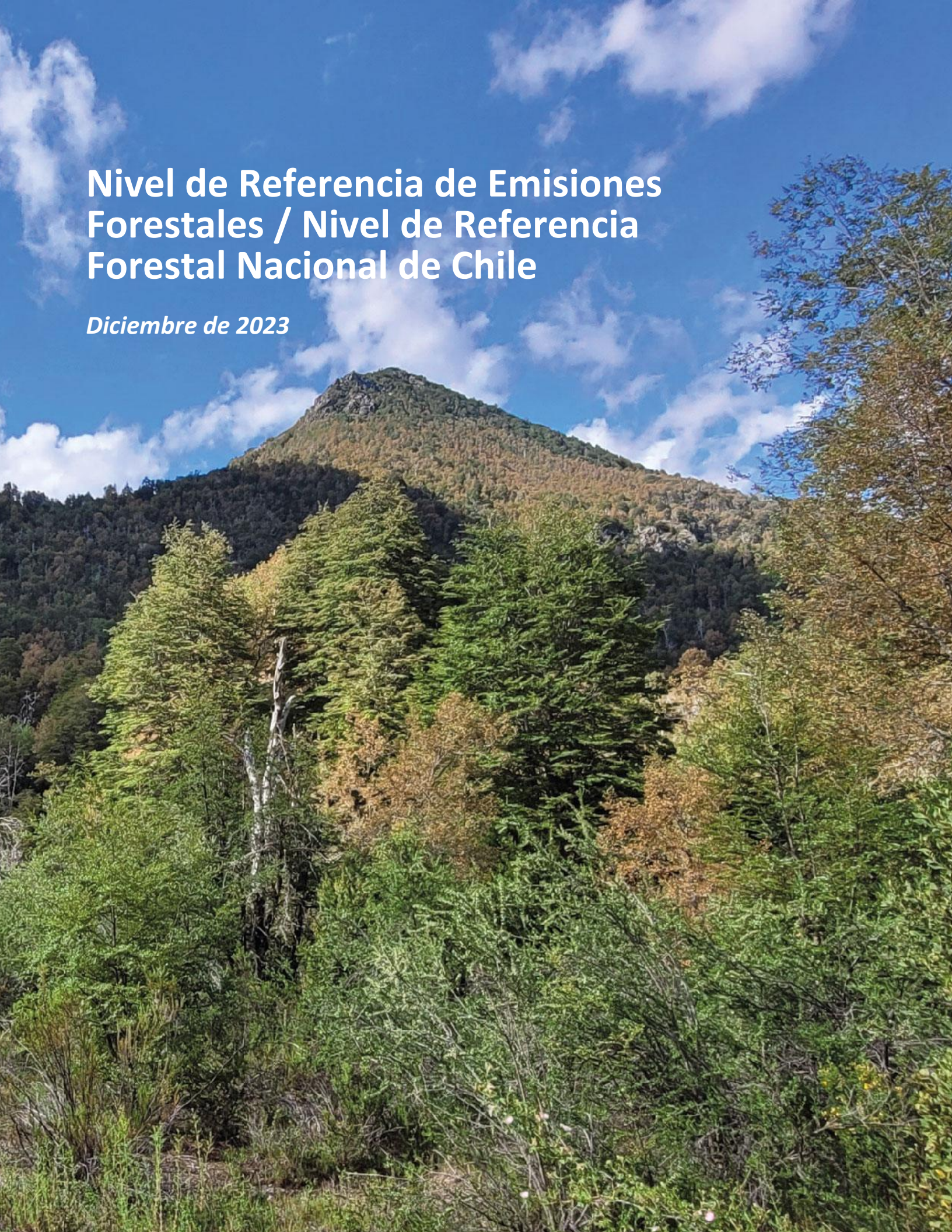


Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal Nacional de Chile

Diciembre de 2023





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

Diciembre de 2023

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

Autores: Noelia Espinosa, Ana Rickmers, Georgina Trujillo

Edición: Gabriela Soto Nilo, Noelia Espinosa

Departamento de Cambio Climático y Servicios Ecosistémicos, Gerencia de Conservación de Ecosistemas Boscosos y Xerofíticos, Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

Contribuciones y aportes

Daniel Montaner Fernández, Consultor Especialista MRV, **FAO Chile**

Yasna Rojas, Carlos Bahamóndez y Rodrigo Sagardía, **Instituto Forestal de Chile**

María García-Espinosa, Especialista REDD+ **FAO América Latina y Caribe**

Elke Huss y Mauricio Gómez, **Departamento de Monitoreo de Ecosistemas y Cambio Climático, CONAF**

Julián Gonzalo, German Obando y José María Michel, equipo **The World Bank**

Agradecimientos especiales a:

Proyecto Sistema de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (SIMEF)

Fondo Cooperativo del Carbono Forestal (FCPF)

Propiedad de la Corporación Nacional Forestal de Chile, Ministerio de Agricultura

Tabla de contenidos

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	ANTECEDENTES.....	7
2.1	Circunstancias Nacionales	7
2.1.1	Institucionalidad.....	7
2.1.2	Legislación	10
2.1.3	Contribución Nacionalmente Determinada de Chile NDC	14
2.1.4	Estrategia Nacional de Cambio climático y Recursos Vegetacionales ENCCRV.....	15
2.2	Estructura y funcionamiento del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal	17
2.2.1	Arreglos y estructura institucional	17
2.2.2	Funciones en la generación de información base	19
2.2.3	Financiamiento y sostenibilidad.....	21
2.3	Preparación del NREF/NRF Nacional de Chile y Resultados de REDD+	23
2.3.1	Primer NREF/NRF de Chile	23
2.3.2	Anexo Técnico de resultados de REDD+.....	25
2.3.3	Actualización del Primer NREF	26
2.3.4	Recomendaciones y áreas de mejora identificadas en Evaluación técnica de NREF/FRL subnacional y el Anexo Técnico de Resultados	30
3.	DEFINICIÓN DE BOSQUE Y CONCEPTOS REDD+	35
3.1	Definición de Bosque.....	35
3.2	Cobertura de Tierras Forestales	36
3.2.1	Bosque Nativo	38
3.2.2	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)	43
3.2.3	Plantaciones forestales	45
3.3	Actividades REDD+	47
3.3.1	Deforestación	48
3.3.2	Degradación Forestal	48
3.3.3	Aumento de Existencias de Carbono Forestal.....	48
3.3.4	Conservación Forestal	49
3.3.5	Manejo sustentable de los bosques.....	49
3.3.6	Consideraciones generales.....	50
4.	FUENTES DE INFORMACIÓN	51
4.1	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile	51
4.2	Sistema de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile	53
4.3	Inventario Forestal Nacional	55
4.4	Mosaico multipíxel elaborado a partir de Imágenes Satelitales LANDSAT	57
5.	METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DEL NREF/NRF NACIONAL.....	58
5.1	Niveles y enfoques utilizados	58
5.2	Depósitos de Carbono y GEI Considerados	59
5.3	Periodo de Referencia	60
5.3.1	Cambios de uso o sub-uso de la tierra	61
5.3.2	Bosque permanente.....	61
5.4	Métodos para la estimación de emisiones y absorciones.....	62
5.4.1	Cambios de uso o sub-uso de la tierra	62

5.4.2	Bosque permanente.....	66
5.5	Datos de Actividad	69
5.5.1	Cambios de uso o subuso de la tierra	69
5.5.2	Bosque permanente.....	70
5.6	Factores de Emisión	74
5.6.1	Cambios de uso o sub-uso de la tierra	74
5.6.2	Bosque permanente.....	76
5.7	Agregación de actividades que incluyen cambios de uso de la tierra y bosque que permanece bosque 77	
5.7.1	Degradación Forestal	77
5.7.2	Aumento de Existencias de Carbono Forestal.....	77
6.	RESULTADOS.....	79
6.1	Datos de Actividad	79
6.1.1	Cambios de uso o sub-uso de la tierra	79
6.1.2	Actividades en Bosque Permanente	82
6.2	Factores de emisión	86
6.2.1	Cambios de uso o sub-uso de la tierra	86
6.2.2	Actividades en bosque permanente	91
7.	NREF/NRF NACIONAL DE CHILE	92
7.1	Deforestación	92
7.2	Degradación Forestal	92
7.2.1	Degradación por Sustitución	93
7.2.2	Degradación en bosque permanente	94
7.2.3	Emisiones no CO ₂ por incendios forestales	95
7.3	Aumento de Existencias de Carbono Forestal.....	96
7.3.1	Restitución e incremento de superficie forestal	96
7.3.2	Recuperación de bosques degradados	97
7.4	Conservación forestal	98
7.5	NREF/NRF nacional de bosque nativo de Chile	100
8.	ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE	101
8.1	Identificación y evaluación de las fuentes de Incertidumbre.....	101
8.1.1	Datos de Actividad	101
8.1.2	Factores de emisión	104
8.1.3	Integración	106
8.2	Parámetros y supuestos utilizados para el cálculo de la Incertidumbre	106
8.3	Estimación de la incertidumbre	113
9.	RELACIÓN ENTRE NREF/NRF Y EL INVENTARIO DE GEI DE CHILE	115
9.1	Deforestación	116
9.2	Degradación Forestal	117
9.3	Aumento de Existencias de Carbono Forestal.....	118
9.4	Conservación Forestal	119
10.	NECESIDADES DE CREACIÓN DE CAPACIDADES, ÁREAS DE MEJORA TÉCNICA FUTURA Y TRABAJOS EN DESARROLLO	120
11.	REFERENCIAS.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de proyectos y monto financiado por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo por año. Fuente: CONAF, 2022	14
Tabla 2. Metas Sector UTCUTS NDC Chile. Fuente: MMA, 2020	15
Tabla 3. Regiones, periodos, actividades, reservorios y GEI considerados en NREF/NRF Subnacional	24
Tabla 4. Regiones, periodos, actividades, reservorios y GEI considerados en Anexo Técnico	26
Tabla 5. Regiones, periodos, actividades, reservorios y GEI considerados en NREF/NRF nacional	29
Tabla 6. Tierras forestales en Chile. Fuente: sit.conaf.cl	37
Tabla 7. Usos de suelo en Chile, año 2021. Fuente: sit.conaf.cl	37
Tabla 8. Distribución regional de los Tipos Forestales. Fuente: Catastro de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CONAF, 2020)	42
Tabla 9. Distribución regional de superficies pertenecientes al SNASPE. Fuente: CONAF	45
Tabla 10. Distribución regional de las superficies ocupadas por plantaciones forestales. Fuente: CONAF	46
Tabla 11. Identificación de sub-actividades REDD+	50
Tabla 12. Año de publicación de catastros y actualizaciones por región	54
Tabla 13. Actualización de Mapas de uso y cambio de Uso de la tierra hasta 2021 en regiones del NREF/NRF actualizado	55
Tabla 14. Características Sensor ETM+ de Landsat-7. Fuente: LCDM Press Kit. NASA	57
Tabla 15. Niveles, depósitos de carbono y GEI considerados para cada actividad de REDD+ en el NREF/NRF nacional propuesto para Chile	59
Tabla 16. Usos de la tierra registrados por el Catastro y homologados a uso y sub-uso IPCC	69
Tabla 17. Sub-usos IPCC inicial y final y la actividad REDD+ respectiva	70
Tabla 18. Posibles cambios en el gráfico de densidad en el período de tiempo y actividades REDD+ en las que son contabilizadas	72
Tabla 19. Superficie deforestada por año y región	79
Tabla 20. Superficie de degradación por sustitución por año y región	80
Tabla 21. Superficie anual de restitución y aumento de bosque nativo para el periodo de referencia, por región	80
Tabla 22. Superficie de bosque permanente degradado por región entre 2001 y 2010	82
Tabla 23. Aumento de carbono en bosque permanente por región entre 2001 y 2010	83
Tabla 24. Área total, degradada y recuperada en bosques de áreas de conservación por región entre 2001 y 2010	83
Tabla 25. Superficie afectada por incendios forestales por región entre 2001 y 2010	84
Tabla 26. Factores de emisión considerados en el análisis	87
Tabla 27. Factores de emisión en otras clases de uso	88
Tabla 28. Incremento promedio anual por tipo forestal y estructura. Fuente: INGEI 2020 (MMA, 2021)	90
Tabla 29. Crecimiento promedio IPA por región, para aplicar en Bosques Mixtos. Fuente: elaboración propia en base a INGEI 2020	90
Tabla 30. Factores de emisión, combustión y conversión para emisiones No-CO ₂	91
Tabla 31. Total de emisiones por deforestación en el área del NREF nacional de Chile	92
Tabla 32. NREF de Degradación Forestal	93
Tabla 33. Emisiones debido a conversión de bosques nativos en plantaciones exóticas en el área del NREF/NRF nacional de Chile	94
Tabla 34. Emisiones anuales de bosques nativos que permanecen como tal por región	94
Tabla 35. Emisiones de Gases No-CO ₂ por región	95

Tabla 36. Emisiones por gases no-CO ₂ representadas por año	95
Tabla 37. Absorciones por Aumentos de existencias en el área del NRF ampliado de Chile	96
Tabla 38. Absorciones debido a la conversión de tierras no forestales a bosques	97
Tabla 39. Absorciones por bosques que se mantienen como tales en el área del NRF nacional	97
Tabla 40. Flujo neto de carbono forestal en áreas de conservación, por región	98
Tabla 41. Emisiones forestales dentro de áreas de conservación por región	99
Tabla 42. Absorción de carbono forestal dentro de las áreas de conservación por región	99
Tabla 43. NREF/NRF ampliado a escala nacional de bosques de Chile	100
Tabla 44. Número de polígonos, muestras, área mapeada y área muestreada por región utilizando Collect Earth	102
Tabla 45. Incertidumbre por tipo de cambio y región para el periodo de referencia	103
Tabla 46. Parámetros y supuestos utilizados para la estimación de incertidumbres	113
Tabla 47. Incertidumbre Emisiones Periodo de Referencia según actividad REDD+	113
Tabla 48. Incertidumbre Global NREF/NRF	114
Tabla 49. Comparación de estimaciones de emisiones por deforestación, del NREF/NRF y del INGEI	117
Tabla 50. Comparación de estimaciones de emisiones por degradación forestal del NREF/NRF y del INGEI	117
Tabla 51. Comparación de estimaciones de emisiones por degradación por sustitución del NREF/NRF y del INGEI	118
Tabla 52. Comparación de estimaciones de remociones por aumento de existencias en bosque que permanece como tal del NREF/NRF y del INGEI. No se consideran áreas bajo conservación	118
Tabla 53. Comparación de estimaciones de remociones por aumento de existencias en bosque que permanece como tal del NREF/NRF y del INGEI. No se consideran áreas bajo conservación	119
Tabla 54. Comparación de estimaciones de remociones por aumento de existencias en bosque que permanece como tal del NREF/NRF y del INGEI. No se consideran áreas bajo conservación	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área cubierta por el NREF/NRF Nacional	8
Figura 2. Estructura Comité Técnico Intraministerial de Cambio Climático (CTICC)	19
Figura 3. Fuentes de información para las estimaciones de emisiones y absorción de carbono forestal	21
Figura 4. Mapa de distribución de los Tipos Forestales. Fuente: Elaboración propia	39
Figura 5. Distribución de pareas SNASPE. Chile 2020	44
Figura 6. Conceptos de actividades REDD+	47
Figura 7. Estructura organizacional SNI Chile	51
Figura 8. INGEI de Chile: tendencia de las emisiones y absorciones de GEI por sector, Serie 1990-2018. Fuente: MMA, 2021	52
Figura 9. Diseño de parcela de IFN. Fuente: INFOR	56
Figura 10. Gráfico de densidad y línea B. Basado en Inventario Forestal Nacional (INFOR)	71
Figura 11. Ejemplo de flujos de carbono que representan aumentos (flecha verde) degradación (flecha roja) y flujo natural (flecha gris)	72
Figura 12. Mapa de actividades y sub-actividades REDD+	81
Figura 13. Mapa de actividades y sub-actividades REDD+ en bosque permanente	85

1. INTRODUCCIÓN

Como parte del compromiso de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), y en respuesta a la invitación de la CMNUCC emitida bajo la decisión 12/CP.17 párrafos 9 y 11, Chile presentó voluntariamente en 2016 sus Niveles de Referencia de Emisión Forestales/Niveles de Referencia Forestales (NREF/NRF)¹ subnacional usando un promedio histórico del periodo 2001-2013.

En esta ocasión, reforzando el compromiso país bajo la CMNUCC y respecto al cumplimiento del Marco de Varsovia en el contexto de pagos por resultados de REDD+, el país está presentando una propuesta de actualización y ampliación de sus NREF/NRF, la cual incorpora entre otras mejoras, la estimación de las emisiones y absorciones sobre el 99.3% de la superficie de bosques del país.

De acuerdo con la decisión 12/CP. 17 párrafo 7 de la CMNUCC, un NREF/NRF es un punto de referencia para evaluar el desempeño de los países que están implementando sus actividades REDD+ en el contexto de financiamiento basado en resultados de reducción de emisiones o absorciones debidamente medidas, reportadas y verificadas. Un NREF/NRF debe caracterizar las emisiones históricas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y proyectarlos hacia el futuro, con la intención de medir el desempeño del enfoque de políticas asociadas a REDD+.

En ese sentido, el año 2016 Chile presentó su primer NREF/NRF a escala subnacional, el cual corresponde al periodo 2001-2013 para actividades de cambio de uso de la tierra y 2001-2010 para actividades que ocurren en bosque permanente, incluyendo las siguientes actividades REDD+: reducción de emisiones por Deforestación, reducción de emisiones por Degradación, Aumento de Existencias de carbono y Conservación Forestal. El primer NREF/NRF subnacional incluyó 5 regiones del país con alta presencia de bosque nativo, representando el 22% del territorio nacional y el 41% del total del área de bosque nativo. Además, está basado en el promedio anual de capturas y/o emisiones de dióxido de carbono, incluyendo el metano y el óxido nitroso en la actividad de reducción de emisiones por degradación.

En aquella oportunidad, el NREF/NRF aplicó con una aproximación “step-wise”, lo que permitía la mejora continua del NREF/NRF y su expansión a escala nacional en base a la optimización de los métodos y el desarrollo de mejor información. Así mismo, aplicando dicha aproximación ‘step-wise’ tanto el primer NREF de Chile, como el Anexo Técnico de REDD+² al Tercer Reporte de Actualización Bienal de Chile presentado a la CMNUCC en 2018 (incluyendo los resultados de reducción de emisiones y absorciones logrados para los periodos 2014, 2015 y 2016 para las actividades de cambio de uso de la tierra, y 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 para actividades en bosque permanente), y sus respectivos reportes de evaluación bajo el roster de expertos de la CMNUCC, identifican una serie de áreas de mejora y necesidades de fortalecimiento de capacidades para el desarrollo de subsiguientes NREF/NRF.

¹ Documento disponible en <https://www.enccrv.cl/nref>

² Documento disponible en <https://www.enccrv.cl/anexo-redd>

Entre las oportunidades de mejora identificadas durante los procesos de evaluación técnica de acuerdo con el reporte de evaluación de 2016³ se puede mencionar el avance en metodologías para generar datos de actividad (DA) bienales, la mejora en parámetros y factores de emisión (FE), la incorporación de las regiones del mediterráneo y sur del Chile, y el uso de tecnologías alternativas para el tratamiento de información satelital en regiones con alta cobertura de nubes.

Esta propuesta de actualización y ampliación del NREF/NRF se realiza sobre una escala nacional, considerando que incluye 12 de las 16 regiones del país desde Coquimbo a Magallanes, seis de las cuales fueron incluidas en el primer NREF/NRF⁴ (Maule, Ñuble, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos).

Este documento y sus anexos han sido preparados en concordancia con las modalidades y directrices establecidas en la decisión 12/CP.17 Sección II y Anexo, y siguiendo la guía metodológica del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006). Del mismo modo, los supuestos asumidos, donde ha sido necesario, son consistentes con aquellos definidos bajo el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de Chile período 1990-2018 consignando a la Secretaría de la Convención el año 2020 a través del Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático (IBA)⁵.

El NREF/NRF actualizado y ampliado, ha sido desarrollado bajo los criterios de consistencia y congruencia con el INGEI de Chile, y entrega toda la información y métodos de forma transparente, completa y precisa, incluyendo:

- La definición de Chile de bosque para enfoques de políticas REDD+, además de la definición de las cuatro actividades de REDD+ consideradas.
- Las fuentes de información y protocolos metodológicos utilizados para construir el NREF/NRF nacional de Chile.
- Los sumideros de carbono y GEI considerados en el NREF/NRF de cada actividad de REDD+.

Esta propuesta de actualización del NREF/NRF presentado en este documento ha sido elaborada por CONAF, a través de un trabajo liderado por el Departamento de Cambio Climático y Servicios Ecosistémicos (DCCSE), en colaboración con el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas y Cambio Climático (DMECC), con el apoyo técnico del Banco Mundial, entidad que a su vez actúa como Agencia Implementadora del FCPF. En el equipo técnico se cuenta con el respaldo del Instituto Forestal (INFOR) y las agencias de Naciones Unidas, FAO, PNUMA y PNUD, adscritas al Programa de REDD de Naciones Unidas (ONU-REDD) del cual Chile igualmente participa desde el año 2014.

³ <https://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/chl.pdf>

⁴ La provincia de Ñuble fue escindida de la región del Biobío en septiembre del 2018, dando lugar a la región de Ñuble.

⁵ https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160_Chile-BUR4-1-Chile_4th%20BUR_2020.pdf

2. ANTECEDENTES

2.1 Circunstancias Nacionales

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) como punto focal REDD+ de Chile ante la CMNUCC, ha decidido focalizar los esfuerzos en la actualización y ampliación NREF/NRF con miras a cubrir un alcance nacional, abarcando los territorios que concentran la mayor cantidad y diversidad de bosques del país además de presentar una fuerte presión antrópica. De esta forma, se consideran en esta propuesta, 12 de las 16 regiones administrativas del país, desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Magallanes (Figura 1).

Para el propósito de esta propuesta de NREF/NRF se considerará de alcance nacional dado que se aborda prácticamente la totalidad de las áreas de bosque nativo de Chile. En estas regiones se desarrollan los ecosistemas forestales del bosque mediterráneo, bosque templado y bosques australes del país. Estas 12 regiones representan el 65,5% de la superficie total de Chile con casi 50 millones de hectáreas y albergan el 99,3% de la superficie de bosques, representando los 12 tipos forestales definidos a nivel nacional.

Las regiones restantes, Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama están localizadas en el extremo norte del país y corresponden a ecosistemas desérticos sometidos a fuertes regímenes de aridez. Los recursos vegetacionales presentes suman en su totalidad 95 mil hectáreas de bosques, equivalentes al 0,006% del total nacional, junto a 12.400 hectáreas de praderas y matorrales. Además, se caracterizan por poseer el 74% de las áreas desprovistas de vegetación del país.

2.1.1 Institucionalidad

A partir de la ratificación de Chile en 1994 de la CMNUCC, haciéndose parte de su Protocolo de Kioto (Naciones Unidas, 1997) posteriormente en el año 2002, la institucionalidad sobre cambio climático del país ha registrado importantes avances que se han visto reflejados con la implementación en el año 2014 del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, órgano de deliberación de la política pública y regulación general en materia ambiental, presidido por el Ministerio del Medio Ambiente⁶.

En enero de 2010, se promulgó la Ley 20.417 que creó el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y que fue designado como Punto Focal ante la CMNUCC, lo que ha permitido coordinar y orientar de mejor forma las acciones gubernamentales para abordar los desafíos y oportunidades que impone el cambio climático a nivel de políticas públicas⁷. Previa a la conformación del Ministerio de Medio Ambiente, y después de que Chile ratificara la CMNUCC en 1994 se estableció el denominado Comité Nacional Asesor para el Cambio Global (CNACG). Conformado por representantes tanto del sector público como de la academia, en el 2006 el CNACG elaboró la Estrategia Nacional de Cambio Climático⁸ que establece como ejes primordiales la adaptación, la

⁶ Integrado por los Ministerios de Agricultura; Hacienda; Salud; Economía, Fomento y Turismo; Energía; Obras Públicas; Vivienda y Urbanismo; Transportes y Telecomunicaciones; Minería; Desarrollo Social y Familia; Educación; y el de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (Ley 21.455, Art. 46 N° 12).

⁷ La Ley 20.417, destaca en su artículo 70, letra h, específicamente que "(...) le corresponderá especialmente al MMA el proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático".

⁸ Estrategia Nacional de Cambio Climático: http://www.bcn.cl/carpeta_temas_profundidad/temas_profundidad.2007-04-11.5841476988/Estrategia%20nacional%20_2006.pdf

mitigación, el fomento y la creación de capacidades que se ejecutan a través del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC)⁹.

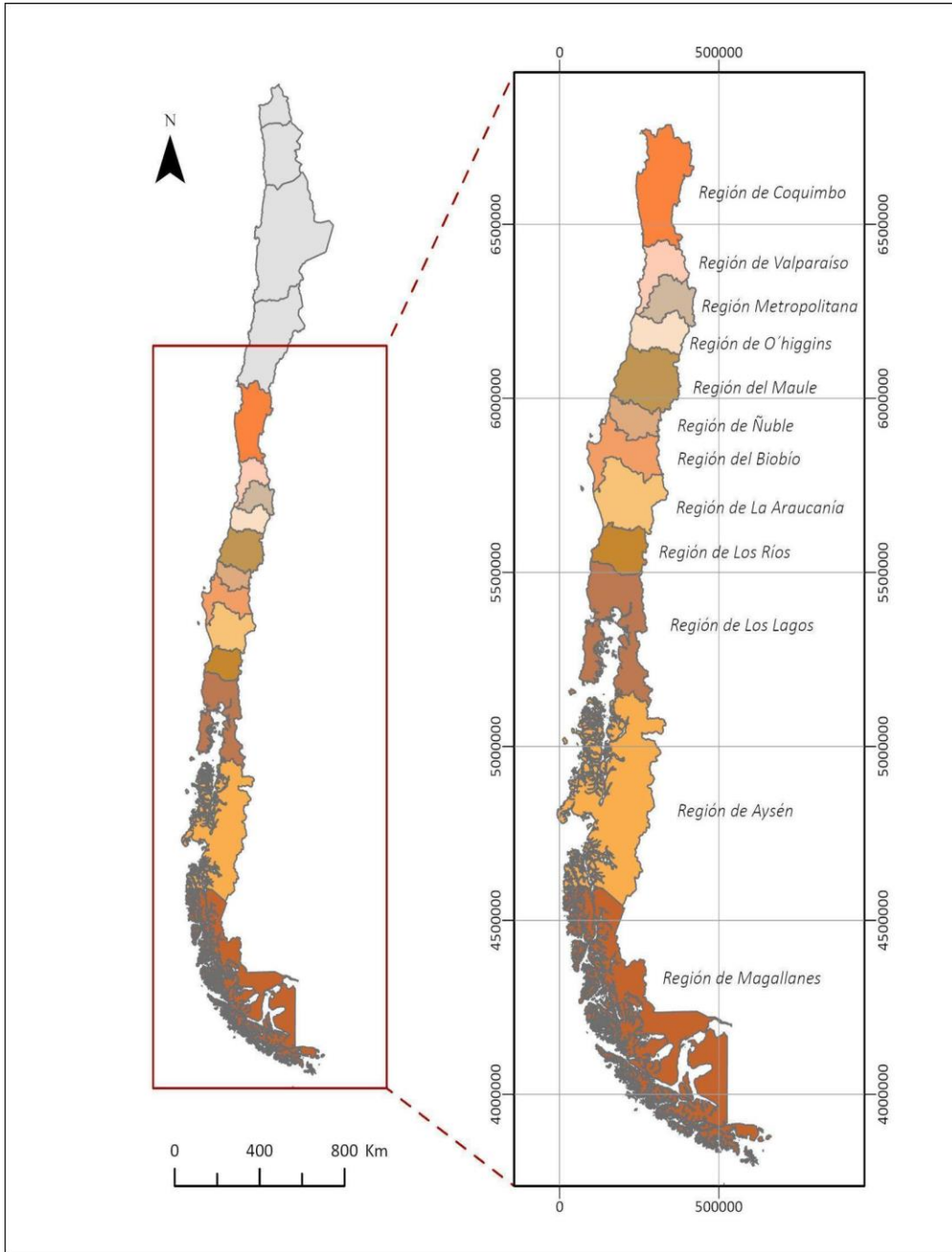


Figura 1. Área cubierta por el NREF/NRF Nacional

⁹ https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf

Para apoyar el trabajo interinstitucional, particularmente en el marco de las negociaciones internacionales sobre cambio climático y en los compromisos nacionales que de ellas se desprenden, en el 2010, desde que se formó el Ministerio de Medio Ambiente, se creó la Oficina de Cambio Climático bajo el alero de la Subsecretaría de dicho ministerio. Esta oficina tiene la misión de participar activamente “en los procesos de negociación internacional asociados a la implementación de la CMNUCC y sus funciones son: coordinar el Comité de la Autoridad Nacional Designada (AND) del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), actuar de punto focal del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y ostentar el cargo de secretaría técnica de los comités interministeriales en cambio climático”¹⁰.

En este contexto, y por la complejidad que revisten los temas que se tratan en la CMNUCC sobre el sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), y aquellos vinculados específicamente a las decisiones de la Convención que promueven establecer estrategias nacionales para reducir las emisiones producto de la deforestación y la degradación forestal, y apoyar acciones que apunten a la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono, comúnmente denominado como REDD+, se designó ante la CMNUCC a la Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF), institución dependiente del Ministerio de Agricultura (MINAGRI), como Punto Focal de REDD+¹¹. CONAF cumple este rol específicamente a través del Departamento de Cambio Climático y Servicios Ecosistémicos (DCCSE) perteneciente a la Gerencia de Conservación de Ecosistemas Boscosos y Xerofíticos (GCEBX).

CONAF tiene la misión de garantizar la conservación, restauración y el manejo sustentable de los ecosistemas boscosos y xerofíticos del país, mediante acciones destinadas a la conservación, manejo de ecosistemas, monitoreo y arborización, para satisfacer la demanda actual y futura por bienes y servicios ecosistémicos y contribuir al desarrollo territorial, de los pueblos originarios, las comunidades vulnerables y la valoración de la biodiversidad en un escenario de crisis climática.

Recientemente se han actualizado los objetivos estratégicos de CONAF, de acuerdo al siguiente listado:

1. Conservación: Asegurar la conservación de los ecosistemas boscosos y xerofíticos en las Áreas Silvestres Protegidas del Estado y fuera de éstas, reduciendo el riesgo de desastres ambientales provocados por la acción antrópica y no antrópica, con un enfoque preventivo frente a los incendios y otros daños ecológicos.
2. Manejo de ecosistemas: Promover y manejar paisajes y ecosistemas boscosos y xerofíticos con fines multifuncionales, fomentando el manejo y la restauración de los bosques nativos y formaciones xerofíticas, mediante soluciones basadas en la naturaleza, así también, las prácticas de manejo forestal en plantaciones que protejan los componentes ambientales.
3. Monitoreo: Monitorear, a distintas escalas, el comportamiento de los ecosistemas boscosos y xerofíticos, con el fin de predecir e identificar procesos naturales y antrópicos que impactan la oferta de bienes y servicios ecosistémicos y la conservación de la biodiversidad.

¹⁰ Primer Informe Bienal de Actualización de Chile Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. MMA, 2014. Pág 55.

https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160_Chile-BUR4-1-Chile_4th%20BUR_2020.pdf

¹¹ Esta designación fue en base a la decisión asumida en la CoP19 de Varsovia donde se invita a que los países nominen Puntos Focales Nacionales o Entidades Nacionales Designadas para REDD+, a través la Carta Oficial N°99 del 19 de febrero de 2014 del Ministerio de Agricultura.

4. Arborización: Promover y desarrollar acciones ecológicas para la creación y fortalecimiento de áreas verdes que aporten a la resiliencia en ciudades y territorios, reconociendo patrimonio cultural en los enfoques de trabajo con los pueblos originarios y comunidades vulnerables.
5. Política pública: Promover el diálogo técnico-político y el desarrollo de instrumentos de política pública coordinada para el cumplimiento de los objetivos propuestos en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, y con enfoques territoriales en un contexto local, regional, nacional e internacional.
6. Alianzas: Generar alianzas para el desarrollo forestal y promover la colaboración público-privada, para el desarrollo institucional y el cumplimiento de los objetivos y metas asociadas al cambio climático y de CONAF.
7. Empleos: Ofrecer oportunidades de capacitación, empleo y desarrollo forestal asociados a la protección, conservación y manejo de los ecosistemas boscosos y xerófitos y la biodiversidad, aportando al desarrollo territorial, de pueblos originarios y comunidades vulnerables.
8. Transparencia pública: Garantizar la transparencia de uso de recursos públicos en la gestión institucional, la administración y entrega oportuna de información y el desarrollo de las personas.

Debido a su rol como servicio forestal del Estado, su misión y objetivos estratégicos, en el año 1995 CONAF, fue designada como Punto Focal de la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (CNULD), ampliando el espectro de sus gestiones y obligando a esta institución a integrar en su labor las acciones requeridas para responder a los compromisos emanados de ambas Convenciones, así como ante las obligaciones que impone su rol institucional como asesor técnico del MINAGRI, en la coordinación con otras instituciones ministeriales que tienen competencias sobre los bosques en Chile.

En el año 2014 se creó el Comité Técnico Intraministerial de Cambio Climático (CTICC) el cual es coordinado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), que reúne a los diversos servicios que componen el MINAGRI¹², entre ellas CONAF. Prontamente se espera que el CTICC tenga representación en las 16 regiones del país, siendo posiblemente presidido por las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMI) de Agricultura con participación de representantes de los diversos servicios públicos ligados al sector silvoagropecuario.

2.1.2 Legislación

El país cuenta con diferentes normativas desarrolladas de manera directa e indirecta al uso y protección de los recursos forestales. La aplicación y vigencia de estos cuerpos legales han tenido diferentes impactos en el desarrollo del país, y han influido directamente en la situación actual de los bosques de Chile.

Entre las normativas relevantes para el sector forestal que tiene elementos vigentes se encuentra la **Ley de Bosques** (DL N° 656 de 1925 según texto refundido fijado por el DS N° 4363 de 1931 del Ministerio de Tierras y Colonización), la cual releva la importancia del bosque para la protección y mejoramiento de los suelos, para la regulación del caudal de los ríos, para la conservación de los recursos hídricos en general, como fuente de materias primas para numerosas industrias, y como fuente de salud para la población. Esta ley mejoró sustancialmente una serie de elementos relevantes como las normas sobre el uso del fuego, manteniendo la

¹² Otras instituciones del MINAGRI que tienen responsabilidad sobre los bosques es Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Instituto Forestal (INFOR), Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

prohibición del uso del fuego para habilitar terrenos forestales; normas relativas a las áreas silvestres protegidas, consagrando la facultad del Presidente para crear Parques Nacionales de Turismo y Reservas Forestales; y normas asociadas al sistema de sanciones, estableciendo multas para el caso de incumplimiento de estas prohibiciones, las que se aplican administrativamente, existiendo sanciones que van desde privación de libertad hasta multas en dinero (Saelzer, 1973). Entre lo más relevante está la incorporación de prohibiciones que se mantienen vigentes hasta hoy, como las relacionadas con el impedimento de corta de árboles y arbustos nativos situados cercanos a manantiales o en pendientes de más del 45%.

Una de las normativas con mayor relevancia para el sector forestal, es el **Decreto de Ley N° 701 sobre Fomento Forestal**. Fue promulgado el año 1974 y pone en marcha una política forestal sustentada en dos grandes pilares: incentivos a la forestación y la protección del recurso forestal. Bajo este marco, se crea la calificación de terrenos de Aptitud Preferentemente Forestal (APF) como un acto técnico-jurídico donde un ingeniero forestal debe justificar que los terrenos, por sus condiciones de clima y suelo, no pueden ararse en forma permanente y que, al ser utilizados en agricultura, fruticultura o ganadería, puedan sufrir degradación. Al aprobarse la calificación por la autoridad, nacen para el propietario derechos como exenciones tributarias y la posibilidad de percibir una bonificación por forestación, generando también obligaciones como lo expresado en el artículo 22 que dispone obligaciones de reforestar tras la corta o explotación de bosques.

Por otra parte, surge otro instrumento técnico-jurídico denominado Plan de Manejo, que fue incorporado como concepto el año 1979 por el DL N° 2.565 que modificó el DL N° 701 de 1974. Los Planes de Manejo están definidos en el artículo 2° del DL N° 701 como aquel instrumento que regula el uso y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables de un terreno determinado, con el fin de obtener el máximo beneficio de ellos, asegurando al mismo tiempo la preservación, conservación, mejoramiento y acrecentamiento de dichos recursos y su ecosistema. Este instrumento se constituyó en el eje central del sistema, y es entendido como un programa de explotación racional de recursos forestales que pueden ser plantaciones o bosques nativos. Así, el Plan de Manejo tiene una doble dimensión, es técnico porque debe ser elaborado por un ingeniero forestal o ingeniero agrónomo especializado quien deberá señalar a lo menos la caracterización del sitio y del recurso forestal, la definición de los objetivos de manejo, el tratamiento silvicultural, entre otros, y es jurídico, ya que una vez aprobado faculta y obliga al propietario a ejecutarlo imponiendo sanciones en caso de incumplimiento.

Posteriormente fue incorporada la definición legal de los Tipos Forestales para el bosque nativo chileno en el reglamento técnico del DL N° 701 a través del Decreto Supremo N°259 el año 1980, donde además se establecen los métodos silvícolas que son posibles de aplicar en cada tipo.

El DL N° 701 contempló tres tipos de regulaciones, aquellas que garantizaron el derecho de propiedad, los incentivos de carácter tributario y los incentivos de carácter económico. Estos últimos consistían en una bonificación que otorga el Estado por la forestación y manejo inicial de las plantaciones, en terrenos calificados de APF, conforme al Plan de Manejo aprobado previamente. El Estado “bonifica por una sola vez en cada superficie, un porcentaje de los costos netos de las diversas actividades como forestación en suelos frágiles y degradados, actividades de recuperación de suelos o de estabilización de dunas, establecimiento de cortinas cortavientos, y la primera poda o raleo realizadas por pequeños propietarios forestales¹³, entre otras”¹⁴. Esta ley no incorpora incentivos al manejo de los bosques nativos.

¹³ Antes de 1998 la poda y raleo de las empresas forestales se bonificaba por largos años al igual que los pagos por administración, posteriormente con la Ley N° 19.561 de 1998 se focalizó en la pequeña y mediana propiedad ()

¹⁴ <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=99208>

El DL N° 701 de 1974 con sus diversas modificaciones dio como resultado que Chile se transformara en uno de los países con el más alto índice de forestación, en relación a su tamaño y población, y a partir de este patrimonio se generó una de las industrias más grandes del país en torno a la celulosa y madera aserrada asociadas a especies forestales exóticas de rápido crecimiento.

El año 1996 expiró la bonificación forestal del DL N° 701 que fue ampliada el año 1998 con la dictación de la Ley 19.561 hasta el año 2011, fecha en que se logró una nueva prórroga que duró hasta el 2012, último año de vigencia del instrumento en su componente de incentivos. Desde el 2013 a la fecha, Chile no cuenta con incentivos legales económicos para la forestación, y se trabaja en el diseño de una nueva ley de fomento que posea un enfoque diferente, focalizando los esfuerzos fiscales en plantaciones, principalmente con especies nativas, de cobertura permanente, balanceando aspectos industriales con la provisión de servicios ambientales tales como la protección de cursos de agua, generación de productos forestales no madereros, protección de la diversidad biológica, entre otros.

Desde su promulgación en 2008, la Ley 20.283 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal busca proteger, recuperar y mejorar las especies nativas del país, asegurando su sustentabilidad forestal, mediante planes de manejo y preservación. Dentro del cuerpo de la Ley presenta 26 definiciones de conceptos y elementos, destinadas a unificar criterios y homogeneizar la comprensión del cuerpo legal. Muchas de estas definiciones provienen de normativas anteriores y fueron modificadas. Entre las más relevantes están la definición de Bosque, Bosque nativo, Pequeño propietario forestal, Plan de Manejo y Servicios ambientales.

Respecto de la definición de los Tipos Forestales y los métodos de manejo aplicables a ellos, la Ley N° 20.283 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal utiliza como base lo establecido en el Reglamento del Decreto Ley 701, de 1974, Sobre Fomento Forestal, pero indica que debe proponerse una nueva tipología basada en estudios científicos y técnicos, y validados en una consulta a los organismos públicos y privados con competencia en la materia.

La Ley 20.283 también establece que CONAF mantendrá un catastro forestal de carácter permanente, en el que deberá identificar y establecer, a lo menos cartográficamente, los tipos forestales existentes en cada región del país, su estado y aquellas áreas donde existan ecosistemas con presencia de bosques nativos de interés especial para la conservación o preservación. El catastro forestal deberá ser actualizado a lo menos cada diez años y su información tendrá carácter público, indicación que a la fecha se ha cumplido significativamente a través del sitio WEB del Sistema de Información Territorial (SIT)¹⁵ que dispone CONAF.

En comparación al D.L. 701, la figura del Plan de Manejo se complementa en esta ley con la aparición del Plan de Manejo de Preservación como herramienta alternativa para aquellos bosques cuyos objetivos centrales sean la preservación y recuperación del bosque nativo; y con el Plan de Manejo bajo Criterios de Ordenación, donde recibirán un incentivo complementario proyectos que incorporen metodologías de ordenación forestal que aseguren el manejo sustentable de un patrimonio en el largo plazo.

Respecto a las normas de protección ambiental, la ley contempla la conservación de la diversidad biológica, y las medidas de prevención y combate de incendios forestales, además, mediante el reglamento de suelos, aguas y humedales, contempla restricciones para cortas y actividades productivas en determinadas condiciones

¹⁵ <https://sit.conaf.cl/>

y recursos, incluyendo medidas para proteger los suelos, así como la calidad y cantidad de los caudales de los cursos de agua.

Para acceder a los incentivos al manejo del bosque nativo, bajo el marco de la ley 20.283 se crearon el Fondo de Conservación y el Fondo de Investigación del Bosque Nativo.

El Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo¹⁶, cuyo reglamento que aprueba su creación fue publicado en 2008, es un mecanismo concursable que tiene como finalidad contribuir a solventar el costo de actividades consideradas en los proyectos de planes de manejo que permiten el mejoramiento de este recurso natural renovable.

Este fondo considera la entrega de una bonificación destinada a contribuir a solventar el costo de las actividades necesarias para favorecer la regeneración, recuperación o protección de formaciones xerofíticas de alto valor ecológico o de bosques nativos de preservación, para obtener productos no madereros, y para manejar y recuperar bosques nativos para fines de producción maderera, bonificando de forma adicional la elaboración de planes de manejo forestal concebidos bajo el criterio de ordenación.

Complementariamente al Fondo anterior también en 2008 se creó el Fondo de Investigación del Bosque Nativo (FIBN)¹⁷, destinado a la investigación científica y tecnológica relacionada con el bosque nativo y la protección de su biodiversidad; con la protección del suelo, los recursos hídricos y de flora y fauna de los ecosistemas asociados al bosque nativo; y, el establecimiento de programas de capacitación, educación y transferencia tecnológica en áreas rurales dedicados a las comunidades cuyo medio de vida es el bosque nativo, entre otras.

Los detalles técnicos del funcionamiento e implementación de estos fondos se establecieron en el reglamento de la Ley 20.283, el que ha sido modificado dos veces desde su promulgación.

Durante los años de existencia del Fondo de Investigación del Bosque Nativo, han sido financiados un total de 203 proyectos con una inversión total de \$ 9.929.490.438 (Tabla 1).

Finalmente, uno de los hitos más importantes del último tiempo en materia medioambiental del país ha sido la publicación de la Ley Marco de Cambio Climático¹⁸ en junio de 2022. Esta ley posiciona la lucha contra el cambio climático como una política de Estado y define los mecanismos que utilizará el país con este fin. En particular, establece acciones concretas para 17 ministerios, otorgando facultades y obligaciones a nivel central, regional y local, permitiendo un involucramiento y articulación a toda escala territorial, en pro de la meta central: que el país sea carbono neutral y resiliente al clima a más tardar al 2050. Asimismo, fortalece los procesos de participación ciudadana durante la elaboración de los instrumentos de gestión del cambio climático, e incorpora la obligación por parte del Ministerio del Medio Ambiente de realizar reportes periódicos al Congreso Nacional sobre los avances en acción climática y se fortalece la obligación de transparencia con Monitoreo, Reporte y Verificación para todos los instrumentos de gestión.

¹⁶ https://concursoibn.conaf.cl/ayuda/2018/83f_Reglamento_Fondo_Conservacion.pdf

¹⁷ https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1396624849DTO28_19OCT2013.pdf

¹⁸ Ley N° 21.455, disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1177286>

Concurso	Año	N° de Proyectos	Financiamiento
I Edición FIBN	2009/2010	24	\$ 660.573.395
II Edición FIBN	2010/2011	21	\$ 798.298.409
III Edición FIBN	2011/2012	26	\$ 811.632.022
IV Edición FIBN	2012/2013	13	\$ 691.439.534
V Edición FIBN	2013/2014	12	\$ 808.430.751
VI Edición FIBN	2014/2015	11	\$ 852.874.532
VII Edición FIBN	2015/2016	12	\$ 626.096.249
VIII Edición FIBN	2016/2017	13	\$ 690.897.898
IX Edición FIBN	2017/2018	15	\$ 927.185.967
X Edición FIBN	2018/2019	17	\$ 956.640.210
XI Edición FIBN	2019/2020	19	\$ 993.393.396
XII Edición FIBN	2020/2021	10	\$ 577.993.375
XIII Edición FIBN	2021/2022	10	\$ 534.034.700
Total		203	\$9.929.490.438

Tabla 1. Número de proyectos y monto financiado por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo por año.
Fuente: CONAF, 2022

2.1.3 Contribución Nacionalmente Determinada de Chile NDC

En relación a los principales compromisos en materia de cambio climático a las cuales esta institucionalidad debe responder, está la consignación realizada en 2020 ante la Secretaría de la CMNUCC de la actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC por sus siglas en inglés)¹⁹ de Chile.

La actualización presenta metas cuantitativas que son parte de un ejercicio mayor en el que Chile busca una trayectoria que le permita alcanzar la neutralidad de GEI al 2050 y la resiliencia al clima, tal como está establecido en la Ley Marco de Cambio Climático.

Con relación a la disminución de emisiones, el cumplimiento de las metas requiere de un esfuerzo multisectorial de políticas públicas y medidas que propicien la efectiva y permanente reducción de emisiones de GEI en el tiempo. Y respecto al aumento de capturas de carbono de la atmósfera, Chile debe avanzar en la aprobación de instrumentos de gestión que permitan proteger, mantener e incrementar los sumideros naturales de carbono, considerando además los múltiples servicios ecosistémicos que proveen.

Con base en lo anterior, Chile ha incluido dentro del componente de integración una meta específica del sector UTCUTS, que toma en cuenta la importancia del rol de los ecosistemas terrestres en la capacidad de captura de carbono, en la neutralidad y en la adaptación a los impactos del cambio climático.

La contribución específica en materia de UTCUTS considera la función ecosistémica de los bosques de capturar y secuestrar grandes cantidades de dióxido de carbono a través de la acumulación de biomasa y de materia orgánica acumulada en el suelo, considerando como parte del compromiso del estado el apoyo a los propietarios forestales y la integración del enfoque de género, permitiendo el desarrollo de iniciativas más transparentes e inclusivas.

¹⁹ https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/NDC_2020_Espanol_PDF_web.pdf

Considerando lo expuesto y de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)²⁰, Chile se compromete al manejo sustentable y recuperación de 200.000 hectáreas de bosques nativos (representando capturas de GEI en 0,9 a 1,2 MtCO₂e anuales) y a la forestación de 200.000 hectáreas (representando capturas de entre 3,0 a 3,4 MtCO₂e anuales) de las cuales cien mil corresponden a cubierta forestal permanente, con al menos 70.000 hectáreas de especies nativas.

Meta UTCUTS Integración (ha)	Meta CO ₂	Actividades ENCCRV	ODS
Manejo Sustentable y Recuperación 200.000 hectáreas	0,9 a 1,2 MtCO ₂ e anuales	MT5 Restauración ecológica IF2 Restauración de áreas quemadas US1 Ordenación Forestal Sustentable	
Forestación 200.000 hectáreas	3,0 a 3,4 MtCO ₂ e anuales	MT4 Forestación con especies nativas US1 Ordenación Forestal Sustentable	13 Acción por el clima 15 Vida de ecosistemas terrestres
Reducción de emisiones del sector forestal por degradación y deforestación del bosque nativo en un 25% al 2030, considerando el período 2001-2013	3,1 MtCO ₂ e anuales	IF3 Silvicultura Preventiva IF2 Restauración de áreas quemadas US1 Ordenación Forestal Sustentable US3 Programa dendroenergía PF1 Programa de protección fitosanitaria	

Tabla 2. Metas Sector UTCUTS NDC Chile. Fuente: MMA, 2020

Además, de manera específica se incorpora el compromiso sectorial de reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques en un 25% al 2030, considerando las emisiones promedio en el periodo 2001-2013. Para ello, se consideran las acciones de la ENCCRV relacionadas con potenciar los modelos de gestión en prevención de incendios forestales y restauración de áreas quemadas, fortalecer la protección fitosanitaria y la gestión adaptativa, entre otros.

Para cumplimiento de las metas UTCUTS, la ENCCRV es la herramienta con que el Ministerio de Agricultura a través de CONAF han intentado avanzar, ya que considera específicamente medidas de acción directas y facilitadoras centradas en enfrentar el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía, mediante una adecuada gestión de los recursos vegetacionales.

2.1.4 Estrategia Nacional de Cambio climático y Recursos Vegetacionales ENCCRV

La ENCCRV es un instrumento de política pública, aprobado en 2016 y cuyo objetivo es “Disminuir la vulnerabilidad social, ambiental y económica que genera el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía sobre los recursos vegetacionales y comunidades humanas que dependen de éstos, a fin de aumentar la resiliencia de los ecosistemas y contribuir a mitigar el cambio climático, fomentando la reducción y captura de emisiones de gases de efecto invernadero en Chile”.

²⁰ <https://www.chileagenda2030.gob.cl/>

La ENCCRV contempla elementos claves en el ámbito de la adaptación al cambio climático y la lucha contra la desertificación, la degradación de la tierra y la sequía, y busca contribuir a los compromisos nacionales e internacionales que Chile ha asumido bajo la CMNUCC y la CNUCLD.

Como parte del proceso de preparación de la ENCCRV se establecieron metas diferenciadas entre adaptación y mitigación para el periodo 2017-2025, las cuales corresponden a:

- **Mitigación:** Reducir las emisiones de GEI asociadas a la degradación y deforestación en un 20% al año 2025, en base a las emisiones del periodo 2001-2013, así como aumentar la capacidad de los recursos vegetacionales como sumidero de carbono.
- **Adaptación:** Reducir la vulnerabilidad asociada al riesgo de degradación de las tierras a través del manejo de los recursos vegetacionales, mediante la intervención de al menos 264.000 hectáreas, de forma directa entre 2017 y 2025. El aporte a la disminución de la vulnerabilidad se evaluará en términos de indicadores asociados a biodiversidad, provisión de servicios Ecosistémicos como el suministro y regulación de los caudales y calidad de agua, así como también productividad de los suelos.

Para el logro de las metas propuestas se establecieron 26 medidas de acción, de las cuales siete son de acción directa y 19 son facilitadoras. Entre las medidas de acción directa, se busca implementar acciones de forestación (MT4), restauración ecológica (MT5), restauración post incendios (IF2), silvicultura preventiva (IF3), ordenación forestal (US1), dendroenergía (US3) y actividades de manejo ganadero para asegurar la compatibilidad con los recursos vegetacionales (MG1).

Los esfuerzos nacionales en implementación de acciones REDD+ y los avances en la implementación de la ENCCRV han permitido al país acceder a beneficios económicos asociados al desempeño en reducción de emisiones y absorciones resultantes de las acciones implementadas a nivel subnacional, y estimadas en base al primer NREF de Chile, lo que en el contexto de REDD+ se describe como el pago por resultados.

Tras la presentación del primer Anexo Técnico de Resultados de REDD+ de Chile a la CMNUCC en 2018, conforme las directrices de la Decisión 4 CP/19, el país presentó sus resultados de emisiones reducidas para los periodos 2014-2015-2016. En base a los resultados presentados en el Anexo Técnico, en 2019 Chile presentó su programa de reducción de emisiones para acceder a la ventana de pago por resultados del Fondo Verde del Clima, siendo aprobado en noviembre del mismo año por un total de USD 63 millones como forma de financiamiento basado en resultados por un total de 6,1 MtCO₂e anuales, dando lugar a la fase de pagos por resultado de la ENCCRV, mediante el Proyecto +Bosques.

El Proyecto +Bosques, juntos contra el cambio climático, es liderado por el Ministerio de Agricultura, a través de CONAF, e implementado con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO.

Con la inversión recibida por el país, el proyecto +Bosques ejecuta, desde 2021, acciones para gestionar de manera sustentable más de 25.000 hectáreas de bosque nativo generando con ello beneficios sociales, ambientales y económicos para cerca de 90.000 personas en las regiones del Maule, Ñuble, Biobío, Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

Para lograr estas metas, el proyecto implementa medidas de acción directa y facilitadoras de la ENCCRV, enfocadas en aumentar la superficie de bosques del país, restaurar ecosistemas y paisajes degradados y proteger los bosques de las principales causas que generan la degradación y la deforestación.

Como consecuencia de las actividades de gestión sostenible, forestación y restauración forestal, el proyecto espera lograr la reducción y/o captura de 256.000 toneladas de CO₂ equivalentes por año, a partir de 2030, las cuales irán directamente a retribuir al compromiso NDC del sector UTCUTS.

Es en este contexto el trabajo asociado a la ENCCRV coordinado por CONAF, adquiere relevancia, al constituirse como un elemento de pilotaje de los mecanismos técnicos y financieros nacionales e internacionales que se han requerido para avanzar con los elementos que se han desarrollado, para el cumplimiento de los distintos compromisos a los que Chile ha suscrito.

2.2 Estructura y funcionamiento del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal

2.2.1 Arreglos y estructura institucional

De acuerdo a la Iniciativa Global de Observación Forestal (2016), GFOI por sus siglas en inglés, se considera que los elementos primordiales para el funcionamiento adecuado de un sistema institucional incluyen una red de instituciones sólidas y sostenibles, con la gama de conocimientos necesarios y la descripción de roles y responsabilidades claramente documentados con un sólo órgano asignado para la coordinación general.

En base a la decisión 10/CP19 de la CMNUCC, donde se invita a los países a nominar Puntos Focales Nacionales o Entidades Nacionales Designadas para REDD+, se designó como Punto Focal de REDD+ ante la CMNUCC a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) de Chile, institución dependiente del Ministerio de Agricultura (MINAGRI). Esta nominación fue realizada a través de la Carta Oficial N°99 del 19 de febrero de 2014 del Ministro de Agricultura dirigida a su par del Ministerio de Relaciones Exteriores, quien oficializó esta designación ante la Secretaría de la Convención.

CONAF en su rol de Punto Focal para REDD+ es el organismo encargado de coordinar la generación y reporte de los elementos vinculados a REDD+. Se incluye implícitamente la coordinación del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF), la generación y reporte del NREF/NRF y de los Anexos Técnicos de resultados de REDD+.

Por su parte, el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas y Cambio Climático (DMECC) de la Gerencia de Fiscalización y Evaluación Ambiental (GEF), también de CONAF, cuenta con un rol primordial para la generación de información base para el SNMF. El DMECC es el responsable de ejecutar el mandato establecido en el Artículo 4º de la Ley N°20.283 de 2008 sobre la Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal²¹, que establece que CONAF “mantendrá un catastro forestal de carácter permanente, en el que deberá identificar y establecer, a lo menos cartográficamente, los tipos forestales existentes en cada región del país, su estado y aquellas áreas donde existan ecosistemas con presencia de bosques nativos de interés especial para la conservación o preservación según los criterios que se establezcan en el reglamento de esta ley. El catastro forestal deberá ser actualizado a lo menos cada diez años y su información tendrá carácter público”.

²¹ <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=274894>

Junto con CONAF, el Instituto Forestal (INFOR), institución dependiente del MINAGRI, tiene un rol de alta relevancia en el ámbito forestal de Chile y en el SNMF. Dentro de su misión, tiene el mandato de llevar a cabo los inventarios de los recursos de los bosques del país, para lo que cuenta con la asignación de financiamiento público del MINAGRI en el diseño, desarrollo tecnológico, implementación y ejecución del Inventario Forestal Nacional que promueve la generación de información por medio de datos recolectados de forma periódica en terreno. Si bien a la fecha no existen acuerdos formales que sean vinculantes en el marco del SNMF, CONAF e INFOR desarrollan actividades conjuntas en el marco de un trabajo cooperativo y voluntario.

Adicionalmente, el MINAGRI institucionalizó una estructura que permite la organización adecuada para acciones en el ámbito de mitigación y adaptación al cambio climático, la cual se oficializó el 4 de diciembre de 2017 a través del Decreto Exento N° 360 del MINAGRI²², que “Crea el Comité Técnico Intraministerial de Cambio Climático (CTICC)”.

El CTICC es presidido por el (la) Director(a) Nacional de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), donde se integran además de CONAF e INFOR, la Subsecretaría de Agricultura, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), la Comisión Nacional de Riego (CNR), el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), y la Fundación de Comunicaciones, Capacitación y Cultura del Agro (FUCOA), entre otros (Figura 2).

Dentro de los objetivos del CTICC se incluye, según el Artículo 2º literal iv. “Favorecer y propiciar la generación de sistemas de información y soporte de las decisiones ministeriales que se adopten...”, en apoyo al seguimiento y evaluación de políticas sobre cambio climático, y la promoción de instrumentos para generar mejoras estructurales y organizacionales en materia de cambio climático, lo que permite entregar un soporte explícito para la organización y la estructuración institucional, para fines como el Sistema de Medición y Monitoreo (SMM) de la ENCCRV referido en el presente documento.

²² Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Dex-360.pdf>

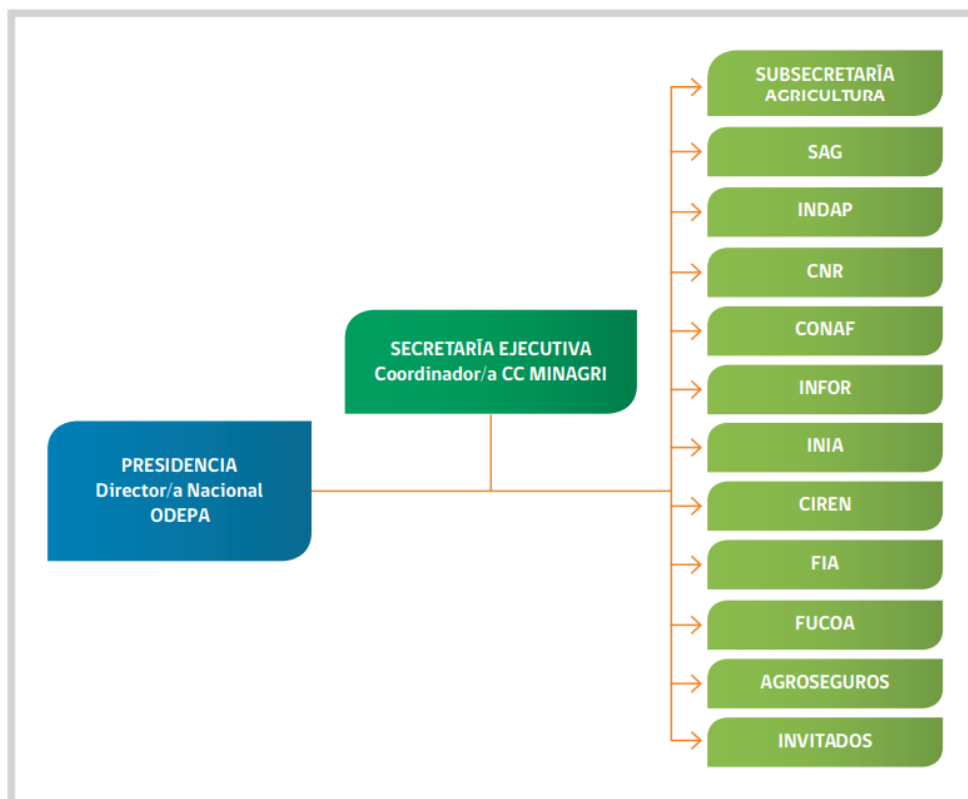


Figura 2. Estructura Comité Técnico Intraministerial de Cambio Climático (CTICC)

2.2.2 Funciones en la generación de información base

El SNMF requiere de fuentes de información que provean los datos para estimar la cuantificación de los siguientes parámetros:

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

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

- Catastro Forestal de usos del suelo y vegetación, desarrollado por CONAF.
- Inventario Forestal Nacional, desarrollado por INFOR.

El Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (en adelante Catastro Forestal), 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 la superficie de los distintos usos de la tierra, se han desarrollado actualizaciones a nivel regional que permiten identificar, entre otros aspectos, la siguiente información:

- Área de bosque permanente, referido a la superficie de bosque que se mantiene como tal entre el catastro inicial y las diferentes actualizaciones.

- Área de deforestación, referido a la transformación desde área de bosque hacia otro uso de la tierra de forma permanente.
- Área de transformación de bosque nativo en plantación forestal.
- Área de transformación de plantación forestal a bosque nativo.
- Área de incremento de superficie forestal, referido a la superficie de usos de la tierra diferentes a bosque, que se han transformado a bosque nativo.
- Área de conservación forestal referida a la superficie de bosque nativo bajo procesos formales de conservación pública a través del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

Por su parte, el Inventario Forestal Nacional contempla la realización de mediciones periódicas de parámetros dasométricos en parcelas permanentes, distribuidas entre las regiones de Coquimbo y Magallanes. El primer ciclo del Inventario se desarrolló entre 2001 y 2010, incluyendo la medición base y la primera actualización.

INFOR actualmente ejecuta el inventario en ciclos de cuatro años, realizando mediciones del 25% de las parcelas en forma anual, más una proyección del 75% restante. A través del inventario, se genera la información base que permite realizar las siguientes actividades:

- Desarrollo y actualización de valores de existencias de biomasa por tipos de bosque.
- La interpolación de datos referentes a existencias de carbono para la estimación de emisiones/absorciones en bosque permanente.

Otras fuentes de información secundaria de relevancia para la estimación de emisiones y absorciones vinculadas a REDD+, son la información sobre incendios forestales y la información sobre Iniciativas de Conservación Privada (ICP).

CONAF es la institución responsable a nivel nacional de generar las estadísticas oficiales de superficie por tipo de cobertura forestal afectada por incendios, a través de la Gerencia de Protección contra Incendios Forestales (GEPRIF). Esta información se actualiza de forma permanente a través del Sistema de Información Digital para Control de Operaciones (SIDCO)²³, reportándose de forma anual para cada temporada, la que abarca desde el 1 de julio al 30 de junio del año siguiente.

Por su parte las Iniciativas de Conservación Privada, definidas como “porción de tierra de cualquier tamaño que:

- i) está gestionada con el fin primordial de conservar la biodiversidad,
- ii) está protegida con o sin reconocimiento formal del gobierno, y,
- iii) está gestionada por, o a través de, personas individuales, comunidades, corporaciones u organizaciones no gubernamentales (Langholz, J., & Krug, 2003)”. Además, están incluidas en el Registro Nacional de Áreas Protegidas que mantiene el Ministerio de Medio Ambiente (MMA)²⁴.

²³ <https://sidco.conaf.cl/login/index.php>

²⁴ Registro Nacional de Áreas Protegidas | Registra áreas protegidas públicas y privadas, marinas y terrestres; así como áreas prioritarias para la conservación. Entrega información espacial, legal, ecológica, de gestión y bibliografía especializada. (mma.gob.cl)

La Figura siguiente, describe gráficamente la participación de cada fuente de información indicada en la generación de información para la estimación de emisiones y absorción de carbono forestal.

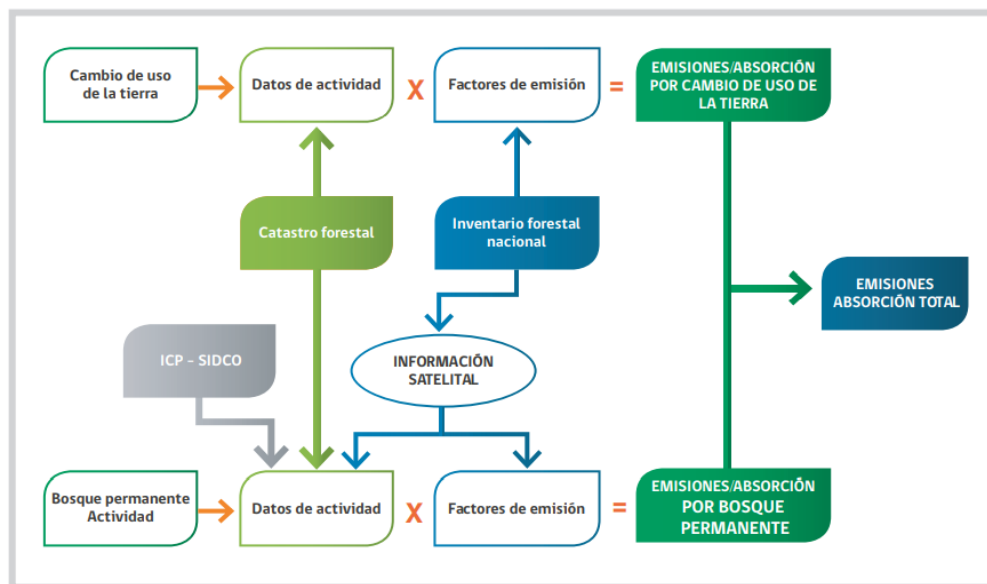


Figura 3. Fuentes de información para las estimaciones de emisiones y absorción de carbono forestal

Un aspecto relevante en relación a las fuentes de información y arreglos institucionales es destacar que tanto la CONAF a través del DCCSE y del DMECC, como INFOR, forman parte del Sistema Nacional de Inventarios de GEI de Chile (SNiChile)²⁵, coordinado por el MMA. Ambas instituciones participan en la generación de los Inventarios de GEI, que recopila información utilizada para la estimación de datos paramétricos incluidos en el SNMF, tales como la relación raíz-tallo, contenidos de carbono para diferentes usos de la tierra y reservorios, densidad básica de la madera, entre otros. Estos datos proceden de diferentes fuentes, principalmente académicas y científicas, nacionales e internacionales.

2.2.3 Financiamiento y sostenibilidad

Desde la preparación del NREF/NRF subnacional en 2016, el SNMF ha contado con financiamiento principalmente internacional cuyo principal objetivo ha sido la generación de insumos específicos para reducir las brechas y vacíos de información, junto al financiamiento nacional destinado principalmente a la generación de insumos base como el Catastro de Recursos Vegetacionales y el Inventario Forestal Nacional, junto a la gestión y administración del sistema de monitoreo, reporte y verificación para REDD+ que CONAF ha sistematizado como el Sistema de Medición y Monitoreo SMM de la ENCCRV²⁶. Para efectos de este reporte, SNMF y SMM pueden considerarse como el mismo concepto.

Las principales fuentes de financiamiento internacional para el SNMF son diversas y tienen diferentes orientaciones y extensión. A continuación, se presentan las principales características:

²⁵ <https://snichile.mma.gob.cl>

²⁶ <https://www.enccrv.cl/smm>

- ✓ Fondo Verde para el Clima (FVC), a través de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con un aporte proyectado hasta el 2026 de USD 2.365.000 destinado a las siguientes actividades:
 - Personal de apoyo para funciones de MRV a nivel central y equipos de implementación regional.
 - Asesoría técnica, consultorías y estudios específicos.

- ✓ Programa Nacional de ONU-REDD, a través de FAO, ejecutado hasta 2021 con un aporte total de USD 248.000 destinados a:
 - Apoyo para la generación del primer reporte de Anexo de resultados de REDD+.
 - Apoyo al fortalecimiento del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal.
 - Aplicación de metodologías y desarrollo de herramientas semiautomáticas para estimación de incertidumbre de los Anexos de resultados REDD+.
 - Desarrollo de talleres de sociabilización del SMM de la ENCCRV.

- ✓ Fondo Cooperativo de Carbono Forestal (FCPF), implementado a través del Banco Mundial hasta el 2021, con un aporte total de USD 900.000 destinados a:
 - Actualización del NREF/NRF a escala subnacional.
 - Ampliación y actualización a escala nacional de Mapas de flujos de carbono forestal en bosque permanente.
 - Desarrollo de diagramas de densidad para los tipos forestales de mayor relevancia nacional.
 - Creación de la Plataforma de Gestión de la Información de la ENCCRV²⁷ como elemento transversal clave para el almacenamiento, manejo de datos y generación de reportes.

- ✓ Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) a través del Proyecto Sistema de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile SIMEF²⁸, con un aporte hasta el 2020 de USD 1.550.000, destinando una fracción del monto total, para:
 - Desarrollo del Mapa Subnacional de cambios de uso de la tierra.
 - Actualización de la línea base de Catastro Forestal a nivel de usos de la tierra según las categorías de IPCC.
 - Actualizaciones bienales de los mapas de cambios de uso de la tierra.

- ✓ Proyecto GEF Manejo Sustentable de la Tierra, con un aporte hasta 2020 de USD 800.000 utilizados para:
 - Contratación de profesionales para el diseño y operación del SNMF.
 - Desarrollo del Sistema de Priorización.

Respecto al financiamiento nacional, se refiere al que está disponible anualmente de acuerdo al presupuesto oficial de la nación. Como contribución al SNMF se registran dos presupuestos principales:

- ✓ Presupuesto CONAF asignado al desarrollo de Actualizaciones, mejoras y la gestión del catastro Forestal, que asciende aproximadamente a USD 500.000 anuales.

²⁷ <https://plataforma.encrv.cl/>

²⁸ <https://simef.minagri.gob.cl/>

- ✓ Presupuesto INFOR asignado para llevar a cabo el Inventario Forestal Nacional, que asciende a USD 400.000 anuales.

2.3 Preparación del NREF/NRF Nacional de Chile y Resultados de REDD+

2.3.1 Primer NREF/NRF de Chile

Como se ha indicado, Chile presentó en 2016 su primer NREF/NRF con un enfoque subnacional para cinco regiones administrativas (actualmente 6). En términos absolutos, la superficie del área subnacional corresponde a 16.522.077 hectáreas y la superficie forestal representa 5.853.387 hectáreas. El área contiene ecosistemas forestales templados con presencia de 11 de los 12 tipos forestales definidos a nivel nacional, con el potencial de reducir y absorber emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), además de producir beneficios ambientales no asociados al carbono.

Chile elaboró los NREF/NRF para cuatro de las cinco actividades mencionadas en el párrafo 70 de la decisión 1/CP.167:

- a) Reducción de emisiones provenientes de la degradación forestal.
- b) Reducción de emisiones provenientes de la deforestación.
- c) Conservación de reservas forestales de carbono.
- d) Aumento de reservas forestales de carbono.

La actividad manejo sustentable de bosques no fue incluida debido a la falta de información espacialmente explícita necesaria para su cuantificación. Sin embargo, los cambios de reservas de carbono resultantes de esta actividad fueron considerados de forma agregada en la actividad de reducción de emisiones provenientes de la degradación forestal si el resultado es una emisión, o bajo la mejora de existencias forestales de carbono, si el resultado es absorción.

Los NREF/NRF presentados para las cuatro actividades, son los siguientes:

- a) Emisiones de 3.452.885 tCO₂e año⁻¹, provenientes de la deforestación;
- b) Emisiones de 9.149.392 tCO₂e año⁻¹, provenientes de la degradación forestal;
- c) Absorción de 2.430.438 tCO₂e año⁻¹ de conservación de reservas forestales de carbono; y,
- d) Absorción de 10.012.012 tCO₂e año⁻¹ de aumento de las reservas forestales de carbono

Los NREF/NRF propuestos por Chile se basan en el promedio anual de emisiones y/o absorción de CO₂. Además, la actividad de reducción de emisiones provenientes de la degradación forestal incluye emisiones de metano (CH₄) y de óxido de nitrógeno (N₂O) proveniente de incendios forestales. El NREF/NRF establecido aplica desde el final del periodo de referencia definido para su estimación, hasta el año 2025, de acuerdo a la fecha de vigencia establecida para la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) de Chile.

NREF/NRF SUBNACIONAL		
Regiones		Maule, Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos
Año final de elaboración		2016
Periodo	Cambios de uso	2001/2013
	Bosque permanente	2001/2010
Actividades	Deforestación	✓
	Degradación Forestal	✓
	Aumento de Existencias	✓
	Conservación Forestal	✓
	Manejo Sustentable de los Bosques	✗
Reservorio	Biomasa aérea	✓
	Biomasa subterránea	✓
	Materia orgánica muerta	✓
	Hojasca	✗
	Carbono Orgánico del Suelo	✗
Gases	CO ₂	✓
	CH ₄	Solo estimado para las emisiones producto de los incendios forestales
	N ₂ O	

Tabla 3. Regiones, periodos, actividades, reservorios y GEI considerados en NREF/NRF Subnacional

Sin embargo, de acuerdo con el enfoque escalonado (stepwise approach) aplicado en su construcción, el NREF/NRF podrá ser actualizado y expandido, una vez se disponga de mejores datos y metodologías.

El periodo de referencia utilizado para la estimación del NREF/NRF de Chile está determinado por la disponibilidad de información necesaria para su construcción y por las diferentes metodologías aplicadas para estimar las emisiones y absorciones de las actividades y sub-actividades. El NREF/NRF considera dos periodos diferenciados, uno para actividades o sub-actividades relacionadas con cambio de uso de la tierra, y otro para actividades o sub-actividades que ocurren en bosque permanente.

Las actividades que presentan cambios de uso de la tierra corresponden a reducción de emisiones por deforestación, emisiones por degradación por conversión de bosque nativo en plantaciones forestales, incremento de absorciones por la conversión de plantaciones forestales en bosque nativo y el aumento de la superficie forestal. Estas actividades consideran un periodo de referencia de 13 años, entre 2001 y 2013.

Las actividades en bosque que permanece como bosque corresponden a emisiones por degradación en bosque permanente, emisiones de gases no CO₂ producto de incendios forestales, el aumento de existencias de carbono por la recuperación de bosques degradados y la conservación forestal. Estas actividades consideran un periodo de referencia de 10 años entre 2001 y 2010.

2.3.2 Anexo Técnico de resultados de REDD+

El 03 de diciembre de 2018 y como Anexo al 3er BUR²⁹, Chile presentó de manera voluntaria en el contexto del pago basado en resultados, su primer Anexo Técnico de Resultados de REDD+ para el periodo 2014-2015 y 2016 en actividades que ocurren en cambios de uso de la tierra, y 2010-2015 para actividades que ocurren en bosque permanente.

El anexo técnico proveyó información y datos sobre las actividades de reducción de emisiones por deforestación, reducción de emisiones por degradación forestal, conservación de stocks de carbono forestal y aumento de existencias de carbono, de acuerdo a lo indicado en la decisión 1/CP.16, cubriendo el mismo territorio subnacional de bosques considerado en la consignación del NREF/NRF realizado en agosto de 2016 (regiones del Maule, Biobío, la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos). Del mismo modo que en el NREF/NRF, la actividad de manejo sustentable de bosques no fue incluida debido a la falta de información para su cuantificación, que aún persiste.

Los resultados presentados en el reporte de implementación de las cuatro actividades REDD+ calculados contra el NREF/NRF subnacional, fueron estimados en una cantidad de emisiones reducidas de 6.136.475 tCO₂e año⁻¹, derivado de lo siguiente:

- Una reducción de emisiones por deforestación de 148.513 tCO₂e año⁻¹;
- Un aumento en las emisiones por degradación forestal de 4.530.732 tCO₂e año⁻¹;
- Una reducción de emisiones por 3.854.177 tCO₂e año⁻¹, por la sustitución de bosque nativo con plantaciones de especies exóticas;
- Un aumento en las emisiones de 8.384.909 tCO₂e año⁻¹ por la degradación de bosque permanente, incluyendo incendios forestales;
- Un aumento en las remociones de carbono de 1.519.769 tCO₂e año⁻¹ por la conservación de stocks de carbono;
- Un aumento en las remociones de carbono de 8.998.925 tCO₂e año⁻¹ por el aumento de stocks de carbono;
- Remociones de 128.868 tCO₂e año⁻¹ del aumento de stocks de carbono debido al incremento de las áreas de bosque nativo resultados de la conversión de otras tierras a tierras forestales, incluyendo la restitución;
- Reducciones de emisiones de 8.870.057 tCO₂e año⁻¹ por la recuperación de bosques degradados resultando en el incremento de stocks de carbono.

Como resultado general de la evaluación, hubo consistencia entre las metodologías, definiciones exhaustividad e información provista entre el nivel de referencia y los resultados de las actividades REDD+. Los datos entregados son transparentes, consistentes, completos y precisos; y están en consistencia con la decisión 14/CP.19, párrafo 9.

²⁹ <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/3rd-BUR-Chile-SPanish.pdf>

ANEXO TÉCNICO DE RESULTADOS REDD+		
Regiones		Maule, Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos
Año final de elaboración		2018 & 2020
Periodo	Cambios de uso	2014/2016 & 2017/2018
	Bosque permanente	2011/2015 & 2016/2018
Actividades	Deforestación	✓
	Degradación Forestal	✓
	Aumento de Existencias	✓
	Conservación Forestal	✓
	Manejo Sustentable de los Bosques	✗
Reservorio	Biomasa aérea	✓
	Biomasa subterránea	✓
	Materia orgánica muerta	✓
	Hojarasca	✗
	Carbono Orgánico del Suelo	✗
Gases	CO ₂	✓
	CH ₄	Solo estimado para las emisiones producto de los incendios forestales
	N ₂ O	

Tabla 4. Regiones, periodos, actividades, reservorios y GEI considerados en Anexo Técnico

2.3.3 Actualización del Primer NREF

El proceso de actualización del NREF/NRF de Chile inició en 2019, con el trabajo de correcciones sobre los datos de actividad incorporando mejoras metodológicas en la identificación de las actividades de REDD+. Además de esto, en primera instancia se planteó mejorar la representatividad en los tipos forestales en la detección de la degradación forestal, el uso de FE por tipo forestal en lugar de FE regionales, y la corrección de FE para lograr una mayor alineación con los reportes de INGEI del país.

Como parte del proceso de incorporación de estas mejoras en la estimación de los niveles de referencia, se detectaron otros hallazgos y oportunidades de corrección técnica. Entre ellos se corrigieron los errores no intencionales identificados durante el proceso, los cuales se resumen a continuación:

- ✓ Incorporación de regiones con superficies con cobertura forestal

La actualización del NREF/NRF consideró la ampliación del alcance geográfico de las estimaciones, pasando de incluir las regiones del bosque templado de Chile del Maule a Los Lagos, a considerar las regiones del mediterráneo y sur del país, considerando las regiones de Coquimbo a Magallanes. De esta manera, el monitoreo forestal aumenta la cobertura del 40 % al 99,3% de las tierras con bosque nativo, lo cual es el fruto del esfuerzo realizado por el país mediante diferentes actividades.

✓ Actualización de los factores de emisión (FE)

Se detectó una inconsistencia en el valor de la materia orgánica muerta (DOM, siglas en inglés) utilizada en el inventario de GEI de 1990 a 2010 después del envío de FREL/FRL. Esta corrección se actualizó en los informes actualizados del INGEI chileno, aplicando también el valor corregido a la línea de referencia y asegurando la consistencia con el inventario de GEI 1990 – 2018 (MMA, 2021).

Los valores DOM se estiman a partir del Inventario Forestal (IFN). Chile consideró valores regionales en el FREL/FRL, pero el DOM estimado para los siguientes tipos de bosques se ha aplicado para que dichos valores sean consistentes con la actualización de la FE. Los datos DOM se estiman para los tipos forestales Alerce, Araucaria, Lenga, Coihue de Magallanes, Roble-Raulí-Coihue, Coihue-Raulí-Tepa, Esclerófilo, Siempreverde. Los tipos de bosque restantes: Ciprés de las Guaitecas, Ciprés de la Cordillera y Roble-Hualo no tienen datos estimados, por lo que se han aplicado aproximaciones basadas en otros tipos de bosques para ellos.

✓ Los FE regionales se sustituyen por los FE por tipo de bosque a partir de los datos del inventario forestal nacional

El nivel de referencia aplicó valores regionales para los FE; sin embargo, Chile tiene estimaciones de contenido de biomasa (aérea y raíz) para la mayoría de los tipos de bosques en bosques nativos, también tiene estimaciones de biomasa en bosques secundarios para algunos tipos de bosques. Todos los tipos de bosques tienen información sobre incrementos anuales periódicos (IPA) en el volumen, utilizados para estimar la absorción en áreas con aumentos de contenido de carbono.

✓ Mejoras en los Datos de actividad utilizados en la estimación de las emisiones de degradación

La estimación del nivel de referencia consideró el uso de umbrales de degradación pertenecientes al modelo de un tipo de cubierta forestal (RORACO) para estimar la degradación. Chile ha avanzado en esta área y hoy ha modelado datos para los siguientes tipos de bosques: Siempreverde con subtipo Bosque Canelo, Lenga, Roble-Hualo (RoHua), Coihue-Raulí-Tepa (CoRaTe), Coihue de Magallanes, Esclerófilo con subtipo Bosque Espinal y Esclerófilo.

Estos umbrales de degradación se representan a través de diagramas de manejo de la densidad (DMD), que se han integrado y utilizado para el desarrollo de un nuevo mapa de existencias y flujos de CO₂, el principal insumo para estimar la degradación.

✓ Inclusión de datos espacialmente explícitos para el período histórico de referencia

Las emisiones en el período de referencia 2001-2013 para los cambios de uso de la tierra se estimaron a través de DA interpolados basado en la información del Catastro de Recursos Vegetacionales, ya que Chile no tenía datos del mapa de uso de la tierra para los años inicial y final en todas las regiones del área contable.

La actualización consideró la elaboración de mapas de uso para los años inicial y final, y la detección de los cambios entre ambos mediante análisis espectral. Con esto, se tiene un mapa de uso para cada año monitoreado, logrando identificar de manera espacial la ocurrencia del cambio.

✓ Uso de mosaicos multipíxeles

Entre las correcciones aplicadas, el uso de mosaicos satelitales convencionales basados en unión de escenas digitales completas se cambió por el uso mosaicos multipíxel de imágenes Landsat para los años iniciales y finales (2001, 2010 y 2013), como entrada principal la elaboración de los mapas mencionados anteriormente. De esta manera, los DA para los cambios en el uso de la tierra y la estimación de la degradación se calculan sobre la base de multipíxeles con fechas de inicio y fin específicas para el año correspondiente.

Con la fase de corrección es posible considerar que cada período de referencia incluye todo el año inicial y final en su análisis, por lo tanto, se utilizan valores de 13 y 10 años como divisor para obtener tasas anualizadas para actividades generadoras de cambios en el uso de la tierra y actividades que ocurren en bosques que permanecen como tales, respectivamente.

Como es posible apreciar, se sigue manteniendo dos periodos diferentes para la estimación del NREF/NRF nacional para mantener la consistencia con el nivel de referencia subnacional y con el Anexo Técnico. Esta decisión está basada principalmente en la disponibilidad de la información y en el interés de identificar los cambios en las estimaciones derivados de las correcciones y actualizaciones.

✓ Consideraciones sobre los matorrales arborescentes

El nivel de referencia consignado en 2016 consideró que los usos del suelo clasificados como matorrales arborescentes en el catastro del bosque nativo pueden constituir bosques de acuerdo con la definición de otras tierras boscosas. Como se estableció una definición legal de bosque de acuerdo con la Ley 20.283 a partir de 2008, fue posible aplicar esta definición a las actualizaciones del catastro del bosque nativo. De esta manera, aquellas superficies clasificadas como matorrales arborescentes no constituirán bosques de acuerdo con la definición legal. Con esto, los matorrales arborescentes se consideran como tales y, por lo tanto, no se cuentan en la superficie del bosque nativo para las actualizaciones del nivel de referencia.

✓ Mejoras en el algoritmo de estimación de degradación

Para el caso específico de las estimaciones de degradación, se realizaron mejoras en el algoritmo, específicamente aumentando el valor K de cinco a siete mediante la implementación del modelo k – vecinos más cercanos (k – NN).

✓ Mejoras en los cambios en el método de detección del uso de la tierra

Para el desarrollo de DA espacialmente explícitos, se elaboró un método de detección de cambios basado en la aplicación de la metodología Multi – Index Integrated Change Analysis (MIICA) (Jin *et al.*, 2013), que ya se utilizó para el desarrollo del Anexo de Resultados Técnicos de REDD+ presentado a la CMNUCC.

✓ Precisión de la identificación de reservorios por actividad de REDD+

Durante el proceso de actualización de la línea de referencia se encontraron inconsistencias en los reservorios estimados por la actividad de REDD y los informados en el FREL/FRL. Por ejemplo, la DOM se estima en las actividades de Deforestación, Sustitución e Incendios y no en todas las actividades como se declaró anteriormente.

- ✓ Ajuste del valor de la fracción de carbono

El factor de carbono se corrigió de 0,5 a 0,47 para que sea coherente con las Directrices del IPCC de 2006.

- ✓ Proceso de integración

La integración de los resultados de emisiones y capturas para el nivel de referencia subnacional de Chile se realizó a través de hojas de cálculo sencillas de Excel separadas por actividad de REDD+. Mediante la implementación de la actualización y con el propósito de aumentar la transparencia y replicabilidad de dichos resultados, estas hojas de cálculo se actualizaron para utilizar herramientas semi automatizadas basadas en recursos de tipo PostgreSQL, odbc y base de datos, que permiten manejar mayores cantidades de información sin afectar el desempeño del sistema de trabajo.

- ✓ Estimación de incertidumbre

Tal como se indicó en el proceso de evaluación del Anexo Técnico de Resultados, párrafo 39 literal f), la actualización del NREF/NRF incluyó la estimación de Incertidumbre mediante el enfoque de Monte Carlo, lo que se describe en el capítulo 8 de este documento.

A modo de resumen, en relación a la Tabla 3 y Tabla 4 precedentes, la propuesta de actualización del NREF/NRF incluye la siguiente información:

NREF/NRF NACIONAL		
Regiones		Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos, Aysén, Magallanes
Año final de elaboración		2022
Periodo	Cambios de uso	2001/2013
	Bosque permanente	2001/2010
Actividades	Deforestación	✓
	Degradación Forestal	✓
	Aumento de Existencias	✓
	Conservación Forestal	✓
	Manejo Sustentable de los Bosques	✗
Reservorio	Biomasa aérea	✓
	Biomasa subterránea	✓
	Materia orgánica muerta	✓
	Hojarasca	✗
	Carbono Orgánico del Suelo	✗
Gases	CO2	✓
	CH4	Solo estimado para las emisiones producto de los incendios forestales
	N2O	

Tabla 5. Regiones, periodos, actividades, reservorios y GEI considerados en NREF/NRF nacional

2.3.4 Recomendaciones y áreas de mejora identificadas en Evaluación técnica de NREF/FRL subnacional y el Anexo Técnico de Resultados

Durante los procesos de evaluación técnica de los reportes de REDD+ presentados por Chile ante la CMNUCC, se han identificado una serie de áreas de mejora las cuales, en gran medida, han sido abordadas por el país en la actualización del NREF/NRF.

2.3.4.1 Áreas de mejora *Technical Assessment Report (TAR)*³⁰ NREF/NRF de Chile

De acuerdo con lo indicado en los párrafos N°22, 41, 42, 43 y 44 se han identificado las siguientes áreas:

- Párrafo 22
 - a) 1. Mejorar DA: desarrollo de herramientas y metodologías para la actualización bienal de los catastros como fuente de información primaria para la estimación de DA, así como para las actividades reportadas en futuras consignaciones de BUR; y 2. Generación de una plataforma integrada que permita el almacenamiento y la generación de reportes semiautomatizados, la visualización de resultados y la difusión de información de bases de datos y espacial.
 - b) 1. Mejorar parámetros y FE: desarrollo de nuevas cartas de stock para tipos forestales relevantes no incluidos en el NREF/NRF de 2016; y 2. Más investigaciones sobre degradación forestal a través del uso intensivo de biomasa y sistemas de monitoreo de carbono.
 - c) Mejorar metodologías para el monitoreo de actividades y flujos de carbono en bosques permanentes en áreas con alta probabilidad de cobertura de nubes (macrozona austral) y con fuertes variaciones fenológicas en la vegetación (imágenes radar y Lidar).
 - d) Incluir nuevas regiones y biomas: la macrozona mediterránea y la macrozona austral.
 - e) Incluir nuevas actividades: desarrollo de planes de manejo basados en información espacialmente explícita que podría permitir la inclusión de otras actividades como el manejo sustentable de los bosques y actividades que ocurren a nivel de predio de 10 hectáreas o menos.

- Párrafo 41

Se detectó un área de mejora técnica en relación con los DA de deforestación, donde los datos de mapas de registros de tierra usados para el NREF/NRF fueron diferentes a los usados por el inventario nacional de GEI.

- Párrafo 42

Durante la evaluación de reservorios y gases, se identificó la omisión del carbono orgánico del suelo (COS), el cual se justificó con el vacío de información para describir las tasas de cambio en este reservorio. Para la actividad de aumento de stocks de carbono, la exclusión del COS puede parecer conservadora en el contexto del NRF. En el caso de los gases de GEI, no se identificaron exclusiones significativas porque el CH₄ y N₂O de incendios fueron tomados en cuenta. A pesar de eso, se identificaron áreas de mejora en el tratamiento de emisiones de la DOM y la inclusión del COS, a menos que el país pueda demostrar que ambos reservorios de carbono no son fuentes.

³⁰ <http://unfccc.int/resource/docs/2016/tar/chl.pdf>

- [Párrafo 43](#)

Se reconocen las intenciones presentadas por el país sobre continuar monitoreando la degradación forestal; evaluar si la reducción de la deforestación está conduciendo al desplazamiento de emisiones; para incluir las emisiones de la degradación forestal en futuras presentaciones de NREF/NRF cuando se obtienen datos nuevos y adecuados y mejor información disponible; y extender los NREF/NRF a otros biomas, como parte de los esfuerzos para mover hacia un NREF nacional.

- [Párrafo 44](#)

Durante la AT, la AT solicitó a Chile información sobre sus esfuerzos que están en curso o planificado para mejorar sus datos e información para futuras presentaciones de FREL/FRL, como parte del enfoque gradual. Chile identificó varias áreas como parte de sus esfuerzos en curso (véase el párr. 22 supra). Chile señaló además que está mejorando las capacidades en Departamento de Seguimiento de CONAF, como el desarrollo de capacidades internas para realizar análisis de incertidumbre, capacitar al personal en el desarrollo de inventarios de GEI, y utilizando nuevas herramientas como Collect Earth y Google Earth Engine para el mapeo de la cobertura terrestre.

2.3.4.2 Áreas de mejora *Technical Assessment Report (TATR)*³¹ Anexo Técnico REDD+

El reporte de evaluación técnica sobre el análisis técnico del Anexo Técnico del 3er BUR de Chile (TATR) identifica una serie de áreas de mejoras establecidas en los párrafos N° 36, 37 y 39 del reporte. Se comentan a continuación:

- [Párrafo 36](#)

Indica las siguientes áreas de mejora identificados en la evaluación técnica del NREF/NRF y que también aplican en la provisión de la información del Anexo técnico:

- Expandir el número de reservorios incluidos, a saber, incluir el COS para todas las actividades y la DOM para la actividad de aumento de stocks de carbono.
- Extender el nivel de referencia para cubrir otros biomas como parte de los esfuerzos para avanzar hacia un NREF/NRF nacional.
- Explorar el uso de un mismo periodo de referencia para todas las actividades en las regiones seleccionadas por el uso de la misma metodología para estimar DA.
- Explorar el uso de series de tiempo de mayor consistencia por el uso de las mismas fuentes de datos satelitales para el periodo completo de DA.

- [Párrafo 37](#)

El equipo de expertos de LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) indica que el país podría considerar recalcular el set de DA usando imágenes de satélite con el mismo enfoque de clasificación, resolución espacial y marco de tiempo para todas las áreas subnacionales o para la cobertura nacional, con el objetivo de mejorar la consistencia y precisión de las estimaciones en presentaciones futuras.

³¹ https://unfccc.int/sites/default/files/resource/tatr1_2019_CHL.pdf

- Párrafo 39

Según indica el párrafo, luego de los intercambios técnicos con los expertos, Chile identificó las siguientes necesidades de soporte técnico y necesidad de construcción de capacidades para promover las mejoras en la estimación de DA y FE. Son las siguientes:

- Mejorar la precisión en la identificación de cambios de uso de la tierra, desde no bosque a bosque nativo.
- Desarrollar metodologías para el monitoreo de actividades en regiones con alta cobertura de nubes.
- Fortalecer la capacidad técnica para monitorear otras regiones y tipos forestales bajo el SNMF.
- Incluir la actividad de manejo forestal sustentable y los cambios de stock de carbono asociados.
- Incluir el reservorio de COS en estimaciones a nivel nacional.
- Aplicar el enfoque de Monte Carlo para el para el análisis de incertidumbre de las estimaciones.

2.3.4.3 *Actividades realizadas para la mejora de la información*

Con base en las áreas de mejora identificadas en los procesos de evaluación técnica del NREF/NRF y del Anexo Técnico de Resultados, desde 2017 en adelante se desarrollaron una serie de actividades que se traducen en los puntos de esta propuesta de ampliación del NREF/NRF de Chile.

Las principales actividades se describen a continuación:

- Desarrollo de metodología para la elaboración de mapas de uso y cambio de uso de la tierra con periodicidad bienal

A partir de 2017 el DMECC de CONAF con el apoyo financiero del Fondo para el Medioambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) para el proyecto Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (SIMEF) inició los trabajos para desarrollar una metodología de detección de cambios de uso de la tierra con periodicidad bienal. Como producto del esfuerzo, se desarrolló la metodología de elaboración de mapas de cambio establecida en el Procedimiento operativo estándar (SOP) N°02³² adjunto a este reporte.

Este trabajo consideró, como primera tarea, la elaboración de mapas de uso y cambio de uso de la tierra para las regiones incluidas en el NREF/NRF subnacional de Chile entre el periodo 2013/2017, los cuales fueron utilizados en la estimación de emisiones del Anexo Técnico de resultados REDD+. Posteriormente, CONAF ha seguido avanzando en la implementación del método, siendo aplicado en otras regiones y para diferentes periodos bienales. Los mapas elaborados, están disponibles en la plataforma SIMEF del Ministerio de Agricultura³³.

- Elaboración de diagramas de densidad para los principales tipos forestales

El NREF/NRF subnacional de Chile consideró el diagrama de densidad del tipo Forestal RORACO para la estimación de emisiones por degradación forestal en bosque permanente. El desarrollo de esta actividad de mejora comenzó con la aplicación del diagrama de densidad del Tipo Forestal Lengua, elaborado durante 2017 por el INFOR con el soporte financiero de CONAF a través del Fondo de Investigación de la Ley de Bosque Nativo.

Durante el 2018 INFOR, bajo el mandato de CONAF, elaboró los diagramas de densidad para los tipos forestales Roble-Hualo (RoHua) y Coigüe-Raulí-Tepa (CoRaTe). En 2019 se desarrolló el diagrama de densidad para el Coigüe de Magallanes y el Esclerófilo subtipo espinal, y en 2020 el diagrama de manejo del Esclerófilo subtipo esclerófilo.

³² https://drive.google.com/file/d/1V5CqxBRsy-cUVBbeaOb1mYzWAtlZOMd1/view?usp=drive_link

³³ <https://esri-ciren.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=fbfaca8c5b8b429c853439b8262e1b60>

Para todos los casos, se aplicó la metodología propuesta por Gingrich (1967) y ajustada por Bahamóndez *et al.* (2009), Bahamóndez y Thompson. (2016) y Müller-Using *et al* (2012) para el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe.

De esta manera, el NREF/NRF nacional considera los diagramas de densidad para: RORACO, Lenga, Siempreverde subtipo Canelo, RoHua, CoRaTe, Coigüe de Magallanes, Esclerófilo subtipo espinal y Esclerófilo subtipo esclerófilo.

- Elaboración de mosaicos multipixeles para la generación de datos de actividad

Como parte del proceso de mejora continua del SNMF, y con el objetivo de contar con series de tiempo de mayor consistencia, el DCCSE de CONAF estableció una metodología para la generación de mosaicos multipixeles con ventanas temporales asociadas a la estación seca que asegure la consistencia en la base de información para la generación de datos de actividad, tanto de cambio de uso de la tierra como de bosque permanente. El detalle metodológico para la elaboración del mosaico se establece en el SOP 01³⁴

- Desarrollo de una plataforma de gestión de la información de la ENCCRV para facilitar el uso, transparencia y difusión de la información

A partir de 2021 con el financiamiento del FCPF, se inició el desarrollo de la “Plataforma de Gestión de la Información de la ENCCRV³⁵, herramienta informática cuyo objetivo principal es dar seguimiento a la implementación de las medidas de acción de la ENCCRV. Se caracteriza por ser un sistema modular que incluye la gestión de proyectos, el seguimiento a la implementación predial, el monitoreo de cobeneficios y el sistema de información de Salvaguardas.

La Plataforma se encuentra alojada en un sistema de servidores físicos en el Data Center de CONAF, el cual es administrado por el Departamento de Informática. En estos servidores está también el sistema de cálculos de emisiones, compuesto por los insumos base que generan los datos de actividad y una serie de aplicaciones que permiten el procesamiento semiautomatizado de las estimaciones de carbono, para este NREF/NRF nacional y para futuros cálculos de resultados de REDD+.

Durante 2022 se desarrolló una versión mejorada de la plataforma, financiada por el FVC.

- Elaboración de Mapas de uso y cambio de Uso de la Tierra para el período de Referencia

Durante el segundo semestre de 2019 se iniciaron los trabajos para elaborar, con la metodología desarrollada por el proyecto SIMEF, Mapas de cambio de uso de la tierra para el periodo histórico 2001-2013, basado en el catastro de bosque nativo, con el objetivo de obtener los cambios de uso espacialmente explícitos mediante un mapa.

El trabajo considero la elaboración de mapas basados en el catastro para todas las regiones del NREF/NRF, para el año 2001 y para el año 2013. Con ellos, y con base en mosaicos multipixeles, se aplicó la metodología SIMEF de detección de cambios espectrales de acuerdo a lo definido en el SOP 02.

Este resultado constituye la información con la cual se definieron los Datos de Actividad para este NREF/NRF nacional, dejando de aplicar el método de interpolación utilizado en el nivel de referencia subnacional.

³⁴ https://drive.google.com/file/d/1V6cXkhx--Y1tqe08QRfTdzipa3eFkVn9/view?usp=drive_link

³⁵ <https://plataforma.enccrv.cl/>

- Análisis y aplicación de metodologías para la estimación de emisiones y absorción de GEI producto de la degradación forestal y del aumento de existencias en bosque permanente para las regiones de Aysén y Magallanes:

Durante 2019 y mediante el financiamiento del FCPF, a través de un concurso público se desarrolló la expansión de la metodología de estimación de emisiones por degradación, hacia las regiones de Aysén y Magallanes.

Para su desarrollo, se consideró los mismos criterios metodológicos que en las otras regiones, utilizando mosaicos satelitales que integraron datos Landsat y Modis, para lograr la cobertura de nubes suficiente para la estimación. El resultado de este trabajo está incorporado en el NREF/NRF nacional y el procedimiento para su aplicación se encuentra anexo en el SOP 05³⁶.

- Desarrollo de estudios para analizar flujos de carbono en áreas con amplia cobertura de nubes

Durante 2021 y mediante el financiamiento del FCPF, el país desarrolló un estudio piloto sobre la estimación de flujos de carbono en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, todas con alta cobertura nubosa. El estudio consideró el uso de datos del sensor Alos Palsar combinados con la información de las parcelas del Inventario Forestal Nacional IFN, en diferentes períodos de tiempo intentando homologarse al NREF/NRF subnacional y al Anexo Técnico de REDD+.

En general, el resultado presenta coherencia y consistencia, no obstante, la falta de disponibilidad de información liberada de datos RADAR dificulta su aplicación en la intención de realizar monitoreo bienal.

³⁶ https://drive.google.com/file/d/1_ebmQ1izKLh3NeWN_IIVU6NFFQavAIY/view?usp=drive_link

3. DEFINICIÓN DE BOSQUE Y CONCEPTOS REDD+³⁷

3.1 Definición de Bosque

La cobertura forestal del país, como se ha descrito en el capítulo anterior está compuesta principalmente por Bosques nativos y Plantaciones Forestales. La Ley 20.283³⁸ sobre recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal define **Bosque** como un *“sitio poblado con formaciones vegetales en las que predominan árboles y que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 metros cuadrados, con un ancho mínimo de 40 metros, con cobertura de copa arbórea que supere el 10% de dicha superficie total en condiciones áridas y semiáridas y el 25% en circunstancias más favorables”*.

La misma Ley 20.283 define **Bosque Nativo** como un *“bosque formado por especies autóctonas, provenientes de generación natural, regeneración natural, o plantación bajo dosel con las mismas especies existentes en el área de distribución original, que pueden tener presencia accidental de especies exóticas distribuidas al azar”*.

Respecto a Plantaciones Forestales, la Ley 20.283 no establece ninguna definición en particular. Según FAO (2012)³⁹ se consideran **Plantaciones Forestales o Bosques Plantados** aquellos *“bosques predominantemente compuestos de árboles establecidos por plantación y/o siembra de forma deliberada”*, teniendo en cuenta que: *“1) Predominantemente, significa que los árboles plantados o sembrados se espera que constituyan más del 50% de la masa en su etapa madura; 2) Incluye el rebrote de árboles que fueron originalmente plantados o sembrados; 3) Incluye las plantaciones de caucho, alcornoque y pino; 4) Excluye los árboles de especies introducidas regenerados de manera natural”*. En el mismo documento FAO describe como **Plantaciones Forestales Exóticas**, *“aquellas Plantaciones Forestales compuestas en su etapa de desarrollo adulta en más de un 50% por especies exóticas”*.

En la actualidad prácticamente la totalidad de las plantaciones forestales en Chile son plantaciones monoespecíficas con especies exóticas y con un objetivo productivo-maderero, existiendo una escasa representatividad en número y dimensiones de Plantaciones Forestales Nativas⁴⁰. Una de las pocas experiencias registradas de plantaciones forestales con especies nativas son las plantaciones forestales de Tamarugo, localizadas en las regiones de Tarapacá y Antofagasta⁴¹.

³⁷ La definición de Bosque y actividades REDD+ fue determinada para el establecimiento del NREF/NRF subnacional de Chile, por medio de una iniciativa de CONAF en conjunto con expertos nacionales e internacionales que hicieron aportes y comentarios de forma continua a la propuesta original y todas sus versiones posteriores. Las definiciones fueron sometidas a discusión y validación en el “Segundo Taller Internacional para la elaboración de Niveles de Referencia de Carbono Forestal – Niveles de Referencia Forestal y Análisis de MRV, contexto Chileno” donde se realizaron las últimas modificaciones y se acordaron las definiciones finales.

³⁸ http://www.conaf.cl/cms/editorweb/transparencia/potestades/Ley-20283_bn.pdf

³⁹ <http://www.fao.org/docrep/017/ap862e/ap862e00.pdf>

⁴⁰ De acuerdo al Inventario Continuo de INFOR (2020) el 3,2% de las plantaciones corresponde a Otras Especies, donde cabe incluir especies tanto exóticas como nativas. Fuente: INFOR <https://ifn.infor.cl/index.php/descargas-recursos/descargas/send/2-documentos-inventario-forestal/37-informe-ifc-2020>

⁴¹ Esta información procede del monitoreo y actualización de Catastro de 2018 y 2019 de las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Fuente: CONAF.

En este sentido, en esta propuesta de NREF/NRF nacional se considera el total de Plantaciones Forestales como un conjunto uniforme, ya que las plantaciones monoespecíficas con especies exóticas y con un objetivo productivo-maderero representan prácticamente la totalidad de la realidad nacional.

Con base en lo expuesto anteriormente se considerará bosque nativo a todas las tierras que están definidas como tal bajo la actual legislación.

Para mayor claridad, se listan las siguientes observaciones:

1. Bajo el concepto de operatividad del NREF/NRF se considerará como bosque a aquellas tierras definidas como tal por el catastro de bosque nativo, y a aquellas áreas definidas como Bosque Nativo o Bosque Mixto por los mapas de uso y cambio de uso de la tierra.
2. En línea con las metas medioambientales que se pretenden promover a través de la ENCCRV, el nivel de referencia no considerará en su contabilidad los flujos de carbono producidos en áreas consideradas como Plantaciones Forestales, las cuales están asociadas a bosques plantados de especies exóticas con un objetivo maderero de carácter industrial.
3. Para cumplir con el concepto de completitud, los flujos de carbono en plantaciones forestales seguirán siendo reportados en el INGEI.
4. Como se indica en la sección 2.3, de acuerdo con la definición legal de bosque de acuerdo con la Ley 20.283 a partir de 2008, aquellas superficies clasificadas como matorrales arborescentes no constituirán bosques de acuerdo con la definición legal. Con esto, los matorrales arborescentes se consideran como tales y, por lo tanto, no se cuentan en la superficie del bosque nativo para las actualizaciones del nivel de referencia.

Es importante clarificar que la definición aplicada en el NREF/NRF nacional de Chile varía con respecto a la definición aplicada en el INGEI para Tierras Forestales, donde se integran el Bosque Nativo con las Plantaciones Forestales. Esta aplicación se ha definido en consideración del objetivo de la ENCCRV sobre apoyar la recuperación y protección del bosque nativo y formaciones xerofíticas, así como potenciar el establecimiento de formaciones vegetacionales en suelos factibles de ser plantados como medidas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático, y lucha contra la desertificación.

Así mismo, y como se desprende de los resultados de los “Talleres de Formulación y Participación de la ENCCRV”⁴², permanece un planteamiento generalizado entre los diferentes actores del territorio hacia el fomento y promoción para incrementar las superficies de bosque nativo manejado de forma sustentable, así como la superficie cubierta por éste recurso, por sobre las plantaciones exóticas industriales, dado que se asume que estas son regidas por empresas que obtienen rentabilidad de forma autónoma.

3.2 Cobertura de Tierras Forestales

Los recursos forestales de Chile se caracterizan por su complejidad dada por la amplia distribución latitudinal que abarca desde el paralelo 18°S hasta el 56°S. Esta condición geográfica genera un gradiente de unidades naturales que comienza en la zona más al norte en la región de Coquimbo con ambientes áridos y semiáridos

⁴² <http://www.conaf.cl/cms/editorweb/ENCCRV/PLAN-SALVAGUARDAS-ENCCRV.pdf>

dominados por climas desérticos, pasando a ambientes templados dominados por climas mediterráneos en la zona central, y por climas húmedos, húmedos fríos, oceánicos y subantárticos a medida que se avanza hacia el extremo sur en las regiones de Aysén y Magallanes.

Este gradiente latitudinal, el cual combinado con una fisiografía principalmente montañosa con una fuerte presencia y efecto de la Cordillera de Los Andes, ha generado condiciones idóneas para el desarrollo de una amplia diversidad de ecosistemas forestales nativos, compuestos por comunidades discretas y continuas que se distribuyen a lo largo del territorio nacional ocupando una superficie superior a los 14 millones de hectáreas.

Estas condiciones naturales, sumadas a procesos históricos de transformación del paisaje, han propiciado el establecimiento de una superficie de monocultivos forestales de un poco más de tres millones de hectáreas, los que se han concentrado principalmente en la zona templada, y que en su gran mayoría están destinados a la industria de la madera y la celulosa (Tabla 6).

Tierras Forestales	Superficie (ha)	%
Plantaciones ⁴³	3.114.125	17,3%
Bosque Nativo	14.737.485	81,7%
Bosque Mixto	179.125	1,0%
Total	18.030.735	100%

Tabla 6. Tierras forestales en Chile. Fuente: sit.conaf.cl

El territorio nacional de Chile tiene casi un 24% de su superficie ocupada por tierras forestales, junto a una considerable proporción de tierras con formaciones de praderas y matorrales (39,9%) (Tabla 7). Una cantidad importante de estos matorrales son bosques en estados de degradación avanzados que podrían ser restaurados, al igual que otros suelos degradados que actualmente están sin vegetación arbórea y que son suelos potencialmente forestables.

Usos Del Suelo	Superficie (ha)	%
Áreas Urbanas e Industriales	796.720	1,1%
Terrenos Agrícolas	3.230.542	4,3%
Praderas y Matorrales	30.240.377	39,9%
Bosques Nativos y Plantaciones Forestales	18.030.735	23,8%
Humedales	854.896	1,1%
Áreas Desprovistas de Vegetación	17.347.106	22,9%
Nieves y Glaciares	3.466.361	4,6%
Cuerpos de Agua	1.431.227	1,9%
Áreas No Reconocidas	331.199	0,4%
Total	75.529.163	100%

Tabla 7. Usos de suelo en Chile, año 2021. Fuente: sit.conaf.cl

⁴³ Se refiere a la superficie de uso de la tierra y no a cobertura forestal.

3.2.1 Bosque Nativo

La superficie del país cubierta por tierras forestales de bosque nativo está clasificada de acuerdo a diversos sistemas que caracterizan las comunidades forestales. No obstante, la clasificación de mayor aplicación es la que se ha tipificado en la normativa forestal vigente donde se definen 12 tipos forestales.

Esta tipología de clasificación, sobre la cual se define también el Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile⁴⁴, tiene más de tres décadas de existencia, y corresponde a una simplificación práctica de la enorme diversidad de condiciones de bosques naturales existente, actuando como base de clasificación para los sistemas de monitoreo forestal del país, y permitiendo regular el uso de estos recursos.

Los Tipos Forestales más importantes son el Siempreverde y el Lenga, cada uno representando un 25% de la superficie total del bosque nativo, seguido del Coihue de Magallanes y del esclerófilo. Como se aprecia en la Figura 4, la distribución de los Tipos Forestales posee una gradiente de transición en que se van incorporando, mezclando, y retirando los diferentes tipos de bosque, a medida que se avanza desde una latitud a otra. En la misma figura es posible visualizar que las regiones que concentran una mayor superficie de bosques son las ubicadas en las zonas sur y austral del país, abarcando más del 80% del bosque nativo del país.

En el Norte Grande existe una superficie pequeña de formaciones naturales semi boscosas, principalmente de especies xerofíticas (adaptadas a climas áridos) como la Queñoa (*Polylepis tarapacana*) y otras similares, las que se encuentran aisladas del resto de los bosques del país producto del Desierto de Atacama, y que suman una superficie de 54.451 hectáreas dispersas en pequeños bosquetes (Teillier, 1999).

Al sur del Norte Chico comienzan a aparecer formaciones xerofíticas y esclerófilas (hojas duras con esclerénquima) de mayor dimensión, dando el nombre al Tipo Forestal principal de estas zonas, dominadas por especies adaptadas al clima templado mediterráneo con períodos estivales prolongados. En mejores condiciones de disponibilidad hídrica y más al sur de esta zona, aparecen los bosques esclerófilos que en algunos sectores alcanzan importantes dimensiones y niveles de cobertura (Lubert y Plissock, 2006).

Es importante mencionar que los ecosistemas mediterráneos son los que presentan una importante biodiversidad en el país, y a la vez, una fuerte alteración antrópica producto de la presión por cambios en el uso del suelo (principalmente hacia usos agrícolas y urbanos), por incendios, por sobrepastoreo, y por el uso insustentable de los bosques, matorrales y formaciones xerofíticas que han sido por décadas fuente de combustible y otros bienes primarios. A esto se suma que los usos del recurso ocurren en algunas ocasiones en la informalidad, lo que genera procesos degradativos evidentes en el tiempo, lo que puede representar mayores dificultades para dimensionar este fenómeno.

A pesar de la existencia en estos ecosistemas de potencial para generar productos madereros, productos no madereros de alto valor (ej. Saponinas de *Quillaja saponaria*; Boldinas de *Peumus boldus*) y servicios de conservación que permitirían un manejo sustentable, esto ocurre a pequeña escala debido al estado actual de degradación de los bosques y a la baja inversión pública y privada destinada a la recuperación de este recurso, que es por lo demás, la última barrera natural contra la desertificación (Honeyman *et al.*, 2009).

⁴⁴ Descripción disponible en https://sit.conaf.cl/varios/Catastros_Recurso_Vegetacionales_Nativos_de_Chile_Nov2021.pdf

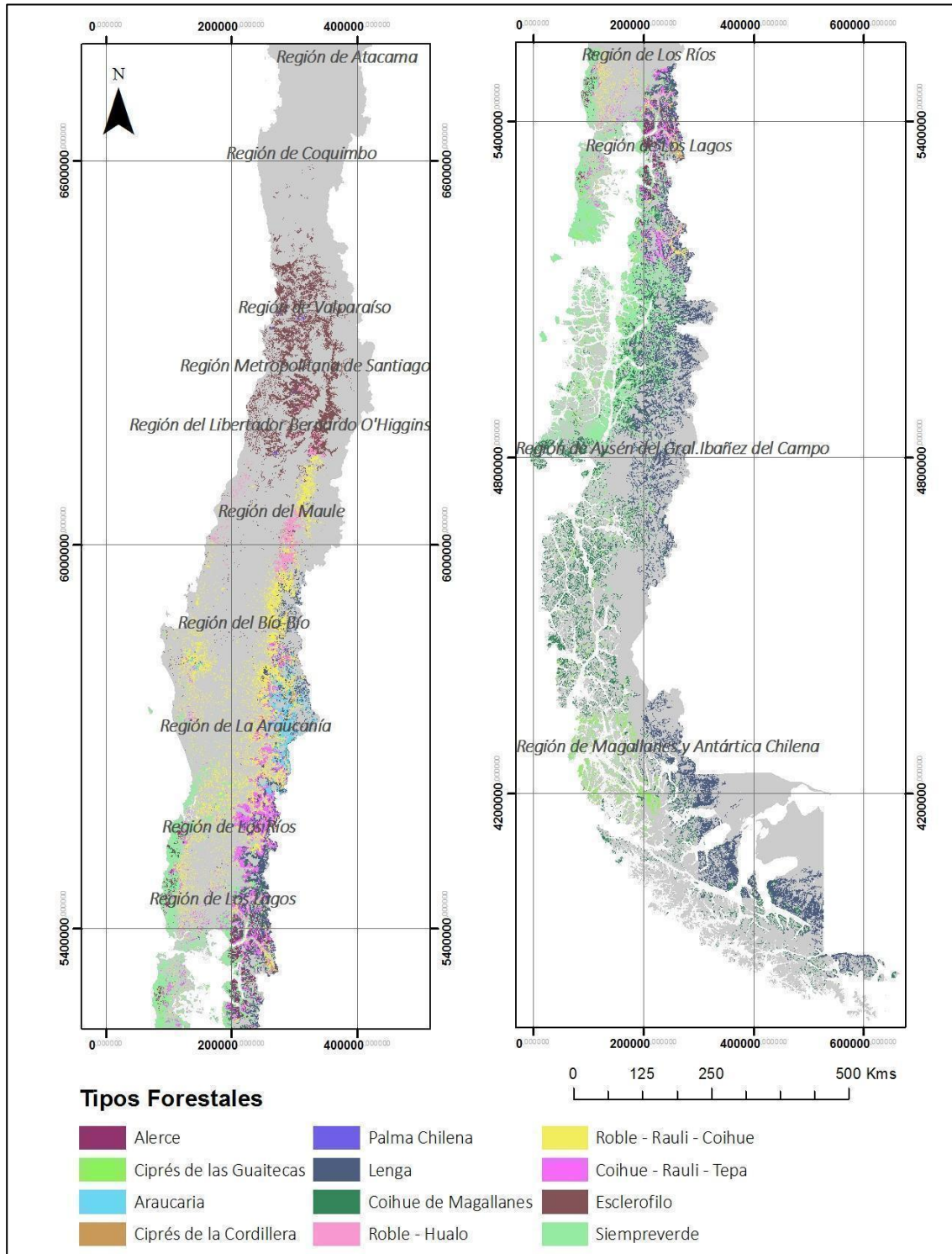


Figura 4. Mapa de distribución de los Tipos Forestales. Fuente: Elaboración propia

Siguiendo hacia la Zona Sur, el clima templado húmedo da paso a formaciones forestales dominadas por especies caducifolias del género *Nothofagus*, donde los Tipos Forestales Roble-Hualo y Roble-Raulí-Coihue (RORACO) dominan el paisaje forestal con complejas transiciones ecotonales.

Estos bosques se encuentran en su mayoría, en estado de renoval, es decir, son bosques secundarios generados de forma posterior a procesos de sobreexplotación, incendios forestales, o recolonización de suelos abandonados por la agricultura. Otro fenómeno que afectó en la década de los ochenta a estos bosques fue el cambio de uso de suelo a plantaciones forestales (sustitución), especialmente en las regiones del Maule y Biobío (Donoso *et al.*, 2014).

En general, los bosques dominados por *Nothofagus* son bosques densos, alcanzando grandes dimensiones en altura (más de 40 metros) y coberturas de copa mayores al 100%. Estas formaciones son en su mayoría coetáneas (edades similares) y tienden a formar bosques puros o de pocas especies dominantes, por tanto su manejo es relativamente más sencillo. Esto último deriva en que gran parte de las actividades silviculturales de manejo formal se realiza en estos renovales, no obstante, su uso comercial es marginal en comparación a la industria asociada a especies exóticas de rápido crecimiento.

En las zonas de mayor altitud en bosques de la Zona Sur, domina el Tipo Forestal Lengua (*Nothofagus pumilio*) conformando bosques de esta especie caduca, la que crece de forma achaparrada (hábito arbustivo) como adaptación a las complejas condiciones ambientales. A medida que aumenta la latitud, la Lengua comienza a bajar en altitud y adquiere dominancia en las formaciones australes llegando hasta el nivel del mar (Donoso, 2015).

Aparecen también en la Zona Sur, formaciones boscosas dominadas por coníferas milenarias como la *Araucaria Araucana* (*Araucaria*), el *Fitzroya cupressoides* (Alerce), y *Pilgerodendron uviferum* (Ciprés de la Guaitecas), especies que dan origen a tres Tipos Forestales de similares nombres. Tanto la *Araucaria* como el Alerce, están actualmente protegidas por ley, debido a la condición crítica de conservación en que se encontraban después de décadas de sobreexplotación, incentivada por la alta calidad y durabilidad de sus maderas (Donoso, 2015), siendo especies incluidas en el Apéndice I ⁴⁵ de la Convención Internacional Sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).

Siguiendo hacia el sur, aparece el Tipo Forestal Siempreverde, uno de los dos más importantes en superficie, y que es dominado por especies perennes de diferentes géneros y familias, conformando lo que se conoce como la Selva Valdiviana o Selva Lluviosa Fría, dada su alta biodiversidad y estratificación. Estos son bosques de gran tamaño, en general de alta densidad y cobertura, acumulando altos niveles de biomasa por hectárea.

Estos bosques son extensos, complejos y de gran variabilidad, razón por la cual se distinguen cinco subtipos: bosques en suelos Ñadis, bosques de Olivillo Costero, bosques siempreverdes con intolerantes emergentes, bosques siempreverdes de tolerantes, y los renovales de Canelo, todos ellos cubriendo grandes superficies en las regiones de Los Lagos y Aysén, especialmente en la zona costera de canales y archipiélagos (Donoso, 2015).

Las formaciones siempreverdes también presentan estados de alteración antrópica, procesos causados por la sobreexplotación, los incendios, el sobrepastoreo y el cambio de uso del suelo, existiendo también, aunque en menor medida, fenómenos de sustitución por plantaciones forestales y habilitaciones agrícolas y pecuarias.

⁴⁵ Apéndices I, II y III: <https://cites.org/esp/app/appendices.php>

A pesar de su complejidad, estos bosques igualmente son manejados para la extracción de productos madereros, principalmente leña, y no madereros, ocurriendo también una práctica frecuente de extracción selectiva de los individuos de mejor calidad y mayores dimensiones (denominada a nivel nacional como Floreo) destinados a la industria de la madera. Al igual que en los tipos anteriores, la informalidad de tales actividades es un problema relevante en el contexto del manejo y conservación del recurso (Donoso *et al.*, 2014).

Por último, en la Zona Austral, cobran importancia los Tipos Forestales Lenga (*Nothofagus pumilio*) y Coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), ambos formando bosques puros o mezclas de ambas especies. Estos bosques pueden también alcanzar grandes dimensiones y altas coberturas, pero tienen menor biodiversidad que los tipos forestales presentes en la zona templada y mediterránea, abarcando grandes extensiones en territorios donde la presión antrópica es significativamente menos intensa debido a la baja densidad poblacional. Sin embargo, es posible observar en el paisaje los vestigios de grandes incendios que afectaron esta zona el siglo pasado, devastando importantes superficies de estos bosques para dar paso a estancias ganaderas (Donoso, 2015).

Región	Tipo Forestal (ha)												
	Alerce	Ciprés de las Guaitecas	Araucaria	Ciprés de la Cordillera	Lenga	Coihue de Magallanes	Roble-Hualo	Roble-Raulí-Coihue	Coihue-Raulí-Tepa	Esclerófilo	Siempreverde	Palma Chilena	TOTAL
Arica y Parinacota	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47.151	-	-	47.151
Tarapacá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.246	-	-	33.246
Antofagasta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.899	-	-	11.899
Atacama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.224	-	-	3.224
Coquimbo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.194	281	-	48.475
Valparaíso	-	-	-	49	-	-	1.224	-	-	475.194	-	7.648	484.115
Metropolitana	-	-	-	76	-	-	10.348	-	-	350.437	-	3.094	363.955
O'Higgins	-	-	-	2.901	-	-	33.187	-	-	418.879	-	4.343	459.310
Maule	-	-	-	12.960	9.680	-	172.737	172.506	-	213.631	-	-	581.514
Ñuble	-	-	-	6.076	49.908	-	13.375	153.974	3.679	19.390	1.578	-	247.980
Biobío	-	-	38.796	18.220	97.709	-	-	360.084	48.416	20.755	13.593	-	597.573
La Araucanía	-	-	199.460	13.560	108.655	-	-	470.860	120.421	636	50.562	-	964.154
Los Ríos	7.770	83	13.961	-	143.023	4.337	-	252.801	280.321	203	206.032	-	908.531
Los Lagos	208.360	43.088	-	19.163	509.898	126.502	-	244.655	393.084	499	1.282.188	-	2.827.437
Aysén	-	159.334	-	-	1.400.378	939.169	-	-	-	-	1.899.864	-	4.398.745
Magallanes y La Antártica	-	228.094	-	-	1.373.880	888.098	-	-	-	-	270.105	-	2.760.177
TOTAL	216.130	430.599	252.217	73.005	3.693.131	1.958.106	230.871	1.654.880	845.921	1.643.338	3.724.203	15.085	14.737.486

Tabla 8. Distribución regional de los Tipos Forestales. Fuente: Catastro de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra (CONAF, 2020)⁴⁶

⁴⁶ Catastro de los Recursos Vegetacionales y Uso de la Tierra: <https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/catastro-vegetacional/>

En síntesis, a pesar de que Chile posee un extenso y diverso recurso forestal nativo, su uso actual no representa un aporte significativo para el Producto Interno Bruto (PIB) (1,9% en 2017), y se desconoce a ciencia cierta cuál es la real dimensión de este uso y explotación, ya que existe una alta informalidad que podría superar el 80% según datos extraoficiales. En la actualidad son proveedores de servicios ambientales tales como la provisión de biomasa para leña en las comunidades y refugio para el ganado, los cuales han generado procesos degradativos.

Estos procesos de degradación de los bosques se han detectado en importantes superficies del territorio, siendo potenciados además por los incendios forestales que ven acrecentado su impacto producto de la prolongada sequía que afecta al país. Este fenómeno ocurrido por décadas ha generado una pérdida importante del valor ecológico y económico de los bosques, disminuyendo su capacidad para la provisión de bienes y servicios, entre ellos la captura y almacenamiento de carbono, generando una pérdida sustancial del capital natural del país.

Este proceso de degradación ha desencadenado además, el abandono de los bosques, y en algunos casos, su deforestación y cambio de uso hacia otros usos productivos de mayor rentabilidad, incrementando aún más las emisiones asociadas al uso insostenible del recurso forestal (Donoso *et al.*, 2014).

3.2.2 Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)

El SNASPE posee bajo su administración una superficie de 18.6 millones de hectáreas donde existe una representación de bosques nativos que se encuentran en estado formal de conservación y preservación, así como humedales, salares y otras zonas de conservación no forestal (Parques y Reservas Nacionales) (Tabla 9 y Figura 5).

Por otra parte, existe en Chile una creciente conformación de Áreas Protegidas Privadas (APP), las que son creadas por diferentes motivaciones, que van desde el altruismo hasta el desarrollo del ecoturismo.

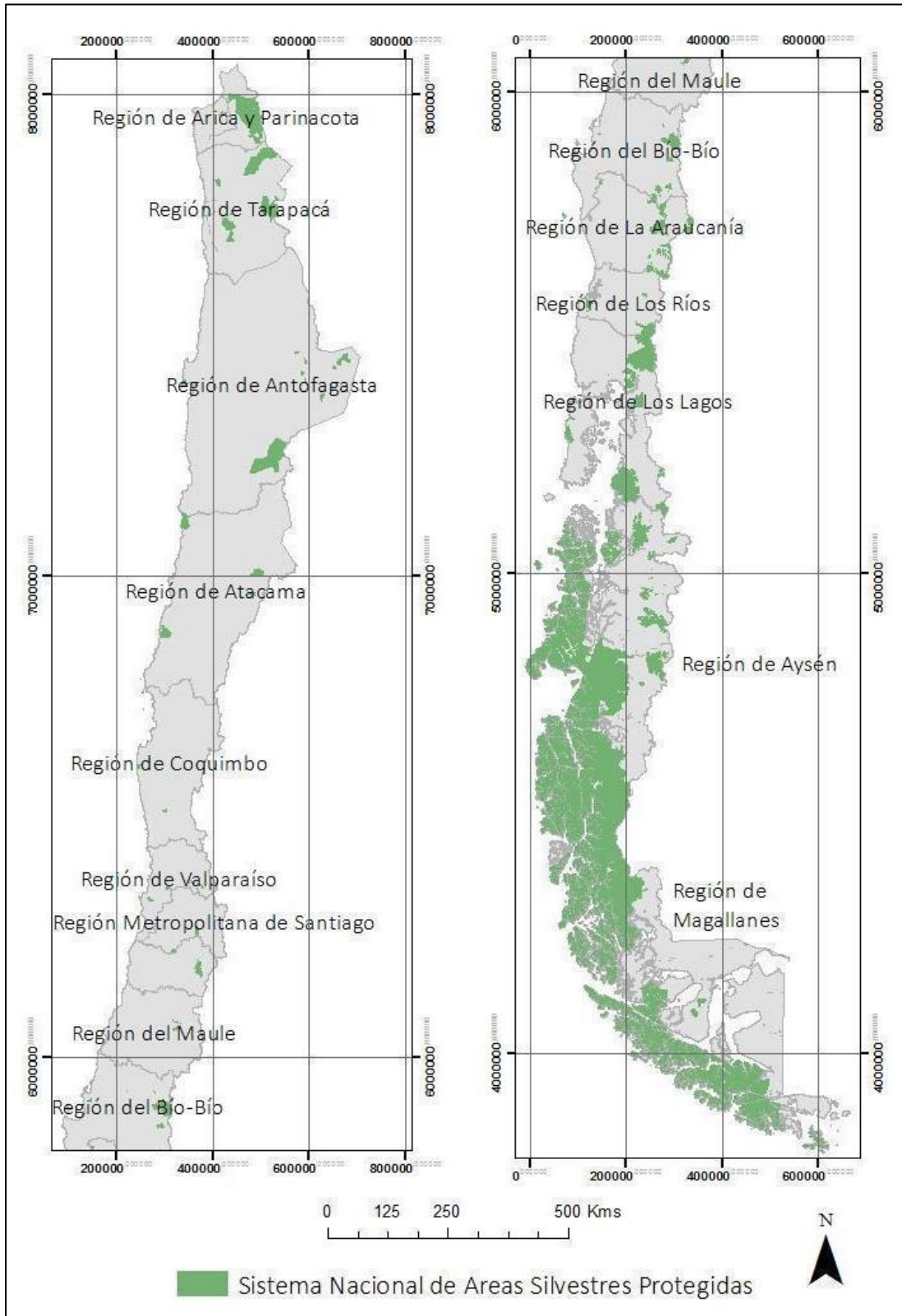


Figura 5. Distribución de parejas SNASPE. Chile 2020

Región	Número de SNASPE	Superficie (ha)
Arica y Parinacota	5	369.648,8
Tarapacá	2	301.893,0
Antofagasta	6	360.119,0
Atacama	3	148.544,0
Coquimbo	4	15.175,0
Valparaíso	7	44.494,5
Metropolitana	3	16.379,1
O'Higgins	3	46.461,0
Maule	8	18.668,0
Ñuble	2	57.969,0
Biobío	6	54.928,0
Araucanía	12	298.158,0
Los Ríos	2	21.512,0
Los Lagos	12	1.406.861,7
Aysén	17	4.576.220,7
Magallanes	14	10.889.434,8
Total	106	18.626.466,6

Tabla 9. Distribución regional de superficies pertenecientes al SNASPE. Fuente: CONAF

3.2.3 Plantaciones forestales

Los monocultivos forestales en Chile cubren una superficie aproximada de tres millones de hectáreas, concentrándose en la Zona Central, principalmente en la cordillera de la costa y precordillera de las Regiones del Maule, Ñuble, Biobío, y Araucanía, donde se acumula el 80% de la superficie de plantaciones nacionales (Tabla 10).

Las dos principales especies que componen la masa de plantaciones forestales del país son el *Pinus radiata* (Pino insigne) y el *Eucalyptus globulus*, con un 60% y 33% de la superficie plantada respectivamente. Ambas especies son utilizadas en la industria de la pulpa de celulosa, del aserrío, tableros y manufactura, siendo estos, los principales productos de exportación del sector forestal nacional, que a la vez representan el segundo poder exportador del país tras la minería de cobre⁴⁷. También existen, en menor proporción, plantaciones productivas asociadas a otras especies de coníferas o eucaliptus en la zona sur, que en su conjunto suman cerca de un 10% de la superficie nacional.

⁴⁷ <http://www.infor.cl>

En la zona semiárida, a través de un esfuerzo de más de 10 años por parte del Estado, se realizaron plantaciones de 60.000 hectáreas con especies arbustivas del género *Atriplex*, cuyo objetivo era recuperar suelos degradados, y entregar una fuente de alimentación para la ganadería extensiva de la zona.

Existen también en Chile plantaciones compensatorias y experimentales, las cuales no están catastradas de forma oficial, por lo tanto sus dimensiones y estado actual son desconocidas.

El gran patrimonio existente de plantaciones forestales productivas fue el resultado de 40 años de una política de fomento público a establecer plantaciones forestales, lo que permitió el desarrollo de una importante industria, que como ya se mencionó tiene una participación relevante en las exportaciones nacionales⁴⁸.

Región	Superficie (ha)	Porcentaje
Arica y Parinacota	20,8	0,00%
Tarapacá	29.264,0	0,94%
Antofagasta	3.050,0	0,10%
Atacama	276,0	0,01%
Coquimbo	12.285,0	0,39%
Valparaíso	68.758,0	2,21%
Metropolitana	9.181,0	0,29%
O'Higgins	130.536,0	4,19%
Maule	634.894,0	20,39%
Ñuble	380.715,0	12,23%
Biobío	875.178,0	28,10%
La Araucanía	632.289,0	20,30%
Los Ríos	208.775,0	6,70%
Los Lagos	96.599,0	3,10%
Aysén	32.017,0	1,03%
Magallanes y de La Antártica	286,0	0,01%
Total	3.114.123,8	100,00%

Tabla 10. Distribución regional de las superficies ocupadas por plantaciones forestales. Fuente: CONAF

⁴⁸ <http://www.conaf.cl>

3.3 Actividades REDD+

El NREF/NRF Nacional de Chile describe las emisiones y absorciones producidas en los Bosques Nativos durante el periodo de referencia para las actividades de Reducción de emisiones por Deforestación, Reducción de emisiones por Degradación, Conservación de stock de carbono Forestal y Aumento de Existencias de Carbono.

Estas actividades se basan en los conceptos que se muestran en la Figura 6, donde las actividades de mejora implican un aumento de stock y mejora en la condición del bosque o en la superficie de bosque; y las actividades que empeoran son aquellas que disminuyen el stock de carbono. Se describen a continuación.

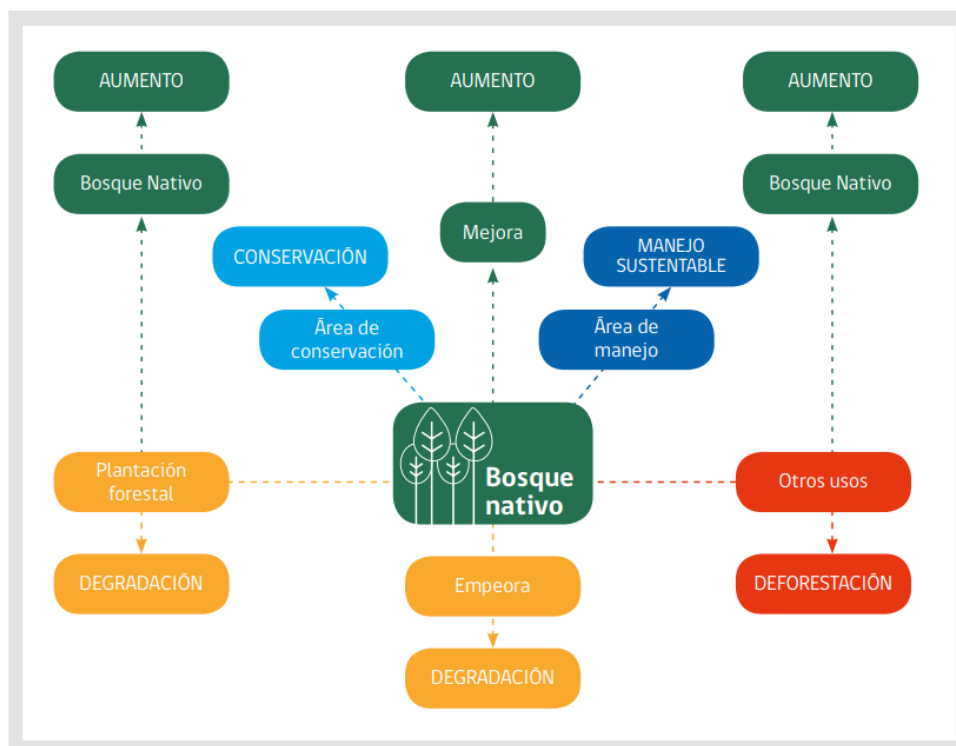


Figura 6. Conceptos de actividades REDD+

Si bien la inclusión de la actividad de Manejo Sustentable de Bosques era un área de mejora considerara tanto en el primer NREF como en el Anexo Técnico y sus respectivos TARs, en la actualización de este NREF/NRF no ha sido factible incluir dicha actividad. Esto se debe a limitaciones sobre disponibilidad de información oficial que permita delimitar espacialmente la superficie de bosques sujeta a acciones de manejo que persisten a la fecha. En este sentido, y tal como es considerado en el primer NREF/NRF, las actividades de manejo por medio de los Planes de Manejo que estipula la Ley 20.283 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, se incorporan implícitamente en los cambios de stock de carbono en las actividades de Degradación, Conservación Forestal y Aumento de Existencias de Carbono, en áreas de bosque permanente.

3.3.1 Deforestación

Definida como la transformación de áreas de bosque en otro uso de suelo de forma permanente o donde no se tenga certeza de cómo y cuándo ocurriría la restitución del bosque.

Consideraciones:

1. No se considerará Deforestación el cambio de uso de suelo de bosque (según la definición expuesta anteriormente) a plantación. Este cambio de uso de suelo se reportará bajo la actividad de Degradación, permitiendo mantener la consistencia con el INGEI.
2. No se considerará como deforestación las áreas desprovistas temporalmente de stock o donde se han extraído árboles, siempre y cuando esté planificada, reportada y documentada una actividad regenerativa natural o asistida.

3.3.2 Degradación Forestal

Definida como toda aquella reducción del contenido de Carbono de un bosque, inducida por el ser humano con una intensidad que recomienda el cese de la actividad silvícola, pero que no provoca un cambio de uso de la tierra.

Consideraciones:

1. No se considerará en el NREF/NRF de degradación, las emisiones producidas en bosques que permanecen bosques sujetos a procesos formales de conservación, ya que se contabilizan en la actividad de Conservación.
2. Se considerará como degradación todo cambio de uso de la tierra de Bosque a Plantación Forestal, también denominada Sustitución. El contenido de carbono de las plantaciones después de la sustitución será considerado como "0", a consecuencia del proceso de eliminación de la vegetación necesario para el establecimiento de una plantación. La contabilidad de los flujos de carbono posteriores al establecimiento de las plantaciones no se incluye en el Nivel de Referencia REDD+, pero sí en el INGEI.
3. Las emisiones de Gases No CO₂, producto de incendios forestales se consideran en la actividad de Degradación.

3.3.3 Aumento de Existencias de Carbono Forestal

Definida como el incremento en stocks de carbono forestal en áreas sujetas a un cambio de uso de la tierra de no bosque a bosque y el incremento de stock de carbono forestal producto de la recuperación de bosques degradados.

Consideraciones:

1. No se considerarán en la actividad Aumento de Existencias, aquellos producidos en bosques que permanecen bosques sujetos a procesos formales de conservación, ya que se contabilizan en otras de las actividades.

2. Se considerará como Aumento de Existencias todo cambio de uso de Plantación Forestal a Bosque Nativo (también denominado Restitución), permitiendo mantener 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 “0”.

3.3.4 Conservación Forestal

Definida como las variaciones en el contenido de carbono y Aumento de existencias en áreas de Bosque Nativo sujeto a procesos formales de conservación.

Consideraciones:

1. Dependiendo de la información disponible, se considerarán como Bosque Nativo sujeto a procesos formales de conservación aquellos identificados por Tipos Forestales de Preservación (Palma Chilena, Alerce y Araucaria), además de las superficies forestales que forman parte del SNASPE y aquellas registradas como áreas protegidas de Propiedad privada de carácter de conservación forestal.

3.3.5 Manejo sustentable de los bosques

Entendido como las variaciones en el contenido de carbono por degradación y aumento de existencias en áreas de Bosque sujeto a procesos formales de manejo.

Se deben tener las siguientes consideraciones:

1. Se consideran como procesos formales de manejo aquellas actividades que se realizan bajo los siguientes mecanismos:
 - a. Plan de Manejo Forestal de Bosque Nativo (incluyendo aquellos estructurados por Tipos Forestales específicos).
 - b. Plan de Manejo de Ordenación de Bosque Nativo.
 - c. Plan de Manejo Forestal para Pequeñas Superficies.
2. A futuro podrían incluirse nuevos mecanismos institucionales que se desarrollen y se estipulen legalmente como herramientas para la sustentabilidad forestal, prestando especial atención a la ENCCRIV y otras que surjan en el futuro.
3. Dentro de los mecanismos de ordenación considerados como Manejo Sustentable se incluyen aquellos orientados hacia la Restauración Forestal.

En la actualidad no es posible localizar y delimitar espacialmente, mediante cartografía oficial del país, las áreas de bosque nativo sujetas a manejo forestal mediante los procesos formales establecidos en el punto 1. En este momento y mientras la situación anterior no mejore, las variaciones de stock por manejo forestal solo están integradas en los Niveles de Referencia de Degradación y Aumento de existencias en bosque permanente. En el caso de contar con la información espacial oficial, se deberán establecer las metodologías para que la actividad sea incluida en la contabilidad de carbono para REDD+ del país.

3.3.6 Consideraciones generales

Las emisiones y absorciones producto de actividades REDD+ incluidas en el Nivel de Referencia actualizado, han sido estimadas utilizando metodologías IPCC, teniendo en cuenta la información base disponible y los métodos utilizados. Por esta razón las estimaciones fueron realizadas a nivel de actividad y sub-actividad considerando aquellas que provocan un cambio de uso y subuso de la Tierra y aquellas que se producen en bosques que permanecen bosques.

Para las que generan cambio de uso de la tierra se estiman DA a través de los Mapas Históricos de Uso y Cambio de Uso de la Tierra (MHCUT); y para las que ocurren en bosque permanente se aplican técnicas de teledetección en combinación con información del Inventario Forestal Nacional mediante una metodología diseñada por el país. Los MHCUT corresponden a un insumo que es utilizado para la elaboración del BUR4 y del Inventario Nacional de GEI.

Para mayor claridad de esta propuesta de actualización del NREF/NRF, las metodologías serán descritas a nivel de sub-actividad cuando sea aplicable, para luego ser organizadas en la actividad REDD+ que corresponda.

Como se puede apreciar en la Tabla 11, la actividad de Degradación se divide en tres subactividades: Sustitución de Bosque Nativo, identificada como cambio de subuso de la tierra; Degradación de bosque permanente, identificada como variaciones del contenido de carbono en bosques que permanecen como bosques; y por último Incendios forestales, donde se contabilizan los gases No CO₂ emitidos por incendios forestales en bosques permanentes.

ACTIVIDAD	Cambio de uso/sub-uso	Bosque permanente
Deforestación	Deforestación	
Degradación Forestal	Sustitución de Bosque Nativo	Degradación de bosque permanente
		Incendios Forestales
Aumento de las Existencias de Carbono Forestal	Aumento de superficie forestal	Aumento de Existencias en Bosque Permanente
	Restitución de Bosque Nativo	
Conservación de Existencias de Carbono Forestal		Degradación y Recuperación en bosque permanente en áreas sujetas a algún tipo de conservación.

Tabla 11. Identificación de sub-actividades REDD+

4. FUENTES DE INFORMACIÓN

4.1 Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile

Para el cumplimiento de los compromisos de reporte por parte de Chile, desde 2012, la Oficina de Cambio Climático del MMA (OCC) diseña, implementa y coordina el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile SNICHILE⁴⁹, el cual administra las medidas institucionales, jurídicas y de procedimiento establecidos para la actualización bienal del INGEI, garantizando de esta forma la sostenibilidad de la preparación de los inventarios de GEI en el país, la coherencia de los flujos de GEI notificados y la calidad de los resultados.

La estructura del SNICHILE (Figura 7) consiste en una orgánica descentralizada, donde el INGEI es el resultado del esfuerzo colectivo y permanente de diversos servicios públicos que conforman el equipo nacional de inventarios de GEI, entre ellos, los ministerios de Agricultura, Energía y Medio Ambiente. Además, expertos nacionales e internacionales colaboran transversalmente aportando su experticia en las temáticas relacionadas.

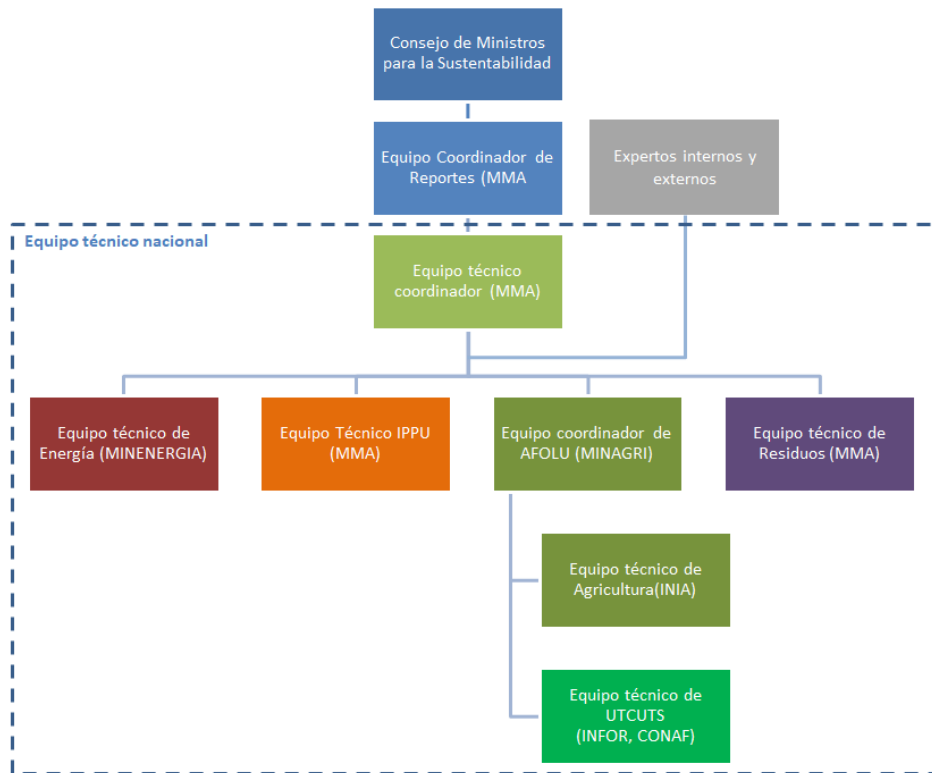


Figura 7. Estructura organizacional SNI Chile

⁴⁹ <https://snichile.mma.gob.cl/>

El Sexto Informe de Inventario de GEI de Chile forma parte del Cuarto Informe Bienal de Actualización⁵⁰ y fue presentado a la CMNUCC en diciembre de 2020. Este informe y los anteriores elaborados por el país han sido elaborados siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero⁵¹, abarcando todo el territorio nacional (territorio continental, insular y antártico). Se incluyen las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO₂), las emisiones de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y de hexafluoruro de azufre (SF₆) en una serie de tiempo que va desde 1990 a 2018.

El proceso de elaboración del INGEI de Chile, durante el 2019 y 2020, es el resultado de la compilación de los inventarios de GEI de los sectores de Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU); Agricultura; Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS); y Residuos (Figura 7).

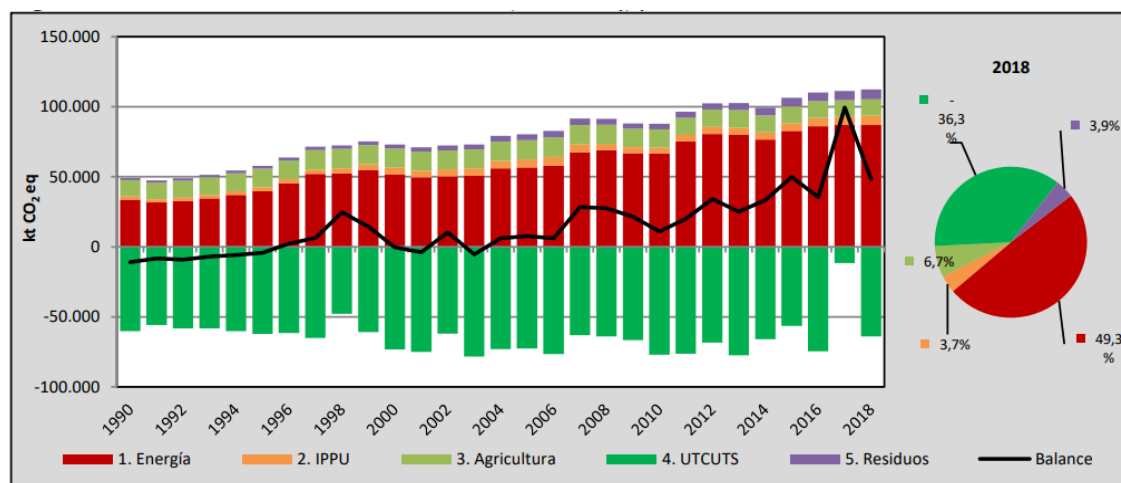


Figura 8. INGEI de Chile: tendencia de las emisiones y absorciones de GEI por sector, Serie 1990-2018.
Fuente: MMA, 2021

El sexto INGEI de Chile indica un aumento del 2% de las emisiones desde 2016 y del 129% desde 1990, señalando además que las emisiones están dominadas por el CO₂, siendo el sector energía el principal emisor con un 77% del total de emisiones. En la figura siguiente: se aprecia con claridad el impacto en las absorciones, emisiones y balance de CO₂ de los incendios forestales que afectaron al país en 2017, vinculadas al sector UTCUTS.

El Reporte sectorial de UTCUTS es elaborado por el MINAGRI, donde ODEPA coordina el trabajo de la CONAF para la temática relacionada con cambio de uso de la tierra y del INFOR para la elaboración del INGEI del sector UTCUTS. Los principales datos usados provienen del Sistema de Monitoreo de cambios del uso del suelo y vegetación y del Inventario Forestal Nacional (IFN). En su gran mayoría las emisiones y absorciones fueron estimadas con FE específicos para el país, mientras que para los otros usos de la tierra se usaron FE por defecto de las Directrices del IPCC. Los resultados están segregados a nivel regional, de modo de representar de mejor forma las distintas condiciones ambientales del país.

⁵⁰ https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/01/Chile_4th_BUR_2020.pdf

⁵¹ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

Los DA y los FE implícitos usados en el INGEI de Chile pueden ser descargados desde la Base de datos INGEI de Chile⁵².

El Sector UTCUTS es el único sector que reporta absorciones de CO₂ en el país. En 2018, el balance de GEI contabilizó una absorción de -63.991,9 ktCO₂e. Durante toda la serie temporal, el balance de GEI ha sido favorable aumentando su condición de sumidero en un 6,4% desde 1990. La implementación del enfoque de REDD+ de parte de CONAF se vincula directamente al sector UTCUTS, al ser la categoría de tierras forestales la más importante del sector, manteniendo su condición de sumidero en la serie temporal.

4.2 Sistema de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile

El Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile, a partir de ahora el Catastro, iniciado en el año 1993, tuvo como objetivo principal la elaboración de un Catastro Nacional de usos de la tierra y de las formaciones vegetales, especialmente aquellas relacionadas al bosque nativo, las plantaciones forestales y los matorrales, constituyendo la línea base de información cartográfica vegetacional de Chile.

La información proporcionada por el Catastro es periódicamente actualizada por el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas y Cambio Climático de CONAF, a través de proyectos de continuidad de alcance regional, cuyos objetivos específicos son:

- **Monitorear** los cambios y análisis de los procesos que afectan a los distintos usos del suelo o de la tierra, con énfasis en la vegetación.
- **Cartografiar** y caracterizar los bosques incluidos el uso del suelo asociado a plantaciones forestales, otras formaciones vegetales naturales y el uso del suelo en general (ciudades, terrenos de uso agrícola, cuerpos de agua, nieves, glaciares, humedales, desiertos).
- **Disponer** la base de datos digital georreferenciada en un sistema de uso público, para la gestión y toma de decisiones.

El Artículo 4 de la Ley N°20.283 Sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal refuerza el Sistema de Monitoreo estableciendo que "la Corporación (CONAF) mantendrá un Catastro forestal de carácter permanente, en el que deberá identificar y establecer, a lo menos cartográficamente, los tipos forestales existentes en cada región del país, su estado y aquellas áreas donde existan ecosistemas con presencia de bosques nativos de interés especial para la conservación o preservación, según los criterios que se establezcan en el reglamento de esta ley..." y "...que deberá ser actualizado a lo menos cada diez años y su información tendrá carácter público".

La publicación oficial de los resultados de Catastro del año base se realizó en septiembre de 1997, iniciándose desde 1998 los procesos de monitoreo y actualización. El acceso a mejor tecnología permitió a través del tiempo converger hacia una metodología que hizo posible corregir defectos o errores propios del instrumental con que se trabajó en la fase de Catastro, principalmente, la falta de exactitud en la localización de los límites de los polígonos de uso interpretados inicialmente.

⁵² <https://snichile.mma.gob.cl/Documentos/>

La metodología empleada para realizar la clasificación del uso de la tierra y de las distintas formaciones vegetales, se denomina Carta de Ocupación de Tierras, COT, metodología desarrollada por el Centro de Estudios Fitosociológicos y Ecológicos Louis Emberger (CEPE de Montpellier) y adaptada por Etienne y Prado (1982).

Esta metodología describe la vegetación a través de la Formación vegetal o forma de vida, estructura, cobertura, altura y especies dominantes. En tanto el uso del suelo, corresponde al uso del suelo que está siendo ocupado por eventos antrópicos o naturales al momento de la detección con sensores remotos y/o terreno: cuerpos de agua, humedales, nieves, áreas urbanas, terrenos agrícolas, terrenos desprovistos de vegetación. Esta descripción es objetiva, no describe si la vegetación o el bosque tiene una determinada cualidad (por ejemplo: degradado o bosque maderero o de protección).

El Catastro describe nueve Usos y 20 Sub-usos y dentro de éste otras desagregaciones por altura, cobertura y estructura.

Los procesos de monitoreo y actualización (Tabla 12) llevados a cabo desde el año 1998, han permitido conocer los tipos de cambio ocurridos en los distintos usos y sub-usos de la tierra, la dirección de estos cambios y la identificación en forma primaria de las causas que los explican.

Región	Año Base	Primera Actualización	Segunda Actualización	Tercera Actualización	Cuarta Actualización
Arica y Parinacota	1997	2014			
Tarapacá		2016			
Antofagasta		2018-2020			
Atacama		2018			
Coquimbo		2003	2015		
Valparaíso		2001	2013	2020	
Metropolitana		2001	2013	2020	
O'Higgins		2001	2005	2013	2020
Maule		1999	2009	2016	
Ñuble ⁵³		2015			
Biobío		1998	2008	2015	
La Araucanía		2007	2014		
Los Ríos		1998	2006	2014	
Los Lagos		1998	2006	2013	
Aysén		2010-2011	2020		
Magallanes		2005	2017-2019		

Tabla 12. Año de publicación de catastros y actualizaciones por región

El carácter público que debe tener la información del Catastro, según la Ley 20.283 (art. 4) se plasma en el SIT-CONAF⁵⁴ mediante un servidor de mapas web para consulta del Catastro y sus posteriores procesos de Monitoreo y Actualización. El SIT-CONAF cuenta con alrededor de 1.400 usuarios registrados, ha recibido más

⁵³ Incorporación de la nueva Región de Ñuble considera la actualización a nivel sólo de límites administrativos.

⁵⁴ <http://sit.conaf.cl/> En el Anexo: *Protocolo de Acceso a SIT CONAF*, se incluye "Manual de Usuario" y "Manual de otras funcionalidades de la Plataforma".

de 2.000 visitas el año 2015, y la consulta más recurrente está en relación a la superficie y distribución espacial de las especies nativas de Chile.

Con el propósito de la actualización del NREF/NRF de Chile, fue utilizada la metodología desarrollada por el proyecto Sistema de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (SIMEF), trabajada por CONAF en 2017. Esta metodología está basada en la aplicación de un método multi-índice de detección de cambios espectrales para la detección de cambios en la vegetación, la cual permitió elaborar mapas de uso para el periodo de referencia 2001-2013 para todas las regiones incluidas en este NREF/NRF ampliado, desde Coquimbo a Magallanes, y mapas de cambio de uso de la tierra espacialmente explícitos, en estas regiones.

Los mapas elaborados a la fecha con el método de multi-índice, se describen a continuación:

Región	Período de Referencia	Primer Período de actualización	Segundo Período de actualización	Cuarta Actualización
Coquimbo	2001-2013	2014-2016	2016-2018	
Valparaíso	2001-2013	2013-2016	2016-2018	2018-2019
Metropolitana	2001-2013	2013-2016	2016-2018	2018-2019
O'Higgins	2001-2013	2013-2016	2016-2018	2018-2019
Maule	2001-2013	2013-2016	2016-2018	2018-2019
Ñuble ⁵⁵	2001-2013	2014-2016	2016-2018	2018-2019
Biobío	2001-2013	2014-2016	2016-2018	2018-2019
La Araucanía	2001-2013	2013-2016	2016-2018	2018-2019
Los Ríos	2001-2013	2013-2016	2016-2018	2018-2019
Los Lagos	2001-2013	2013-2016	2016-2018	2018-2019
Aysén	2001-2013			
Magallanes	2001-2013			

Tabla 13. Actualización de Mapas de uso y cambio de Uso de la tierra hasta 2021 en regiones del NREF/NRF actualizado

4.3 Inventario Forestal Nacional⁵⁶

El Inventario Forestal Nacional (IFN) ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) se encuentra en operación desde el año 2000 y tiene como propósito apoyar los procesos de toma de decisión, los procesos internacionales y diferentes áreas de interés actual y futuro. El IFN constituye una herramienta estadística-

⁵⁵ Incorporación de la nueva Región de Ñuble considera la actualización a nivel sólo de límites administrativos.

⁵⁶ <https://ifn.infor.cl/>

matemática que posibilita el levantamiento de datos e información respecto del estado y condición de los bosques del país desde una perspectiva ecosistémica en la búsqueda de un desarrollo sustentable.

El IFN está diseñado bajo un concepto de diseño estadístico bi-etápico en conglomerados de tres parcelas circulares concéntricas de área equivalente a 500m², distribuidos en una malla sistemática de 5x7 km (Figura 9).

El IFN se basa en la generación de un primer ciclo de mediciones de parcelas permanentes de muestreo que cubre 9,38 millones de hectáreas de bosque nativo entre las regiones de Coquimbo a Magallanes completados en el período 2001-2010, y el segundo ciclo de mediciones de base anual bajo el sistema de reemplazo parcial con apoyo de proyección de crecimiento.

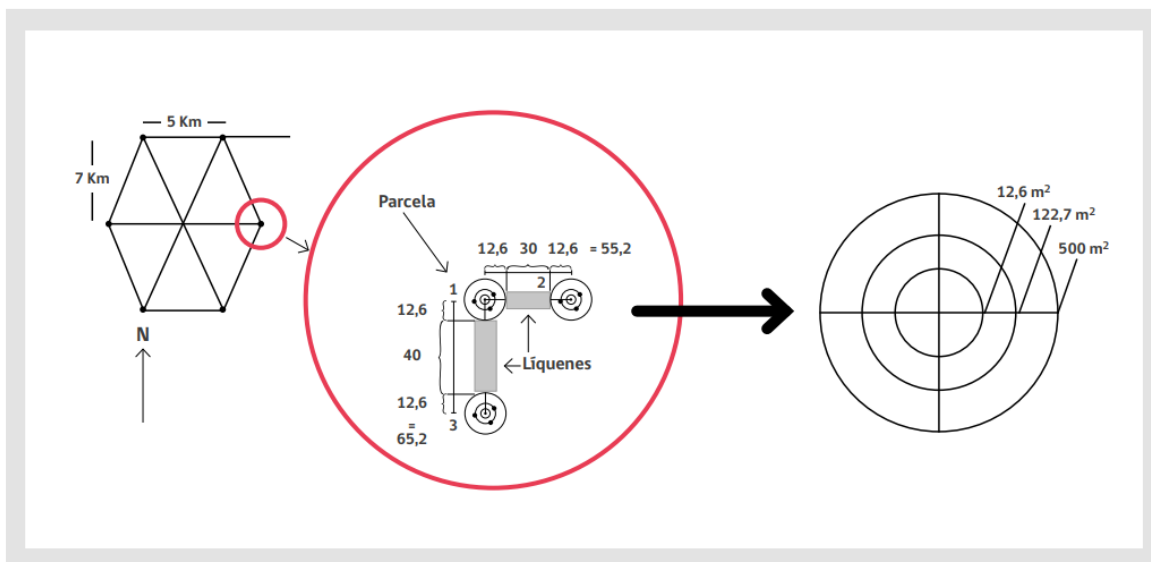


Figura 9. Diseño de parcela de IFN. Fuente: INFOR

El IFN recopila información de los árboles con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) mayor o igual a 25 cm en la parcela de 500 m², los árboles de DAP mayor o igual a ocho centímetros en las parcelas de 122 m² y los árboles con DAP mayor o igual a cuatro centímetros en las parcelas de 12,6 m².

A nivel de individuo se registra la especie, DAP, espesor de corteza, diámetro de copa y estado sanitario. Para una submuestra en cada parcela se obtiene información más detallada de altura total, altura de inicio de copa, altura del tocón, etc.

A nivel parcela se establecen subparcelas de 1m² cuyo objetivo es medir toda la vegetación presente, así como la regeneración, residuos leñosos, árboles muertos, etc. Para cada conglomerado se realizan descripciones generales reflejando lo observado en cada una de las tres parcelas establecidas sobre el grado de intervención antrópica, la presencia de obras civiles, la degradación y el estado evolutivo.

4.4 Mosaico multipíxel elaborado a partir de Imágenes Satelitales LANDSAT

El cálculo de la variación de contenido de Carbono en los bosques que permanecen bosques y la elaboración de los mapas de uso y cambio de uso de la tierra, tienen como principal insumo el mosaico multipíxel⁵⁷, el cual se elabora en la plataforma de Google Earth Engine (GEE) a partir de imágenes satelitales LANDSAT.

Los mosaicos multipíxel corresponden a una composición de píxeles libres de nubes y de sombra, representativa de la estación seca del país (octubre a marzo), obtenidos a partir de imágenes LANDSAT. El algoritmo utilizado para la elaboración del mosaico corresponde al de medoides, descrito por Flood (2013). Este algoritmo consiste en obtener la mediana multidimensional para cada píxel, a partir de una serie de imágenes LANDSAT que cumplen con los requisitos de calidad.

El programa de observación de la tierra LANDSAT ha obtenido imágenes de la cobertura terrestre desde 1972 mediante LANDSAT-1 hasta la fecha mediante LANDSAT-8, siendo una herramienta de gran interés para el estudio de los fenómenos de carácter temporal, como se ha demostrado en un gran número de publicaciones. Las imágenes de las distintas misiones LANDSAT son de acceso público y gratuito desde distintas plataformas como Glovis, Earthexplorer (United States Geological Survey) o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Las imágenes correspondientes al periodo calculado para la elaboración de los mosaicos multipíxel, proceden del sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) a bordo de LANDSAT-7. Las características técnicas de estos sensores se especifican en la Tabla 14.

Bandas Espectrales Landsat 7 – ETM+	Longitud de onda	Resolución Espacial
Banda 1 - Azul	0,45 - 0,52 μm	30 m
Banda 2 - Verde	0,52 - 0,60 μm	30 m
Banda 3 - Roja	0,63 - 0,69 μm	30 m
Banda 4 - Infrarrojo cercano	0,76 - 0,90 μm	30 m
Banda 5 - Infrarrojo de onda corta	1,55 - 1,75 μm	30 m
Banda 6 - Infrarrojo Térmico	10,4 – 12,5 μm	60 m
Banda 7 - Infrarrojo de onda corta	2,08 - 2,35 μm	30 m
Banda 8 - Pancromática	0,50 - 0,90 μm	15 m

Tabla 14. Características Sensor ETM+ de Landsat-7. Fuente: LCDM Press Kit. NASA

⁵⁷ SOP_01_Satellite mosaic elaboration: https://drive.google.com/file/d/1V6cXkhx--Y1tqe08QRfTdzpa3eFkVn9/view?usp=drive_link

5. METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DEL NREF/NRF NACIONAL

5.1 Niveles y enfoques utilizados

Las Directrices de IPCC para los inventarios de GEI presentan diferentes Enfoques y Niveles para representar la complejidad y detalle de los datos utilizados en la metodología.

IPCC (2003) describe los diferentes enfoques recomendados para la representación de los usos de la tierra (DA):

- **Enfoque 1:** Los datos sólo representan cambios netos de uso de la tierra en áreas registradas con el tiempo y no provee información espacialmente explícita, localizaciones exactas o patrones de cambio en el uso de la tierra. Los cambios de una categoría a otra tampoco quedan registrados.
- **Enfoque 2:** La información sobre pérdidas y ganancias netas en categorías específicas de uso de la tierra, incluyendo conversiones de/a otras categorías, está incluida en los datos, pero sin datos de localización espacial explícita.
- **Enfoque 3:** Provee observaciones espacialmente explícitas de categorías y conversiones de uso de la tierra, registrando a menudo patrones en localizaciones específicas y/o usando productos de mapas cuadrículados, como los derivados de las imágenes satelitales procesadas con técnicas de teledetección.

De igual forma, IPCC (2003) describe los diferentes Niveles o *Tiers* que se refieren al nivel de complejidad de los métodos empleados para estimar las emisiones:

- **Tier 1:** Uso de FE por defecto, facilitados a través de la Emission Factors Database (EFDB), o alternativamente de las directrices del IPCC. El IPCC sugiere que este método “debería ser viable para todos los países”.
- **Tier 2:** Uso de los FE específicos del país o de factores más específicos no establecidos por defecto. Aquí podrían incluirse los FE de la EFDB si estos son específicos para el país.
- **Tier 3:** Se utilizan métodos de mayor orden, como modelos o sistemas de mediciones de inventarios diseñados para reflejar las circunstancias nacionales, repetidos a lo largo del tiempo, guiados por DA es de alta resolución y desarrollados en escalas subnacionales más afinadas. Si son implementados de forma adecuada, se prevé que los *Tiers* 2 y 3 harán estimaciones más exactas que las de niveles inferiores.

Todas las actividades en la propuesta del NREF/NRF actualizado, utilizaron información derivada de un Enfoque 3 de IPCC, es decir, datos geográficamente explícitos, y un *Tier* 2 para los cálculos, a excepción de la subactividad de incendios forestales en que se utilizó el enfoque 2 y *Tier* 1, ya que para los años comprendidos en el presente NREF no se cuenta con información espacializada ni la información necesaria que permita alcanzar los requerimientos específicos para un nivel superior. Respecto al 4 BUR de Chile, el Inventario Nacional de GEI correspondiente a la serie 1990-2018 aplica *Tiers* 1 y 2 para todos los usos de la tierra.

5.2 Depósitos de Carbono y GEI Considerados

La biomasa aérea y subterránea fue considerada para todas las actividades de REDD+ incluidas en la actualización del NREF/NRF, a excepción de la sub-actividad incendios forestales, en donde no se consideró la biomasa subterránea, ya que se asume que todo lo que se quema es sobre el suelo.

La Materia Orgánica Muerta o necromasa, considera únicamente el depósito de madera muerta ya que no se dispone de datos nacionales para hojarasca. Este valor se incluyó en las actividades de deforestación y degradación, específicamente en las sub-actividades incendios forestales y sustitución. No se incluyó en la actividad Aumento de reservas de carbono forestal porque no se dispone de información sobre la tasa de acumulación de necromasa en las zonas convertidas en tierras forestales. Los valores de necromasa se incluyen en el bosque permanente luego de un periodo de transición de 20 años, al igual que el INGEI de Chile.

Actividad REDD+	Sub-actividad	Enfoque	Tier	Depósito de Carbono	GEI Incluido	
Deforestación	N/A	3	2	Biomasa Aérea	CO ₂	
		3	2	Biomasa Subterránea		
		3	2	Materia Orgánica Muerta		
Degradación Forestal	Degradación en Bosque Permanente	3	2	Biomasa Aérea	CO ₂	
		3	2	Biomasa Subterránea		
	Sustitución	3	2	Biomasa Aérea	CO ₂	
		3	2	Biomasa Subterránea		
		3	2	Materia Orgánica Muerta		
	Incendios Forestales		2	1	Biomasa Aérea	CH ₄ - N ₂ O
2			1	Materia Orgánica Muerta		
Conservación de Existencias de Carbono Forestal	N/A	3	2	Biomasa Aérea	CO ₂	
		3	2	Biomasa Subterránea		
Aumento de las Existencias de Carbono Forestal	Aumento de Existencias en Bosque Permanente	3	2	Biomasa Aérea	CO ₂	
		3	2	Biomasa Subterránea		
	Restitución	3	2	Biomasa Aérea		
		3	2	Biomasa Subterránea		
	Aumento de superficie forestal		3	2		Biomasa Aérea
			3	2		Biomasa Subterránea

Tabla 15. Niveles, depósitos de carbono y GEI considerados para cada actividad de REDD+ en el NREF/NRF nacional propuesto para Chile

En cuanto a las emisiones de carbono del suelo, la disponibilidad de la información es muy gruesa y no presenta mayor detalle para poder realizar los análisis a nivel espacial que permita estimar la relación entre las actividades y el suelo, por lo que este reservorio de carbono no se incluyó en esta propuesta de NREF/NRF nacional, al igual que en la consignación realizada en 2016.

Tal como se indicó en 2016, al momento de elaborar el primer nivel de referencia subnacional, se realizó una estimación de las emisiones causadas por deforestación en el COS del suelo utilizando una metodología basada *Tier 1*, la cual determinó las emisiones de esta fuente como 128.005 tCO₂e año⁻¹, sobre las 1.653.819 tCO₂e año⁻¹ de las emisiones de Biomasa viva y Necromasa resultantes de la Deforestación, representando el 7,7% del total⁵⁸.

Considerando que Chile forma parte de los países participantes en el Fondo de Carbono, la exclusión de este grupo se justifica adicionalmente con respecto al cumplimiento del Criterio 4, Indicador 4.1.i del Marco Metodológico del FCPF⁵⁹. Adicionalmente esta decisión se fundamenta en el indicador 4.2.ii; “el reservorio excluido subestima la reducción de emisiones”.

5.3 Periodo de Referencia

El periodo de referencia utilizado para la estimación del NREF/NRF nacional de Chile está determinado por la disponibilidad de información necesaria para su estimación y por las líneas metodológicas aplicadas para estimar las emisiones y absorciones de las actividades y sub-actividades.

Con base en las circunstancias establecidas en el párrafo anterior, en el NREF/NRF sub-nacional se establecieron dos periodos de referencia: el primero para actividades o sub-actividades relacionadas con cambio de uso o subuso de la tierra que corresponde a los años 2001-2013 de acuerdo a la disponibilidad de información de Catastros de Bosque Nativo; y el segundo para actividades o sub-actividades que ocurren en bosque permanente, que considera los años 2001-2010, en concordancia con el primer ciclo del Inventario Forestal Nacional.

En esta propuesta de NREF/NRF nacional, se ha mantenido esta diferenciación de períodos de referencia debido principalmente a las siguientes consideraciones:

- La necesidad de mantener el periodo 2001-2010 en línea con el ciclo del IFN y la dificultad para generar información de cambios de uso de la tierra para el año 2010, en lugar del 2013. No se cuenta con Catastros de Bosque Nativo para el año 2010 en las regiones de Coquimbo a Magallanes, lo cual genera una falta en la información base para la elaboración de mapas de cambio.
- La necesidad de mantener la consistencia con el NREF/NRF utilizado en el Programa de Reducción de Emisiones con el Fondo de Carbono. Sobre el cual sí se aplicaron las mejoras técnicas definidas en esta propuesta de NREF en las regiones del programa (Maule a Los Lagos), y donde no se permitió modificar períodos de referencia. Por tanto, se consideró no adecuado tener NREF/NRF distintos para el FCPF y la CMNUCC.

⁵⁸ La herramienta utilizada para estimar las emisiones del Carbono Orgánico del Suelo se encuentra disponible en el link: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gDbE_6mcwqmk6DN7gi9IW0ta2wMvBRz?rtfpof=true&authuser=mrvcuccsa%40conaf.cl&usp=drive_fs

⁵⁹ <https://www.forestcarbonpartnership.org/carbon-fund-methodological-framework>

5.3.1 Cambios de uso o sub-uso de la tierra

Las actividades y sub-actividades relacionadas con cambios de uso o subuso de la tierra incluyen:

1. **Deforestación:** Transformación de bosque nativo a no bosque, otros usos de la tierra.
2. **Sustitución:** Transformación de bosque nativo a plantación forestal, correspondiendo a la actividad de Degradación.
3. **Aumento de existencias de carbono por conversión a bosque de otros usos de la tierra:** Transformación de otros usos de la tierra a tierras forestales nativas, correspondiente a la actividad de Aumento de existencias de carbono.

La fuente de datos para las actividades y sub-actividades relacionadas con cambios de uso o sub-uso de la tierra son los Mapas Históricos de Uso y Cambio de Uso de la Tierra (MHCUT), que definen el uso y subuso según IPCC para cada una de las regiones de Coquimbo a Magallanes en el periodo 2001-2013. Estos mapas fueron generados en CONAF a partir del Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile y los mosaicos multipíxel del periodo 2001-2013.

La elaboración de los Mapas Históricos de Uso y Cambio de Uso de la Tierra⁶⁰ consiste en la aplicación de un método multi-índice o *MIIICA* de detección de cambios en el uso de la tierra, donde a partir de los mosaicos multipíxel se detectaron las pérdidas y ganancias espectrales y se combinaron con el mapa de Catastro de Recursos Vegetacionales más cercano al periodo de análisis. De esta manera, se obtuvieron mapas de cambio de uso de la tierra estandarizados para el periodo de análisis 2001-2013 en cada una de las regiones de análisis.

En esta propuesta de actualización de NREF/NRF, no se considera el uso de técnicas de interpolación de superficies para la generación de DA de cambios de uso de la tierra.

5.3.2 Bosque permanente

Las actividades y sub-actividades que ocurren en bosque permanente son:

- **Degradación en bosque permanente:** Emisiones en bosques que permanecen bosques producidas por degradación, incluyendo incendios forestales, extracción de madera y productos no madereros y otras.
- **Aumento de existencias de carbono por recuperación de bosques degradados:** incremento del stock de carbono resultante de la recuperación de bosques degradados, corresponde con la actividad de Aumento de existencias de carbono forestal.
- **Conservación forestal:** Flujo neto de emisiones en bosque permanente, incluyendo degradación, y absorciones por la recuperación de bosques degradados, en áreas de conservación formal.

Las emisiones y absorciones en bosque permanente fueron estimadas usando la metodología descrita en Bahamóndez *et al.* (2009), la cual utiliza un enfoque basado en la información de las parcelas del Inventario Forestal Nacional junto con mosaicos multipíxeles, elaborados a partir de imágenes satelitales de Landsat 7 para los años 2001 y 2010.

⁶⁰ SOP_02_LULUCF Maps Elaboration: https://drive.google.com/file/d/1V5CqxBRsy-cUVBbeaOb1mYzWAtIzOmd1/view?usp=drive_link

La metodología consiste en generar mapas de contenido de carbono para toda la superficie del bosque permanente en el periodo donde se cuenta con mediciones de terreno del Inventario Forestal Nacional, a través del método de extrapolación K-nn⁶¹. Por tanto, considerando que el primer ciclo de medición del Inventario Forestal Nacional corresponde a los años 2001-2010, el periodo de referencia para las actividades y sub-actividades en bosque permanente corresponde a dicho periodo.

5.4 Métodos para la estimación de emisiones y absorciones

De acuerdo con la estructura de actividades y sub-actividades, al igual que en el NREF subnacional vigente, esta actualización del Nivel de Referencia se desarrolló a través de dos metodologías diferentes: 1) actividades que implican un cambio de uso o subuso de la tierra, donde aplica el método de ganancias y pérdidas, y 2) Las actividades que ocurren en bosques permanente, donde se aplica el método de cambio de stock.

5.4.1 Cambios de uso o sub-uso de la tierra

5.4.1.1 Deforestación y Degradación por sustitución

La metodología para calcular el NREF actualizado de deforestación de Chile se basa en las ecuaciones del IPCC⁶² para tierras forestales que también son utilizadas en el INGEI para el cálculo de emisiones de bosques convertidos a otros usos de la tierra. Se incluyeron los reservorios de biomasa aérea, biomasa subterránea y necromasa.

Para calcular el NREF en ton CO₂e, se usa la siguiente ecuación:

$$FREL_{Def} = \frac{\sum_t \Delta C_{B,t,Def}}{p} * \frac{44}{12} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$FREL_{Def}$ = promedio anual de pérdidas de existencias de carbono de bosque nativo convertidas a no bosque o plantación durante el periodo de referencia, en ton CO₂e año⁻¹

$\Delta C_{B,t,Def}$ = cambio en las existencias de carbono en bosque nativo convertidas a no bosque o plantación en año t del periodo de referencia, en ton C. Se incluyen los reservorios de biomasa aérea, biomasa subterránea y necromasa.

p = años del periodo de referencia. Dado que corresponde a una actividad relacionada con el cambio de uso de suelo, el periodo de análisis es 2001-2013, por lo tanto, $p = 13$.

$\frac{44}{12}$ = factor para convertir carbono a dióxido de carbono equivalente, en ton CO₂e ton C⁻¹

El Tier 2 de la metodología del IPCC es utilizado en las estimaciones de emisiones por deforestación, ya que las existencias de carbono en usos de bosque nativo antes de la conversión son específicos de Chile, y las áreas

⁶¹ https://drive.google.com/file/d/1_ebmQ11zKLh3NeWN_IIVU6NFFQavAIY/view?usp=share_link

⁶² Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.

de conversión son desglosadas por tipo de cobertura del suelo original (Sidman *et al.*, 2015). Para usos de la tierra no forestales, se aplican algunos FE por defecto y otros país específicos.

Como se recomienda en el IPCC (2006), la Ecuación 2.15 es utilizada para calcular el cambio anual de existencias de carbono de tierras boscosas convertidas a otras categorías de uso de la tierra (en el caso de deforestación, cualquier área de bosque convertida a no bosque):

$$\Delta C_{B_t,Def} = \Delta C_{G_t} + \Delta C_{CONVERSION_t} - \Delta C_{L_t} \quad \text{Ec. 3 (Ec. 2.15 IPCC, 2006)}$$

Donde:

$\Delta C_{B_t,Def}$ = cambio anual de existencias de carbono en tierras forestales, en el caso de Chile bosque nativo, convertidas a no bosque o plantación en año t bajo la actividad de deforestación (Def), en ton C

ΔC_{G_t} = aumento anual de existencias de carbono debido al crecimiento en tierras forestales (bosque nativo) convertidas a no bosque o plantación en año t , en ton C

$\Delta C_{CONVERSION_t}$ = cambio inicial en existencias de carbono en biomasa en tierras forestales (bosque nativo) convertidas a no bosque o plantación en el año t , en ton C

ΔC_{L_t} = pérdida anual de existencias de carbono en la biomasa producto de la extracción de leña, cosecha de madera y otros disturbios en áreas de tierras forestales convertidas a no bosque en el año t , en ton C

En esta ecuación, se suma los cambios en existencias de carbono de las ganancias y pérdidas debidos a cualquier actividad aparte de la conversión (ΔC_G y ΔC_L) y la ganancia o pérdida neta debida directamente a la conversión ($\Delta C_{CONVERSION}$; en el caso de deforestación, generalmente que resulta en un valor negativo dado a la pérdida de existencias de carbono del bosque) para calcular el cambio total de existencias de carbono.

Para el NREF de deforestación de Chile, se incluye ΔC_G que representa las capturas de carbono de los usos no bosque después de la conversión (agrícola, urbano, otros). Se dejará esta variable en valor igual a cero, ya que no incide en el análisis de la pérdida por deforestación.

Ecuación 4 (Ecuación 2.16 del IPCC, 2006) calcula el parámetro $\Delta C_{CONVERSION}$ para inclusión en la Ecuación 2.2:

$$\Delta C_{CONVERSION_t} = \sum_i \left\{ (B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}) * \Delta A_{TOOTHERS_{i,t}} \right\} * CF \quad \text{Ec. 4 (Ec. 2.16 IPCC, 2006)}$$

Donde:

$\Delta C_{CONVERSION}$ = cambio inicial de existencias de carbono de biomasa en tierras forestales (bosque nativo) convertidas a no bosque o plantación, en ton C año⁻¹

B_{AFTER_i} = existencia de biomasa en tipo de uso de la tierra no bosque o plantación i después de la conversión, en toneladas de biomasa seca por hectárea

B_{BEFORE_i} = existencia de biomasa en el tipo de bosque antes de la conversión, en toneladas de biomasa seca por hectárea

$\Delta A_{TOOTHERS_{i,t}}$ = área de tipo de bosque i convertida a no bosque en el año t , en ha

CF = fracción de carbono en biomasa seca, en toneladas de carbono por toneladas de biomasa seca

En el caso de deforestación, estas ecuaciones se pueden representar con dos insumos esenciales: el área de bosque convertida a otros usos ($\Delta A_{TO_OTHERS_i}$) o datos de actividad y la cantidad de existencias de carbono emitida debida a la conversión ($B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}$), llamada factores de emisión. Los parámetros B_{AFTER_i} y B_{BEFORE_i} incluyeron solamente biomasa aérea y subterránea, así que la inclusión de necromasa se realizó mediante la adición del parámetro ΔC_{DOM} calculado de acuerdo con la Ecuación 5:

$$\Delta C_{DOM_t} = \frac{(C_n - C_o) * A_{on_t}}{T_{on}} \quad \text{Ec. 5 (Ec. 2.23 IPCC, 2006)}$$

Donde:

ΔC_{DOM_t} = cambio en existencias de carbono en necromasa en el año t , ton C

C_n = existencias de carbono de madera muerta y hojarasca en el uso de la tierra no bosque o plantación después de la conversión, ton C año⁻¹

C_o = existencias de carbono de madera muerta y hojarasca de bosque antes de la conversión a no bosque o plantación, ton C año⁻¹

A_{on_t} = área convertida de bosque a no bosque en el año t , hectáreas

T_{on} = periodo de tiempo de la transición de bosque a no bosque

En esta ecuación, A_{on} corresponde al dato de actividad, o $\Delta A_{TO_OTHERS_i}$ de acuerdo al parámetro de la ecuación 4, descrita arriba. Con el objetivo de simplificar el cálculo, las emisiones de necromasa fueron contabilizadas en el año de la conversión, por lo que T_{on} tiene un valor de 1.

5.4.1.2 Degradación por Sustitución

Para estimar degradación de bosques nativos convertidos a plantaciones (sustitución), se usa Ecuación 2.8 del IPCC (2006), que se recomienda para flujos en usos de suelo que permanecen como tal:

$$\Delta C_{B_t, Deg_{FNF}} = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Ec. 6 (Ec. 2.8 IPCC, 2006)}$$

Donde:

$\Delta C_{B_t, Deg}$ = cambio anual en las existencias de carbono en tierras forestales que se convierten en plantaciones, considerando el área total, bajo la actividad de degradación (Deg_{FNF}), ton C

C_{t_2} = carbono total del bosque en año t_2 , ton C

C_{t_1} = carbono total del bosque en año t_1 , ton C

El NREF/NRF no considera el matorral arborescente dentro de la contabilidad del bosque nativo como la submission del 2016, por tanto este cambio de uso no forma parte de la degradación de bosques, sino que corresponde a deforestación.

5.4.1.3 Restitución e Incremento de Superficie Forestal

Al igual que en las otras actividades, la metodología para el NRF actualizado de aumentos de otras tierras convertidas a bosques es consistente con la metodología utilizada en el INGEI la cual se basa en las ecuaciones 2.9, 2.10, y 2.15 del IPCC (2006).

Para calcular el cambio anual de existencias de carbono en biomasa aérea y subterránea (los únicos reservorios que se incluyen en las estimaciones de aumentos) de tierras convertidas a otro uso de la tierra (en este caso, no bosque a bosque), la ecuación general que corresponde al *Tier* 2 y 3 es 2.15 del IPCC (2006):

$$\Delta C_{B_{t,ANFF}} = \Delta C_{G_t} + \Delta C_{CONVERSION_t} - \Delta C_{L_t} \quad \text{Ec. 7 (Ec. 2.15, IPCC 2006)}$$

Donde:

$\Delta C_{B_{t,ANFF}}$ = cambio en las existencias de carbono en año t , que vienen de tierras no bosque convertidas a bosque nativo durante el periodo de referencia, bajo la actividad de aumentos de existencias (A), en ton C

ΔC_{G_t} = aumento en las existencias de carbono debido a crecimiento en tierras no bosque nativo convertidas a bosque en año t , en ton C

$\Delta C_{CONVERSION_t}$ = cambio inicial en las existencias de carbono en tierras no bosque convertidas a bosque nativo en el año t , en ton C

ΔC_{L_t} = reducción anual en las existencias de carbono debida a cosechas de madera, extracciones de leña y perturbaciones en tierras no bosque convertidas a bosque en el año t , en ton C.

En el NRF de aumentos, se supone que ΔC_L es cero, debido a la falta de datos suficientes para cuantificar las pérdidas en áreas no bosque que se convierten a bosque nativo. Para el parámetro $\Delta C_{CONVERSION}$ se usa la Ecuación 2.16⁶³ del IPCC (2006):

$$\Delta C_{CONVERSION_t} = \sum_i \left\{ (B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}) * \Delta A_{TOOTHERS_{i,t}} \right\} * CF \quad \text{Ec. 8 (Ec. 2.16 (IPCC 2006))}$$

Donde:

$\Delta C_{CONVERSION_t}$ = cambio inicial de carbono en tierras no bosque convertidas a bosque nativo en el año t , ton C

B_{AFTER_i} = existencias de biomasa en el tipo de bosque i inmediatamente después de la conversión, ton m.s. ha⁻¹

B_{BEFORE_i} = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

$\Delta A_{TOOTHERS_{i,t}}$ = superficie de uso de la tierra no bosque convertida a bosque en un año t , ha

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton m.s.)⁻¹

Para el parámetro ΔC_G (el incremento debido al crecimiento del bosque), el INGEI utiliza la Ecuación 2.9 del IPCC 2006 para un cálculo *Tier* 2-3. Sin embargo, el INGEI sólo la utiliza para las tierras convertidas a bosque en el año de conversión. Después de 20 años, estas tierras pasan a la categoría de tierras forestales que permanecen como tales, donde se contabilizan sus aumentos. El NRF de aumentos debe seguir contabilizando los aumentos que provienen de las áreas que se convierten en bosque durante el período de referencia para

⁶³ En el INGEI, se contabiliza la pérdida de las existencias de carbono del uso de la tierra no bosque que se pierde durante la conversión a bosque como ΔC_L , no $\Delta C_{CONVERSION}$. Sin embargo, las GL2006 define ΔC_L como pérdida solamente debida a cosecha de madera, extracción de leña, y disturbios, y la pérdida de existencia de carbono no bosque se contabiliza bajo $\Delta C_{CONVERSION}$.

todo el periodo. Por ejemplo, un área que se convierte en bosque en el primer año del período de referencia sigue aumentando su existencia de carbono en el segundo, tercero, y los demás años del período de referencia. Los aumentos en el segundo año que vienen de las áreas sembradas/restauradas en el primer año se contabilizan en el segundo año, juntos con los aumentos de las áreas sembradas/restauradas en el segundo año. De esta manera, los aumentos siguen acumulándose por 20 (años), siempre contabilizados bajo la actividad de aumentos de existencias, al igual que en el INGEI, donde también se acumulan por un periodo de referencia de 20 años y luego de ese tiempo pasan a la categoría de bosques que permanecen como tal.

La Ecuación 2.9 del IPCC (2006) calcula aumentos anuales en carbono. Sin embargo, esta ecuación no considera las capturas que siguen acumulando en el estrato “i” convertidas en años anteriores, por lo que fue necesario modificar la ecuación 2.9 del IPCC (2006) de la siguiente forma para lograr consistencia:

$$\Delta C_{G_t} = \sum_i \sum_x (A_{i,x} * G_{TOTAL_i} * CF) \quad \text{Ec. 9 (adaptada de la Ec. 2.9 IPCC, 2006)}$$

Donde:

$\Delta C_{G_{i,t}}$ = aumento en las existencias de carbono en año t , debido a crecimiento en tierras no bosque convertidas a tipo de bosque i durante el periodo de referencia, en ton C

$A_{i,x}$ = Área convertida a bosque i en el año x del periodo de referencia, ha

G_{TOTAL_i} = promedio anual de crecimiento de la biomasa en tierras no bosque convertidas a tipo de bosque i , ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

La ecuación 9 considera que para calcular $\Delta C_{G_{i,t}}$ en el año t , se debe sumar las capturas que vienen de áreas convertidas en cada año x antes del año t del periodo de referencia, junto con capturas que vienen de áreas convertidas en el año t . Cuando el bosque cumple el período de transición de 20 años, deja de contabilizarse como aumento y pasa a la contabilidad de bosque permanente. Sin embargo, se supuso que esto no ocurre durante el periodo de referencia 2001-2013.

5.4.2 Bosque permanente

5.4.2.1 Degradación en bosque permanente

Para estimar el cambio en las existencias de carbono por degradación en tierras forestales que permanecen como tal, se utilizó la Ecuación 2.8 del IPCC (2006):

$$\Delta C_{B_t, DegFF} = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Ec. 10 ([IPCC 2006] Ec. 2.8)}$$

Donde:

$\Delta C_{B_t, Deg}$ = cambio anual en las existencias de carbono en tierras forestales que permanecen como tal, considerando el área total bajo la actividad de degradación ($DegFF$), ton C

C_{t_2} = carbono total de bosque en año t_2 , ton C

C_{t_1} = carbono total de bosque en año t_1 , ton C

Para la contabilización del nivel de referencia se aplica la metodología descrita en Bahamóndez *et al.* (2009)⁶⁴, la cual utiliza el método de diferencia de existencias como la ecuación 11 (Ecuación 2.8 del IPCC 2006), es decir, contabiliza las existencias de carbono en puntos de tiempo diferentes, identificando zonas de cambio de existencias en superficies de bosque nativo. Por su parte, el INGEI utiliza, para la contabilidad de GEI, el método ganancias y pérdidas basado en la Ecuación 2.7 del IPCC (2006). En esta se integran datos tabulares para estimar el volumen extraído con tala selectiva, estadísticas de INFOR y MINENERGIA para la leña, y datos tabulares de CONAF para la superficie de incendios forestales.

La metodología utilizada en el NREF permitió alcanzar resultados de Enfoque 3, datos espacialmente explícitos, y se basó en fuentes de información robustas e independientes.

Para calcular las existencias de carbono en el momento inicial y final del periodo de referencia (C_1 y C_2 en la ecuación 11), se utilizó la ecuación 2.8 de IPCC:

$$C_t = A_{Deg} * EF * CF \quad \text{Ec. 11 (IPCC, 2006 Ec. 2.8)}$$

Donde:

$C_{t,i}$ = carbono total de bosque en año t, ton C

A_{Deg} = área de degradación en bosque que permanece como tal, ha

EF = existencias de carbono en el bosque que permanece como tal, ton biomasa ha⁻¹

CF = fracción de carbono, t carbono t biomasa⁻¹

5.4.2.2 Recuperación de bosques degradados

Para el cálculo de aumento de existencias de carbono en bosque permanente por recuperación de bosques degradados se utilizó la metodología descrita en la sección sobre degradación en áreas de bosque permanente. Por lo tanto, para el cálculo de aumentos de existencias anual se utilizó la ecuación 2.8 de IPCC (2006).

$$\Delta C_{Bt,AFF} = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Ec. 12 (Ec. 2.8, IPCC 2006)}$$

Donde:

$\Delta C_{Bt,AFF}$ = cambio anual en las existencias de carbono en tierras forestales que permanecen como tal, considerando el área total, bajo la actividad de aumento de existencias ($DegFF$), ton C año⁻¹

C_{t_2} = carbono total de bosque en año t_2 , ton C

C_{t_1} = carbono total de bosque en año t_1 , ton C

Los contenidos de carbono en t_1 (2001) y t_2 (2010) fueron obtenidos de los resultados de la aplicación de la metodología que permite la identificación de áreas que en el inicio del periodo de referencia se encuentran por debajo del umbral o línea B.

⁶⁴ Bahamóndez, C., Martin, M., Muller-Using, S., Rojas, Y., Vergara, G., 2009. Case Studies in Measuring and Assessing Forest Degradation: An Operational Approach to Forest Degradation. (Forest Resources Assessment Working Paper). Forestry Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

5.4.2.3 Conservación Forestal

Como se explicó en los capítulos anteriores, el Nivel de Referencia para la Conservación forestal se estimó sumando las emisiones de la degradación forestal en bosque permanente y las absorciones mediante la recuperación de los bosques degradados dentro de las áreas de bosques bajo procesos de conservación formales.

$$\Delta C_{B_t,ConFF} = \Delta C_{B_t,AFF} - \Delta C_{B_t,DegFF} \quad \text{Ec. 13 (Ec. 2.8 IPCC, 2006)}$$

Donde:

$\Delta C_{B_t,C}$ = cambio anual de las existencias de carbono en tierras forestales sujetas a procesos de conservación formales en el año t, en ton C

$\Delta C_{B_{Deg}C}$ = cambio anual de las existencias de carbono por degradación forestal en tierras forestales sujetas a procesos de conservación formales, en ton C año⁻¹

$\Delta C_{B_{AC}}$ = cambio anual de las existencias de carbono en tierras no-bosque convertidas a bosques dentro de tierras forestales sujetas a procesos de conservación formales

5.4.2.4 Emisiones No-CO₂ de Incendios Forestales

Las emisiones de CO₂ a causa de incendios forestales, se incluyen en los cálculos de emisiones por degradación de bosque permanente, a través de la metodología de Bahamóndez *et al.* (2009). Para calcular las emisiones no-CO₂ de incendios forestales, no estimadas en la metodología de Bahamóndez, se utilizó la Ecuación 2.27 del IPCC (2006):

$$L_{fire} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3} \quad \text{Ec. 14 (Ec. 2.27 IPCC, 2006)}$$

Donde:

L_{fire} = cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas GEI año⁻¹

A = superficie quemada, ha año⁻¹

M_B = masa de combustible disponible para la combustión, ton ha⁻¹.

C_f = factor de combustión, sin dimensión

G_{ef} = factor de emisión, g kg⁻¹ de materia seca quemada

Para convertir L_{fire} a CO₂e, como se requiere en la ecuación 14, se usa la ecuación 15:

$$GEI_{fire} = L_{fire} * CF \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

CF = factor de conversión del gas no-CO₂ a CO₂e, ton gas no-CO₂ tCO₂e⁻¹

5.5 Datos de Actividad

Como se explica anteriormente, los DA fueron calculados usando las diferentes fuentes de información disponibles con el objetivo de aplicar las metodologías de mayor precisión y completitud posibles. Este capítulo describe los métodos aplicados para estimar los DA para cada grupo de actividades y sub-actividades REDD+ incluidas en la actualización del NREF/NRF, relacionadas con el cambio de uso o subuso de la tierra y aquellas que ocurren en bosque permanente.

5.5.1 Cambios de uso o subuso de la tierra

A partir de los Mapas Históricos de Uso y Cambio de Uso de la tierra (MHCUT), se estimó el área de bosque nativo convertido a otros usos (tierras de cultivo, praderas, asentamientos, humedales y otros usos de la tierra) y subuso de la tierra (plantaciones forestales) o viceversa. Esta sección incluye la actividad de Deforestación y las sub-actividades de Sustitución, Restitución y Aumento de superficie forestal, descritas anteriormente.

Cada mapa contiene el uso y subuso de la tierra de acuerdo con las categorías especificadas en el Documento Consolidados del Proyecto de Actualización y Monitoreo Catastros Recursos Vegetacionales⁶⁵, las cuales fueron homologadas a la clasificación de usos y sub-usos de la tierra descritos por el IPCC (Tabla 16).

Categorías Subusos del Catastro de Bosque Nativo	USO IPCC	SUB-USO IPCC
Ciudad-Pueblo-Zona Industrial; Minería Industrial	Asentamientos	Asentamientos
Terreno de Uso Agrícola; Rotación Cultivo-Pradera	Tierras de Cultivo	Terrenos Agrícolas
Estepa Altiplánica; Estepa Andina Norte; Pradera Anual; Pradera Perenne; Estepa Andina Central; Estepa Patagónica	Praderas	Praderas
Matorral Pradera; Matorral; Matorral con Suculentas; Formación de Suculentas; Plantación de Arbustos		Matorral
Matorral Arborescente		Matorral Arborescente
Plantación Adulta; Plantación Joven o Recién Cosechada; Plantación con Exóticas Asilvestradas	Tierras Forestales	Plantaciones
Bosque Nativo Adulto; Bosque Nativo Renoval; Bosque Nativo Adulto-Renoval; Bosque Nativo Achaparrado; Bosque Mixto; Bosque Nativo-Plantación; Bosque Nativo con Exóticas Asilvestradas		Bosque Nativo
Vegetación Herbácea en Orilla de Río; Marisma Herbácea; Ñadi Herbáceo y Arbustivo; Turbal; Bofedal; Vega; Otros Terrenos Húmedos	Humedales	Humedales
Mar; Río; Lago-Laguna-Embalse-Tranque		Cuerpos de Agua
Playa y Duna; Afloramiento Rocoso; Terreno sobre el Límite Altitudinal de la Vegetación; Corrida de Lava y Escorial; Derrumbe Sin Vegetación; Salar; Otros sin Vegetación; Caja de Río	Otros Usos de la Tierra	Áreas Sin Vegetación
Nieve; Glaciar; Campo de Hielo		Nieves y Glaciares

Tabla 16. Usos de la tierra registrados por el Catastro y homologados a uso y sub-uso IPCC

⁶⁵ <https://sit.conaf.cl/>

De acuerdo al sub-uso IPCC inicial, y final durante el periodo, y por ende, la transición de uso de la tierra que se realice, se define la sub-actividad y actividad REDD+ correspondiente (Tabla 17).

Sub - Uso IPCC Inicial	Sub - Uso IPCC final	Sub-actividad	Actividad REDD+
Bosque Nativo	Asentamientos	Deforestación	Deforestación
	Terrenos Agrícolas		
	Praderas		
	Matorral		
	Matorral Arborescente		
	Humedales		
	Cuerpos de Agua		
	Áreas Sin Vegetación		
	Nieves y Glaciares		
	Plantaciones	Sustitución	Degradación Forestal
Asentamientos	Bosque Nativo	Aumento de superficie forestal	Aumento de existencias de carbono forestal
Terrenos Agrícolas			
Praderas			
Matorral			
Matorral Arborescente			
Humedales			
Cuerpos de Agua			
Áreas Sin Vegetación			
Nieves y Glaciares			
Plantaciones		Restitución	Aumento de existencias de carbono forestal

Tabla 17. Sub-usos IPCC inicial y final y la actividad REDD+ respectiva

5.5.2 Bosque permanente

El área de bosque permanente, desde Coquimbo a Magallanes, se identificó a través de la capa de bosque permanente que se obtiene a partir de los MHCUT. Esta capa se obtuvo filtrando todas las áreas de bosque que permanecen como tal durante el año 2001 y el año 2013, y posterior a ello se identificaron los tipos forestales y estructura de cada bosque.

Para estimar el área afectada por degradación en bosque permanente, aumento de existencias en bosque permanente y conservación de bosques, se utilizó la metodología detallada en Bahamóndez *et al.* (2009), que utiliza un sistema basado en el número de árboles por hectárea y datos de área basal registrados en las parcelas del Inventario Forestal Nacional para estimar existencias de carbono espacialmente explícitas, para luego extrapolarlas a través del método knn y los mosaicos multipíxel.

Las parcelas de Inventario Forestal se localizan en un diagrama de densidad, o gráfico de población, en base al número de árboles y área basal por hectárea. El diagrama de densidad considera varios umbrales o líneas que determinan, para diferentes tipos forestales, su estado en el momento de la medición (umbrales de degradación). Esta información identifica el estado de las parcelas, distinguiendo entre parcelas degradadas y no degradadas (Bahamóndez *et al.*, 2009).

En el caso de la metodología aplicada en el NREF/NRF, el umbral o línea B es el que permitió identificar la degradación y aumento de existencias de carbono en bosque permanente.

La línea B representa el límite en el que los árboles pueden desarrollar grandes copas y ocupar completamente la capacidad del sitio sin excesiva competencia (Gingrich, 1967), por lo que es considerada el umbral de resiliencia natural de un bosque. La delimitación de este umbral se estableció a través del trabajo de campo de expertos y es específico para cada tipo de bosque (INFOR, 2014). Las parcelas ubicadas debajo del umbral o línea B, no son recomendadas para el manejo productivo (Figura 10).

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 para analizar el NREF/NRF son procesos que se desarrollan a través del tiempo. El diagrama de densidad registra los datos recolectados del trabajo de campo que pueden generar estimaciones, pero no contienen información espacialmente explícita que cubra la totalidad del área de estudio. Para determinar las parcelas sometidas a procesos de degradación o recuperación, se analizó el desplazamiento en el gráfico de poblaciones causado por la variación del área basal y el número de árboles por hectárea entre dos mediciones (Figura 11).

- Las parcelas que se desplazan hacia el eje de origen del gráfico, traspasando o manteniéndose por debajo de la línea B, se consideran parcelas de degradación.
- Las parcelas que se alejan del eje de origen del gráfico, 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 neutro y las parcelas están dentro del umbral de resiliencia natural.

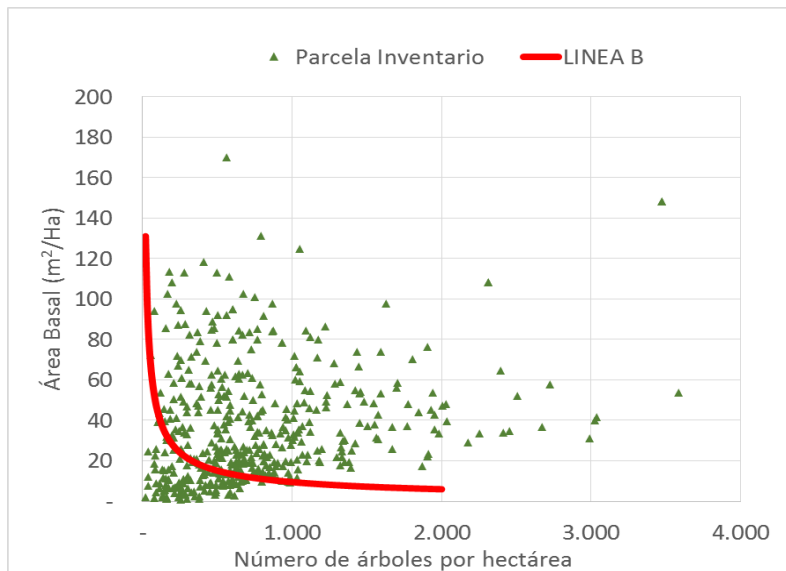


Figura 10. Gráfico de densidad y línea B. Basado en Inventario Forestal Nacional (INFOR)

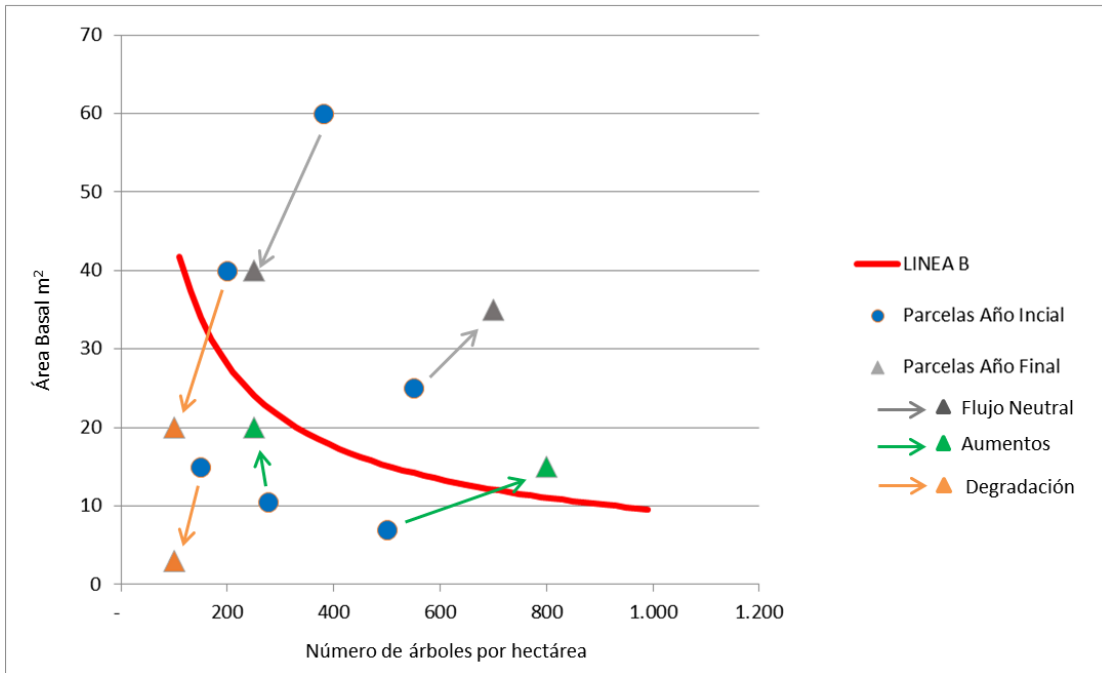


Figura 11. Ejemplo de flujos de carbono que representan aumentos (flecha verde) degradación (flecha roja) y flujo natural (flecha gris)

Cambio de localización en la Carta de stock	Flujo de CO ₂	Actividad correspondiente
Sobre B en 2001 y bajo B en 2010	Emisión	Degradación
Bajo B en 2001 y bajo B en 2010	Emisión	Degradación
Bajo B en 2001 y bajo B en 2010	Absorción	Aumento de Existencias
Bajo B en 2001 y sobre B en 2010	Absorción	Aumento de Existencias
Sobre B en 2001 y sobre B en 2010	N/A	No Contabilizado

Tabla 18. Posibles cambios en el gráfico de densidad en el período de tiempo y actividades REDD+ en las que son contabilizadas

Los diagramas de densidad utilizados para la obtención de los DA en bosque permanente corresponden a los tipos forestales Lengua, Siempreverde subtipo Canelo, Roble-Raulí-Coihue (RO-RA-CO), Coihue-Raulí-Tepa, Roble-Hualo, Esclerófilo subtipo Espinal y Coihue de Magallanes⁶⁶. Para la identificación espacial de cada uno de los tipos forestales, y de esa manera aplicar el diagrama de densidad correspondiente, se utilizó la capa de bosque permanente la cual proviene de los MHCUT. En caso de que el tipo forestal descrito no coincidiera con algunos de los diagramas de densidad disponibles, se asumió el tipo forestal RO-RA-CO por defecto. Cada uno de estos diagramas de densidad ha sido sometidos a validación mediante un taller técnico con expertos en el área.

⁶⁶ SOP 5 Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1_ebmQI1izKLh3NeWN_IIVU6NFFQavAIY/view?usp=drive_link

Para obtener información espacialmente explícita para la estimación de superficies sujetas a cada una de las actividades detalladas, se aplica una extrapolación no paramétrica K-vecino más cercano a las áreas de bosque permanente, modificada ponderando los vecinos según se detalla en Tomppo (1991). Este método se aplica ampliamente en el análisis de inventarios forestales y permite la extrapolación simultánea de variables de estado de parcelas como el área basal y el número de árboles por hectárea. Se considera a la distancia Euclidiana $d_{pi,p}$ en el espacio de las variables auxiliares o explicatorias (bandas 1 a 5 de Landsat 7) como aquella distancia entre el píxel p y el píxel pi que contiene verdad de terreno. Luego se debe considerar un cierto número k de elementos con verdad de terreno que presentan mínima distancia $d_{pi,p}$ en el espacio de las variables explicatorias de forma que (Tomppo, 1991):

$$d_{p_1,p}, \dots, d_{p_k,p}, (d_{p_1,p} \leq \dots \leq d_{p_k,p}), k \approx 5-10 \quad \text{Ec. 16}$$

Mediante estas distancias euclidianas, y su reordenamiento en k vecinos más cercanos, se procede a calcular un conjunto k de ponderaciones w_i con $i=1,k$; de forma que la combinación lineal de estas ponderaciones proporciona el estimado de vector de estado de rodal en posiciones no observadas (píxeles). Las ponderaciones se calculan como:

$$w_{i,p} = \begin{cases} \frac{1}{d_{p_i,p}^2} \left[\sum_{j=1,k} \frac{1}{d_{p_j,p}^2} \right]^{-1} & , si \quad i \in \{i_1(p), \dots, i_k(p)\} \\ 0 & , si \quad i \notin \{i_1(p), \dots, i_k(p)\} \end{cases} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

$ij(p)$ = indica las parcelas de verdad de terreno que se encuentran más cercanas en distancia en el espacio multidimensional de las variables auxiliares. Considerando estas expresiones, el valor estimado de aquellos píxeles no observados en terreno, se calcula como la combinación lineal:

$$y_{est} = \sum_{i=1,k} w_{i,p} y_i \quad \text{Ec. 18}$$

Luego de aplicar el procedimiento, los píxeles se remuestran a 1 hectárea para las imágenes de 2001 y 2010 de Landsat 7, que cubren toda la superficie de bosque permanente en el área de estudio.

Para diferenciar las áreas de conservación, se utilizaron los datos espaciales del SNASPE y Santuarios de la Naturaleza, los cuales son aportados por el Sistema Integrado de Información Territorial de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Los datos sobre las superficies de áreas protegidas privadas se obtuvieron del Catastro Nacional de Iniciativas de Conservación Privada.

Para contabilizar las emisiones No- CO₂, se utilizaron los datos tabulares con información sobre el área afectada por incendios forestales en los Anexos del INGEI 2020. La fuente original de estos datos son las Estadísticas Históricas Forestales de CONAF/Empresas de 1985 a 2018. Los datos reportados incluyen las áreas anuales totales de incendios forestales en cada región entre 1971 y 2018. Sin embargo, en el FREL, sólo los datos de 2001 a 2010 son incluidos para mantener la coherencia con el período de referencia del bosque permanente.

5.6 Factores de Emisión

5.6.1 Cambios de uso o sub-uso de la tierra

5.6.1.1 Deforestación

Existencias de carbono antes de la deforestación (B_{BEFORE})

Las existencias de carbono forestal antes de la deforestación fueron obtenidas de las bases de información del INGEI de Chile. Estas cifras son obtenidas del inventario forestal nacional del INFOR para alcanzar una estimación de biomasa aérea viva *Tier 2*, donde los valores son estimados para cada tipo forestal. Para el caso de biomasa subterránea (B_{BEFORE} de ecuaciones 4 y 8), los valores se estiman a partir de los valores de biomasa aérea viva por tipo forestal, entregados por el INFOR, y el factor relación entre biomasa subterránea (raíces) con biomasa aérea (R) estimado a nivel país por el INGEI.

En cuanto a la necromasa (C_o de Ecuación 5), el dato utilizado es un valor por tipo forestal correspondiente al promedio de madera muerta por estructura, proveniente del inventario forestal nacional de INFOR. Por último, bajo la contabilización de deforestación, se supuso que las existencias de carbono de los productos maderables cosechados (HWP por sus siglas en inglés) es cero, debido a la falta de fuentes de datos confiables para distinguir los HWP derivados de la deforestación y de la degradación.

Existencias de carbono después de la deforestación (B_{AFTERi})

En el INGEI, se utiliza valores por defecto del IPCC (2006) para B_{AFTERi} . Sin embargo, se asume que estos valores son el crecimiento del uso de la tierra no bosque, que realmente corresponde a ΔC_G y no B_{AFTERi} .⁶⁷ Para las estimaciones del NREF, se asumió que las existencias de carbono directamente después de la deforestación en tierras deforestadas son cero.

Cambios de existencias de carbono aparte del evento de deforestación (ΔC_G y ΔC_L)

Las existencias de carbono post-deforestación (ΔC_G) se determinan en una de dos maneras:

- Valores tomados de una revisión literaria de las existencias de carbono no bosque, preferentemente estudios realizados dentro de Chile (como Gayoso 2006⁶⁸). Si estos no están disponibles, se pueden utilizar los datos de otros estudios regionales (América del Sur templada con los regímenes de manejo similares). Este es el método preferido y representa un *Tier 2* o 3.
- Cuando estos valores no están disponibles, se pueden utilizar los valores por defecto del IPCC (2006). Este es el método utilizado actualmente por el INGEI, pero representa un método de *Tier 1*.

Por último, las pérdidas debidas a la cosecha de madera, extracción de leña, y disturbios (ΔC_L), se calculó bajo el supuesto de que es cero en áreas de deforestación, aplicando el mismo supuesto que INGEI. En el caso del INGEI, se usa la Ecuación 2.15 del IPCC e incluye todas las pérdidas de bosque debido a cosecha, leña y perturbaciones.

⁶⁷ En las estimaciones del INGEI, se calculó ΔC_G multiplicando $B_{BEFOREi}$ por la fracción de carbono en la biomasa seca (se utilizó el valor de 0.5). De manera similar, se calculó ΔC_L multiplicando B_{AFTERi} por 0.5. Se supuso que los valores de B_{AFTERi} son las existencias de carbono de los usos de suelo no bosque después de un año de crecimiento.

⁶⁸ Gayoso JA (2006) Inventario de carbón en praderas y matorrales para el estudio de línea de base Proyecto SIF Regiones VII y VIII. Universidad Austral de Chile, Valdivia.

5.6.1.2 Degradación por Sustitución

Para los FE de cambios de bosque nativo a plantación, se utilizaron las estimaciones de existencias de carbono derivadas de las parcelas de Inventario Forestal y otros estudios de existencias de carbono de otros usos de suelo.

Las estimaciones de Existencias de carbono antes de la conversión (B_{BEFORE}), existencias de carbono después de la conversión (B_{AFTER}) y las pérdidas en la biomasa producto de la extracción de leña, cosecha de madera y otros disturbios (ΔC_L), son las mismas a las utilizadas en la actividad de Deforestación. Por otra parte, los valores de existencia de biomasa en las plantaciones, posterior a la sustitución (ΔC_G), se asumió como cero (0), ya que Chile no incluye plantaciones en su programa REDD+.

5.6.1.3 Restitución e Incremento de Superficie Forestal

Para el cálculo de restitución e incremento de superficie forestal, los valores de B_{AFTERi} dependen del uso de tierra existente previamente al establecimiento de nuevos bosques. Para el caso de terrenos agrícolas y áreas urbanas e industriales, el valor de B_{AFTERi} se asumió como cero, dado que las existencias de carbono del uso de la tierra no bosque convertido a bosque han sido eliminados antes del establecimiento de los bosques. Para los usos de suelo naturales, principalmente praderas y matorrales, se asumió que B_{AFTER} es igual a B_{BEFORE} , dado que se supone que no se realizan procesos de clareo o limpia en esas tierras antes del establecimiento del bosque, sino que se convierten naturalmente en bosque sin perder las existencias de carbono inicial. Las existencias de carbono de $B_{BEFOREi}$ son equivalentes a las existencias de carbono de uso de la tierra no bosque. Para estas existencias, se utilizaron informes científicos regionales o nacionales como Gayoso (2006) que han estimado existencias de carbono en usos de suelo no bosque.

En la ecuación 9, el crecimiento promedio anual de la biomasa por hectárea para cada tipo forestal (G_{TOTAL}) se calculó con la Ecuación 19 (modificada de Ecuación 2.10 en IPCC 2006).

$$G_{TOTAL} = \sum_i (I_{Vi} \cdot BCEF_i \cdot (1+R_i)) \quad \text{Ec. 19 (Ec. 2.10 IPCC, 2006)}$$

Donde:

G_{TOTAL} = crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹

I_i = incremento anual neto promedio para un tipo forestal, m³ ha⁻¹ año⁻¹

$BCEF_i$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto en volumen (incluyendo corteza) a crecimiento de biomasa aérea para un tipo forestal, toneladas de crecimiento de corteza aérea (m³ de incremento anual promedio)⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo forestal en ton m.s. de biomasa subterránea (ton m.s. de biomasa aérea)⁻¹.

Los valores de incremento anual neto promedio, I , se recopilaron en el conjunto de datos del INGEI, basado en datos del inventario forestal, que estima valores para los tipos forestales: Alerce, Ciprés de las Guaitecas, Araucaria, Ciprés de la Cordillera, Lenga, Coihue de Magallanes, Roble Hualo, Roble-Raulí-Coihue, Coihue-Raulí-Tepa, Esclerófilo, y Siempreverde. Para calcular $BCEF_i$, se usa Ecuación 20:

$$BCEF_i = BEF_i \cdot D_i \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

BEF_i = Factor de expansión de la biomasa de un tipo forestal. Este factor amplía el volumen total de biomasa aérea para compensar por los componentes no comercializables del incremento, sin dimensión

D = valor de densidad básica de la madera, ton m^{-3}

El factor de expansión de biomasa (BEF_i), y el valor de densidad básica de la madera (D), provienen del conjunto de datos del INGEI. Para el caso de BEF_i para bosques nativos, el valor proviene de Gayoso (2002), siendo un valor único para todos los tipos forestales. De igual forma, sólo hay un valor de densidad básica de la madera para especies nativas, el cual proviene del INGEI.

La relación entre la biomasa subterránea y la aérea para bosques nativos (R), fue estimada por Gayoso (2002) y se encuentra en el conjunto de datos del INGEI.

5.6.2 Bosque permanente

Las existencias de carbono en bosques que permanecen como bosques fueron calculadas con la ecuación 22. Esta fórmula aplica para el cálculo de degradación en bosque permanente, aumento de contenido de carbono en bosque permanente y para conversión de los bosques.

Los FE provienen del inventario forestal continuo de INFOR, en donde se determinó el área basal de cada hectárea de bosque en t_1 y t_2 . En base a este dato se calcula volumen total de cada hectárea:

$$Vol = KAB^\beta$$

Ec. 21

Donde:

Vol = Volumen de árboles en bosque, metros cúbicos ha^{-1}

AB = Área Basal metros cuadrados ha^{-1}

K = constante, valor de 2,9141

β = constante, valor 1,2478

Luego, para convertir volumen a CO_2 se aplica la ecuación 22:

$$EF = Vol * D * BEF$$

Ec. 22

Donde:

EF = existencias de carbono en el bosque que permanece como tal, ton biomasa ha^{-1}

Vol = Volumen de árboles en bosque, metros cúbicos ha^{-1}

D = densidad promedio de bosques, toneladas metros^{-3}

BEF = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto en volumen (incluyendo corteza) a crecimiento de biomasa aérea para un tipo forestal, toneladas de crecimiento de corteza aérea (m^3 de incremento anual promedio) $^{-1}$.

5.7 Agregación de actividades que incluyen cambios de uso de la tierra y bosque que permanece bosque

Para las actividades de degradación y aumento de existencias de carbono forestal, algunas sub-actividades fueron contabilizadas usando la metodología de conversión de uso de la tierra, y otras se contabilizaron usando la metodología de bosque que permanece como tal. Sin embargo, para tener una contabilidad y un nivel de referencia completo para estas actividades, se combinaron las sub-actividades usando los métodos descritos abajo.

5.7.1 Degradación Forestal

Según las definiciones existen sub-actividades bajo la actividad de degradación:

1. Un bosque que permanece como bosque y pierde existencia de carbono
2. Un bosque nativo que se convierte a plantación

Para cada tipo de sub-actividad se utilizaron diferentes metodologías según se ha descrito y justificado anteriormente. Para calcular el NREF, agregando las diferentes metodologías y períodos de referencia, en ton CO₂e, se usa la siguiente ecuación:

$$FREL_{Deg} = \frac{(\sum_t \Delta C_{B_t, DegFF} + \sum_t \Delta C_{B_t, DegFNF}) * \frac{44}{12} + \sum_t GEI_{fire}}{p} \quad \text{Ec. 23}$$

Donde:

$FREL_{Deg}$ = promedio anual de pérdidas de existencias de carbono debido a la degradación forestal durante el periodo de referencia, en ton C año⁻¹

$\Delta C_{B_t, DegFF}$ = cambio en las existencias de carbono en tierras forestales que permanecen como tales en año t del periodo de referencia, en ton C

$\Delta C_{B_t, DegFNF}$ = cambio en las existencias de carbono en tierras forestales que se convierten a plantaciones en año t del periodo de referencia, en ton C

GEI_{fire} = cantidad de emisiones de gases no-CO₂ de incendios forestales, ton CO₂e

p = años del periodo de referencia

$\frac{44}{12}$ = factor para convertir carbono a carbono dióxido equivalente, ton CO₂e ton C⁻¹

5.7.2 Aumento de Existencias de Carbono Forestal

Bajo la categoría de aumento de existencias, se contabilizaron las capturas asociadas a las áreas que tienen un cambio de uso de suelo de no bosque a bosque, así como las capturas de áreas de bosque que permanecen como bosque. Según las definiciones establecidas, esta categoría incluye dos sub-actividades:

1. Áreas de no bosque convertidas a bosque nativo
2. Las capturas de áreas de bosque que permanecen como bosque

De igual forma que para el NREF de degradación, el dato de actividad NRF de aumento de existencias de carbono forestal se estimó utilizando metodologías diferenciadas para bosques que permanecen bosques y

para la identificación de áreas no bosques convertidas a bosques.

$$FRL_A = \frac{(\sum_t \Delta C_{B_t,ANFF} + \sum_t \Delta C_{B_t,AFF}) * \frac{44}{12}}{p} \quad \text{Ec. 24}$$

Donde:

FRL_A = promedio anual de aumentos de existencias de carbono durante el periodo de referencia, en ton CO₂e año⁻¹

$\Delta C_{B_t,ANFF}$ = cambio en las existencias de carbono en año t, que vienen de tierras no bosque o plantaciones convertidas a bosque durante el periodo de referencia, bajo la actividad de aumentos de existencias (A), en ton C

$\Delta C_{B_t,AFF}$ = cambio anual de existencias de carbono en áreas de bosque que permanecen como bosque, considerando el área total, en ton C año⁻¹

p = años del periodo de referencia

6. RESULTADOS

6.1 Datos de Actividad

6.1.1 Cambios de uso o sub-uso de la tierra ⁶⁹

6.1.1.1 Deforestación

La Tabla 19 detalla la superficie deforestada en la región de Los Lagos, seguida en menor medida de Valparaíso y Araucanía. Los Ríos y Biobío, siguen a continuación, respectivamente en magnitud.

La superficie deforestada en la región de Los Lagos para el periodo de referencia puede asociarse a las 10.711 hectáreas de bosques que se quemaron y que cambiaron de uso de la tierra tras la erupción del volcán Chaitén en mayo de 2008. Junto a esto, en 2002 hubo importantes superficies de deforestación como resultado de grandes incendios forestales ocurridos en 2002 en las regiones del Biobío y La Araucanía y en el 2013 en la Región del Maule.

Región	Área Deforestada (ha año ⁻¹)
Coquimbo	74,3
Valparaíso	1.420,9
Metropolitana	221,8
O'Higgins	233,2
Maule	634,4
Ñuble	424,5
Biobío	1.147,2
La Araucanía	1.319,2
Los Ríos	1.280,7
Los Lagos	3.256,5
Aysén	179,7
Magallanes	48,9
Total	10.241,3

Tabla 19. Superficie deforestada por año y región

6.1.1.2 Degradación por Sustitución

La Tabla 20 desagrega la superficie por región y año, afectada por sustitución de bosque nativo, sub-actividad incluida en la actividad de degradación forestal. La distribución de superficie de sustitución por región está muy relacionada con la distribución de las plantaciones forestales en el país, donde más del 80% de las plantaciones se localizan en las regiones del Maule, Biobío y la Araucanía.

⁶⁹ Información espacial en el siguiente link: https://drive.google.com/drive/folders/11xA2Pg9hfDJ6mV-dkUUNPkLKMRC9ripu?usp=drive_link

Región	Superficie de Sustitución (ha año ⁻¹)
Coquimbo	0,0
Valparaíso	14,2
Metropolitana	14,9
O'Higgins	215,5
Maule	1.846,0
Ñuble	771,0
Biobío	1.478,5
La Araucanía	2.731,8
Los Ríos	893,7
Los Lagos	609,4
Aysén	39,9
Magallanes	0,0
Total	8.614,9

Tabla 20. Superficie de degradación por sustitución por año y región

6.1.1.3 Restitución e Incremento de Superficie Forestal

En la Tabla 21 se presentan los datos de restitución y aumentos de nos bosque a bosque en conjunto, ambas subactividades de la actividad de Aumentos, en superficie en hectárea por año. La restitución de bosque nativo desde áreas forestadas con plantaciones presenta gran importancia en la región de Biobío durante el período. Las superficies de Maule y La Araucanía también son considerables aunque en menor medida. Los aumentos de No bosque a Bosque son muy significativos en la región de Maule, seguido de Araucanía y Los Ríos.

Región	Restitución (ha año ⁻¹)	Aumento de Bosques (ha año ⁻¹)	Área Total (ha año ⁻¹)
Coquimbo	-	0,9	0,9
Valparaíso	1,6	24,2	25,8
Metropolitana	-	68,2	68,2
O'Higgins	-	7,9	7,9
Maule	535,9	5.703,4	6.239,3
Ñuble	205,7	340,4	546,1
Biobío	927,7	867,0	1.794,7
La Araucanía	360,7	2.184,4	2.545,0
Los Ríos	292,3	1.175,5	1.467,7
Los Lagos	25,5	903,9	929,4
Aysén	-	5,3	5,3
Magallanes	-	-	0,0
Total	2.349,3	11.281,2	13.630,4

Tabla 21. Superficie anual de restitución y aumento de bosque nativo para el periodo de referencia, por región

El siguiente mapa muestra la distribución de actividades y sub-actividades correspondientes a aquellas relacionadas con cambios de uso y sub-uso de la tierra.

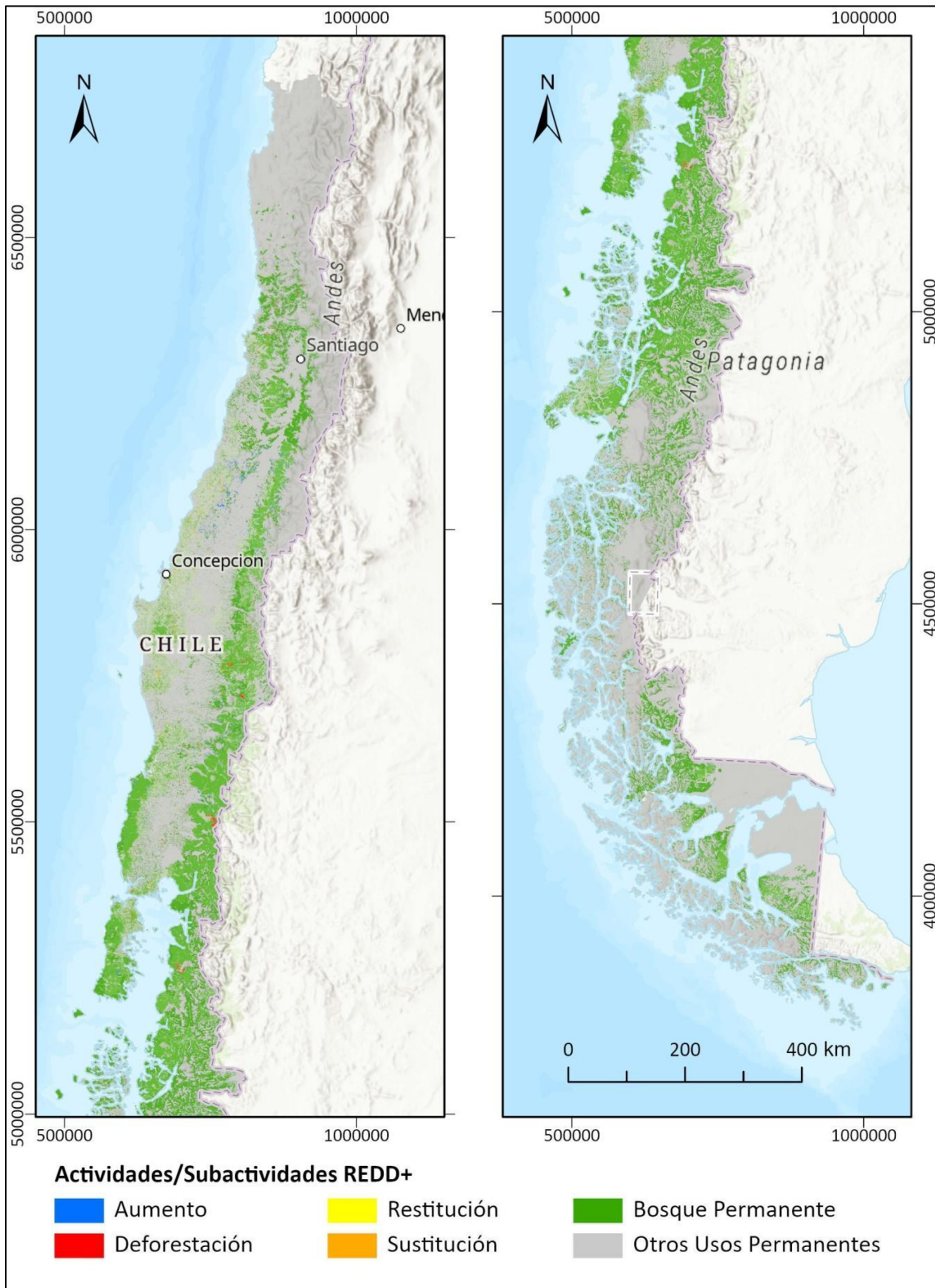


Figura 12. Mapa de actividades y sub-actividades REDD+

6.1.2 Actividades en Bosque Permanente

6.1.2.1 Degradación en Bosque Permanente⁷⁰

La Tabla 22 desglosa la información sobre el área degradada por región durante el periodo 2001-2010, en hectáreas. Entre los resultados, se destacan las cifras que alcanzan las regiones del extremo Sur Aysén y Magallanes, lo cual se puede asociar a la baja gestión aplicada en estos bosques. Luego aparece la región de Los Lagos, lo cual coincide con una fuerte intervención en los bosques de la Provincia de Chiloé. Adicionalmente, el volcán Chaitén, causó un gran impacto en esta región durante el periodo de referencia. Las regiones de Valparaíso a Maule, e incluso la Metropolitana, son regiones con una gran presión por el uso de los recursos forestales.

Región	Área (ha)
Coquimbo	21.322,0
Valparaíso	117.454,0
Metropolitana	82.629,0
O'Higgins	111.745,0
Maule	121.155,0
Ñuble	44.461,0
Biobío	71.956,0
La Araucanía	88.607,0
Los Ríos	38.736,0
Los Lagos	133.165,0
Aysén	241.846,0
Magallanes	217.134,0
Total	1.290.210,0

Tabla 22. Superficie de bosque permanente degradado por región entre 2001 y 2010

6.1.2.2 Recuperación de Bosques Degradados

La recuperación de bosques degradados indica la superficie de bosque permanente que se encuentra en aumento de stock, y tal como se muestra en la Tabla 23, las regiones de Los Lagos, Maule y Valparaíso son las que presentan mayores superficies.

⁷⁰ Información espacial disponible en el link https://drive.google.com/drive/folders/1xilbiNPK8zd_bl-K8J20SqW07tHVtNy?usp=share_link

Región	Área (ha)
Coquimbo	22.762,0
Valparaíso	142.807,0
Metropolitana	104.367,0
O'Higgins	137.382,0
Maule	148.484,0
Ñuble	50.423,0
Biobío	103.520,0
La Araucanía	116.122,0
Los Ríos	60.883,0
Los Lagos	156.055,0
Aysén	71.062,0
Magallanes	75.122,0
Total	1.188.989,0

Tabla 23. Aumento de carbono en bosque permanente por región entre 2001 y 2010

6.1.2.3 Conservación Forestal

La conservación forestal considera el flujo neto de carbono entre áreas que están en degradación y aquellas que están en recuperación. En la Tabla 24, se desglosa el total de superficie degradada y recuperada dentro de las áreas de conservación.

Región	Área Total (ha)	Área Degradada (ha)	Área Recuperada (ha)
Coquimbo	93,0	54,0	39,0
Valparaíso	7.837,0	3.056,0	4.781,0
Metropolitana	10.502,0	4.896,0	5.606,0
O'Higgins	7.602,0	3.455,0	4.147,0
Maule	5.267,0	2.357,0	2.910,0
Ñuble	12.615,0	6.541,0	6.074,0
Biobío	20.489,0	9.147,0	11.342,0
La Araucanía	35.164,0	17.876,0	17.288,0
Los Ríos	29.213,0	11.832,0	17.381,0
Los Lagos	102.411,0	56.125,0	46.286,0
Aysén	459.898,0	333.543,0	126.355,0
Magallanes	414.082,0	335.503,0	78.579,0
Total	1.105.173,0	784.385,0	320.788,0

Tabla 24. Área total, degradada y recuperada en bosques de áreas de conservación por región entre 2001 y 2010

6.1.2.4 Emisiones No CO₂ por Incendios Forestales

Las emisiones No CO₂ por incendios forestales se determinan por la superficie de incendios de cada región. En la Tabla 25 se expone la información de superficie por región para el periodo de referencia completo, 2001-2010. Cabe resaltar que, en el verano del año 2002, la ocurrencia de grandes incendios provocados por rayos afectó Reservas, Parques Nacionales y tierras privadas con bosques de Araucaria y *Nothofagus* en la región de la Araucanía (González *et al.*, 2010)⁷¹ y que también afectó a la Región del Biobío. Entre los incendios acaecidos durante el año 2002 destaca el de la reserva forestal de Malleco que consumió 14.536 hectáreas en un periodo de actividad de 74 días⁷². En la Figura 13 se representan las áreas afectadas por degradación forestal.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Región	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Coquimbo	9,1	101,0	148,6	139,1	180,9	3,2	40,3	9,7	15,6	41,0
Valparaíso	310,7	447,6	1.680,3	2.565,2	2.565,5	362,4	441,4	650,2	652,8	2.470,1
Metropolitana	106,5	68,0	1.193,5	1.270,5	651,4	184,4	63,9	29,4	2.771,2	2.166,6
O'Higgins	58,0	549,1	780,1	851,9	1.715,6	746,6	730,9	2.192,9	576,8	2.944,8
Maule	25,5	147,2	504,4	170,8	140,0	62,4	9,4	344,1	3.998,7	431,9
Ñuble	20,0	117,1	128,9	14,7	277,9	89,7	199,4	86,7	59,4	398,6
Biobío	69,4	7.443,2	30,3	196,5	117,8	57,4	747,4	143,7	898,3	581,2
Araucanía	63,6	18.764,6	225,9	268,4	71,7	73,2	39,3	307,2	725,7	41,8
Los Ríos	0,9	904,1	2,9	175,2	18,7	6,9	4,8	118,8	270,6	0,8
Los Lagos	9,4	2.551,9	27,5	90,9	47,3	207,4	52,2	4.233,9	598,1	0,6
Aysén	10,3	153,3	14,0	212,4	76,7	387,3	9,5	187,0	64,9	2,5
Magallanes	4,6	33,9	10,1	1,9	2.255,7	29,5	5,9	33,0	0,0	0,1
Total	687,7	31.280,7	4.746,4	5.957,6	8.119,1	2.210,2	2.344,4	8.336,7	10.632,1	9.079,8

Tabla 25. Superficie afectada por incendios forestales por región entre 2001 y 2010

⁷¹<http://revista.bosquenativo.cl/volumenes/46/indice.htm>

⁷²<http://www.lignum.cl/2015/02/17/grandes-e-historicos-incendios-forestales-que-debes-conocer/>

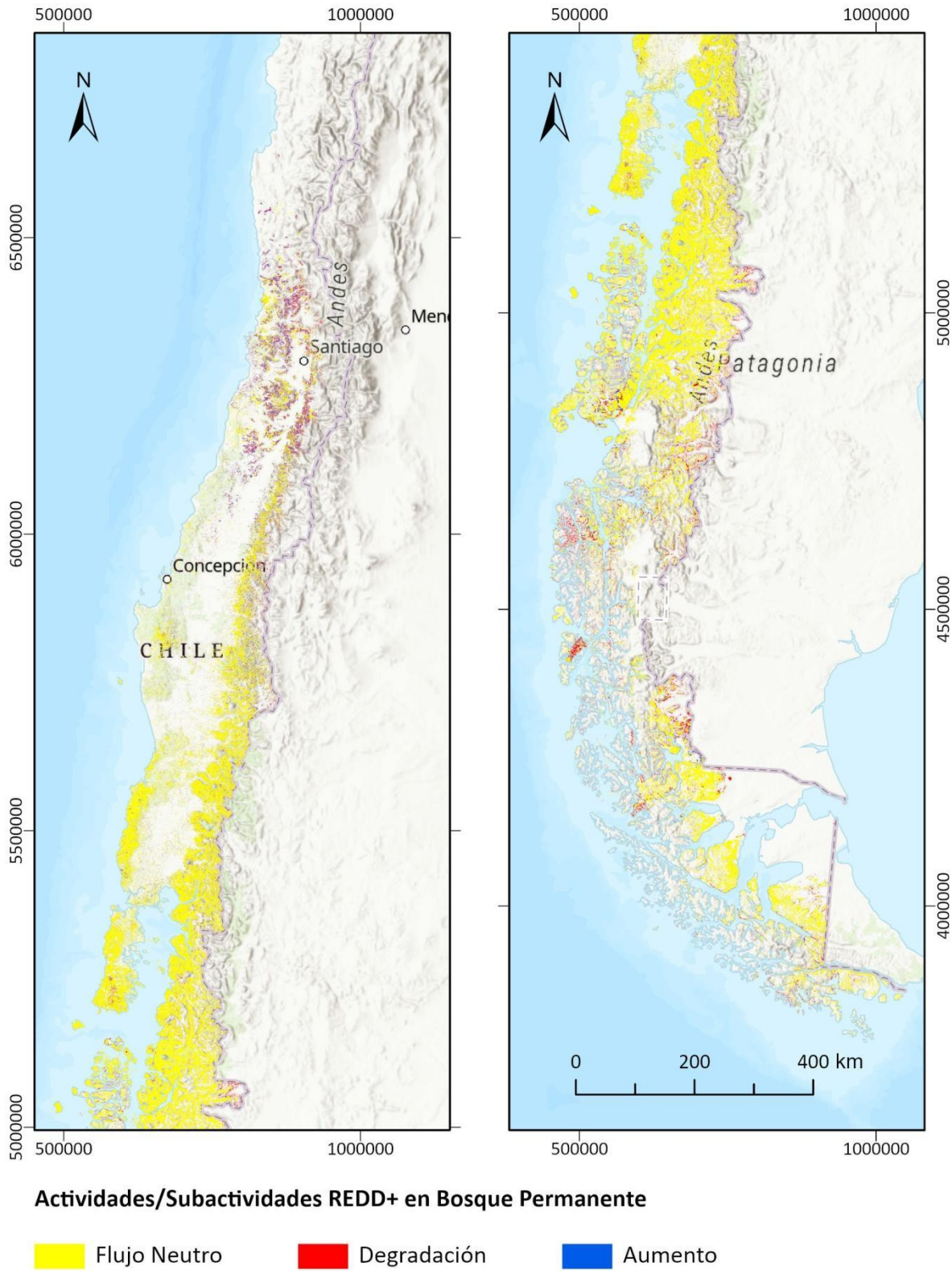


Figura 13. Mapa de actividades y sub-actividades REDD+ en bosque permanente

6.2 Factores de emisión

6.2.1 Cambios de uso o sub-uso de la tierra

6.2.1.1 Deforestación y Degradación por Sustitución

Los FE aplicados en esta actualización de NREF de deforestación y de degradación por sustitución son a nivel de tipo forestal y fueron derivados en base a una combinación de datos de diferentes Niveles. Para la biomasa aérea se utilizaron FE de *Tier 2* procedentes de la estimación de biomasa aérea del Inventario Forestal Continuo, el que presenta diferentes contenidos de carbono por tipo forestal, en consistencia con el INGEI. Dependiendo de la estructura y del tipo forestal, se asumió un contenido de biomasa igual para las estructuras adulto y achaparrado y para renoval/adulto-renoval. Lo anterior para aquellos tipos forestales que poseen el dato separado para adultos y renovals. Para aquellos que no lo tienen, se asumió el valor del tipo forestal para todas las clases de estructura.

La biomasa subterránea es resultado de la aplicación de la relación raíz-tallo a la biomasa aérea (Gayoso, 2002)⁷³. Para la DOM, se usaron FE regional *Tier 2* pertenecientes al INGEI del 2020 y a la vez fueron basados en el Inventario Forestal Continuo. En la Tabla 26 se detallan los FE utilizados para el NREF de Deforestación y Degradación por sustitución, por tipo forestal y reservorio.

Tipo Forestal	Estructura	t biomasa aérea seca/ha	t biomasa subterránea seca/ha	tC necromasa seca/ha
Alerce	Adulto	339,11	97,29	121,40
Alerce	Renoval	203,59	58,41	121,40
Alerce	Adulto/Renoval	203,59	58,41	121,40
Alerce	Achaparrado	339,11	97,29	121,40
Ciprés de las Guaitecas	Adulto	198,03	56,81	62,11
Ciprés de las Guaitecas	Renoval	198,03	56,81	62,11
Ciprés de las Guaitecas	Adulto/Renoval	198,03	56,81	62,11
Ciprés de las Guaitecas	Achaparrado	198,03	56,81	62,11
Araucaria	Adulto	421,40	120,90	133,40
Araucaria	Renoval	219,13	62,87	133,40
Araucaria	Adulto/Renoval	219,13	62,87	133,40
Araucaria	Achaparrado	421,40	120,90	133,40
Ciprés de la Cordillera	Adulto	124,02	35,58	62,11
Ciprés de la Cordillera	Renoval	124,02	35,58	62,11
Ciprés de la Cordillera	Adulto/Renoval	124,02	35,58	62,11
Ciprés de la Cordillera	Achaparrado	124,02	35,58	62,11
Palma Chilena	Adulto	21,31	6,11	38,24
Palma Chilena	Renoval	21,31	6,11	38,24
Palma Chilena	Adulto/Renoval	21,31	6,11	38,24

⁷³ Existencias de biomasa subterránea ya fueron calculadas para praderas, matorrales, matorrales arborescentes y formaciones suculentas en Gayoso (2006). Sin embargo, este artículo también aplicó una proporción raíz/tallo para identificar esos valores aéreos estimados.

Tipo Forestal	Estructura	t biomasa aérea seca/ha	t biomasa subterránea seca/ha	tC necromasa seca/ha
Palma Chilena	Achaparrado	21,31	6,11	38,24
Lenga	Adulto	198,46	56,94	43,40
Lenga	Renoval	237,24	68,06	43,40
Lenga	Adulto/Renoval	237,24	68,06	43,40
Lenga	Achaparrado	198,46	56,94	43,40
Coihue de Magallanes	Adulto	129,15	37,05	140,10
Coihue de Magallanes	Renoval	129,15	37,05	140,10
Coihue de Magallanes	Adulto/Renoval	129,15	37,05	140,10
Coihue de Magallanes	Achaparrado	129,15	37,05	140,10
Roble - Hualo	Adulto	114,93	32,97	62,11
Roble - Hualo	Renoval	114,93	32,97	62,11
Roble - Hualo	Adulto/Renoval	114,93	32,97	62,11
Roble - Hualo	Achaparrado	114,93	32,97	62,11
Roble - Raulí - Coihue	Adulto	178,57	51,23	52,90
Roble - Raulí - Coihue	Renoval	152,77	43,83	52,90
Roble - Raulí - Coihue	Adulto/Renoval	152,77	43,83	52,90
Roble - Raulí - Coihue	Achaparrado	178,57	51,23	52,90
Coihue - Raulí - Tapa	Adulto	377,03	108,17	74,40
Coihue - Raulí - Tapa	Renoval	377,03	108,17	74,40
Coihue - Raulí - Tapa	Adulto/Renoval	377,03	108,17	74,40
Coihue - Raulí - Tapa	Achaparrado	377,03	108,17	74,40
Esclerófilo	Adulto	18,57	5,33	16,70
Esclerófilo	Renoval	18,57	5,33	16,70
Esclerófilo	Adulto/Renoval	18,57	5,33	16,70
Esclerófilo	Achaparrado	18,57	5,33	16,70
Siempreverde	Adulto	361,64	103,76	64,80
Siempreverde	Renoval	127,28	36,52	64,80
Siempreverde	Adulto/Renoval	127,28	36,52	64,80
Siempreverde	Achaparrado	361,64	103,76	64,80

Tabla 26. Factores de emisión considerados en el análisis

Los valores de biomasa en el uso de suelo posterior a la deforestación utilizados en el cálculo, son los siguientes:

Uso del suelo	Sub Uso	t biomasa seca/ha (Aerea)	t biomasa seca/ha (Subterránea)	Fuente
Áreas Urbanas e Industriales		2	0	INGEI 2020 (MMA, 2021).
Terrenos Agrícolas		10	2	INGEI 2020 (MMA, 2021).
Praderas y Matorrales	Praderas	4,73	8,13	Gayoso (2006)
Praderas y Matorrales	Matorral-Pradera	9,04	14,99	Gayoso (2006)
Praderas y Matorrales	Matorral	9,04	14,99	Gayoso (2006)
Praderas y Matorrales	Matorral Arborescente	21,78	35,25	Gayoso (2006)
Praderas y Matorrales	Matorral con Suculentas	9,04	14,99	Gayoso (2006)
Praderas y Matorrales	Formación de Suculentas	4,73	8,13	Supuesto, igual a Pradera
Praderas y Matorrales	Plantación de Arbustos	9,04	14,99	Gayoso (2006)
Bosque	Plantación	0	0	Panel nacional de expertos
Humedales		0	0	Supuesto
Áreas Desprovistas de Vegetación		0	0	Supuesto
Nieves Eternas y Glaciares		0	0	Supuesto
Cuerpos de Agua		0	0	Supuesto

Tabla 27. Factores de emisión en otras clases de uso

6.2.1.2 Restitución e Incremento de Superficie Forestal

Los FE del Tier 2 para los diferentes tipos de bosques fueron derivados del INGEI 2020, los cuales, con excepción de bosques de Araucaria, proceden de datos del Inventario Forestal Continuo (Tabla 28). Para el INGEI se aplicaron valores de incremento periódico anual por clase diamétrica para bosques de segundo crecimiento, y un valor de incremento general por tipo forestal para bosques manejados.

Las tasas de crecimiento anual para bosques renovales fueron aplicadas también a bosques adulto-renovales. Las tasas de crecimiento para bosques adultos fueron también aplicadas a los bosques achaparrados, debido a que se supone que han alcanzado la madurez y es muy probable tener crecimiento más lento que bosques jóvenes y/o secundarios.

El crecimiento neto promedio fue calculado para bosques mixtos en cada región, tomando los crecimientos promedio netos de todos estos tipos de bosques que se encuentran en esa región, como lo identifica el Catastro.

Tipo Forestal	Estructura	Incremento periódico anual (m3/ha año)
Alerce	Adulto	0,5
Alerce	Renoval	0,5
Alerce	Adulto/Renoval	0,5
Alerce	Achaparrado	0,5
Ciprés de las Guaitecas	Adulto	3,9
Ciprés de las Guaitecas	Renoval	3,9
Ciprés de las Guaitecas	Adulto/Renoval	3,9
Ciprés de las Guaitecas	Achaparrado	3,9
Araucaria	Adulto	4,6
Araucaria	Renoval	4,6
Araucaria	Adulto/Renoval	4,6
Araucaria	Achaparrado	4,6
Ciprés de la Cordillera	Adulto	5
Ciprés de la Cordillera	Renoval	2,7
Ciprés de la Cordillera	Adulto/Renoval	2,7
Ciprés de la Cordillera	Achaparrado	5
Palma Chilena	Adulto	
Palma Chilena	Renoval	
Palma Chilena	Adulto/Renoval	
Palma Chilena	Achaparrado	
Lenga	Adulto	5,8
Lenga	Renoval	3,9
Lenga	Adulto/Renoval	3,9
Lenga	Achaparrado	5,8
Coihue de Magallanes	Adulto	2,6
Coihue de Magallanes	Renoval	3,7
Coihue de Magallanes	Adulto/Renoval	3,7
Coihue de Magallanes	Achaparrado	2,6
Roble - Hualo	Adulto	5,1
Roble - Hualo	Renoval	3,5
Roble - Hualo	Adulto/Renoval	3,5
Roble - Hualo	Achaparrado	5,1
Roble - Raulí - Coihue	Adulto	6,6
Roble - Raulí - Coihue	Renoval	4,1
Roble - Raulí - Coihue	Adulto/Renoval	4,1
Roble - Raulí - Coihue	Achaparrado	6,6
Coihue - Raulí - Tapa	Adulto	5,8
Coihue - Raulí - Tapa	Renoval	4,9
Coihue - Raulí - Tapa	Adulto/Renoval	4,9
Coihue - Raulí - Tapa	Achaparrado	5,8
Esclerófilo	Adulto	1,5

Tipo Forestal	Estructura	Incremento periódico anual (m3/ha año)
Esclerófilo	Renoval	1,6
Esclerófilo	Adulto/Renoval	1,6
Esclerófilo	Achaparrado	1,5
Siempreverde	Adulto	6
Siempreverde	Renoval	4,1
Siempreverde	Adulto/Renoval	4,1
Siempreverde	Achaparrado	6

Tabla 28. Incremento promedio anual por tipo forestal y estructura. Fuente: INGEI 2020 (MMA, 2021)

Sub Uso	Nombre Región	Incremento periódico anual (m3/ha año)	Periodo
Bosque Mixto	Maule	2,06	NR
Bosque Mixto	Biobío	3,71	NR
Bosque Mixto	Araucanía	4,19	NR
Bosque Mixto	Los Ríos	4,14	NR
Bosque Mixto	Los Lagos	4,17	NR
Bosque Mixto	Ñuble	2,77	NR
Bosque Mixto	Maule	4,24	RP1
Bosque Mixto	Biobío	3,97	RP1
Bosque Mixto	Araucanía	4,10	RP1
Bosque Mixto	Los Ríos	4,17	RP1
Bosque Mixto	Los Lagos	4,89	RP1
Bosque Mixto	Ñuble	2,44	RP1
Bosque Mixto	Coquimbo	1,60	NR
Bosque Mixto	Valparaíso	1,60	NR
Bosque Mixto	Metropolitana	1,60	NR
Bosque Mixto	O'Higgins	1,60	NR
Bosque Mixto	Aysén	5,80	NR
Bosque Mixto	Magallanes		NR

Tabla 29. Crecimiento promedio IPA por región, para aplicar en Bosques Mixtos. Fuente: elaboración propia en base a INGEI 2020

6.2.2 Actividades en bosque permanente

Para estos valores, el volumen y luego la existencia de carbono son estimados para cada píxel en las imágenes de 2001 y 2010. Estas existencias se convierten en FE, utilizando un enfoque de diferencia de existencia (stock-difference) para determinar la emisión específica de cada píxel que 1) experimentó una pérdida o ganancia en la existencia de carbono entre el 2001 a 2010; y 2) estaba en un estado de degradación o aumento de existencias o en riesgo de degradación en 2010⁷⁴, según lo determinado por el cuadro de existencias de los tipos de bosques nativos. Este análisis fue realizado solamente en las áreas forestales que permanecieron como tal según se explica en la estimación de dato de actividad.

Los FE para la biomasa disponible para la combustión son los mismos que se describen como FE del NREF de Deforestación. Los factores de combustión, emisión y conversión son factores por defecto del IPCC (2006), según se muestra en la Tabla 30.

GEI	Factor de Conversión a CO ₂ e	Factor de Combustión	Factor de Emisión
CH ₄	28	0,45	4,70
N ₂ O	265	0,45	0,26

Tabla 30. Factores de emisión, combustión y conversión para emisiones No-CO₂

⁷⁴ Base de datos disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/1/folders/12daGSd6JiLGtmXJD9w2vZtTC51DDW8iO>

7. NREF/NRF NACIONAL DE CHILE

7.1 Deforestación⁷⁵

El total del promedio anual de emisiones por deforestación en el NREF ampliado corresponden aproximadamente a 5,40 millones tCO₂e (Tabla 31).

NREF Deforestación				
Región	Área deforestada (ha año ⁻¹)	Biomasa viva (tCO ₂ e año ⁻¹)	Necromasa (tCO ₂ e año ⁻¹)	Total (tCO ₂ e año ⁻¹)
Coquimbo	74,3	1.871,76	4.546,85	6.418,61
Valparaíso	1.420,9	-28.703,23	90.643,15	61.939,92
Metropolitana	221,8	5.698,33	13.591,90	19.290,23
O'Higgins	233,2	4.292,93	14.352,09	18.645,02
Maule	634,4	60.556,28	75.520,70	136.076,98
Ñuble	424,5	140.044,35	76.294,50	216.338,85
Biobío	1.147,2	534.954,07	222.581,32	757.535,39
La Araucanía	1.319,2	681.339,04	361.675,68	1.043.014,72
Los Ríos	1.280,7	517.416,76	249.248,42	766.665,18
Los Lagos	3.256,5	1.479.362,58	741.733,49	2.221.096,08
Aysén	179,7	76.802,35	41.395,81	118.198,16
Magallanes	48,9	24.072,43	9.600,59	33.673,02
Total	10.241,3	3.497.707,66	1.901.184,51	5.398.892,18

Tabla 31. Total de emisiones por deforestación en el área del NREF nacional de Chile

7.2 Degradación Forestal

Se consideran de forma independiente los cálculos de las emisiones producidas en los bosques que permanecen bosques, la sustitución de Bosque Nativo por Plantación Forestal, además de las emisiones de GEI no CO₂ producidos por incendios forestales. Todas las diferentes fuentes se suman para integrar el NREF de Degradación forestal, equivalente a 24,55 millones de tCO₂e año⁻¹ (Tabla 32).

⁷⁵ La herramienta utilizada para la estimación de emisiones por deforestación se encuentra disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/13uQuujlCtorgKnW9DbdS-nL-pwf_i_xK?usp=drive_link

NREF Degradación (tCO ₂ e año ⁻¹)				
Región	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Coquimbo	110.156,60	235,15	155,06	110.546,81
Valparaíso	769.361,58	3.671,60	2.421,07	775.454,25
Metropolitana	576.058,33	2.801,27	1.847,17	580.706,77
O'Higgins	965.758,33	3.974,14	2.620,56	972.353,03
Maule	2.270.426,15	4.101,21	2.704,35	2.277.231,71
Ñuble	1.096.988,60	2.002,36	1.320,36	1.100.311,32
Biobío	2.257.688,15	14.790,91	9.753,19	2.282.232,26
La Araucanía	3.596.209,98	45.470,04	29.983,14	3.671.663,16
Los Ríos	1.584.117,08	3.634,57	2.396,65	1.590.148,30
Los Lagos	3.925.398,18	16.016,66	10.561,45	3.951.976,29
Aysén	3.758.357,59	2.355,14	1.552,99	3.762.265,71
Magallanes	3.466.160,10	4.792,60	3.160,26	3.474.112,96
Total	24.376.680,67	103.845,65	68.476,25	24.549.002,58

Tabla 32. NREF de Degradación Forestal

A continuación se detallan las emisiones por degradación forestal en base a las diferentes metodologías y fuentes de información ocupadas para su estimación:

7.2.1 Degradación por Sustitución ⁷⁶

El total del promedio anual de emisiones provenientes de los bosques nativos convertidos en plantaciones y matorral arborescente son aproximadamente 4,2 millones tCO₂e, como se muestra en la Tabla 33, con mayor contribución por parte de las regiones de Biobío y La Araucanía, donde existe mayor presencia de plantaciones exóticas.

⁷⁶ La herramienta utilizada para la estimación de emisiones de degradación por sustitución está disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/13y3nRy8y7-tvhfhJeQkXjKrx85TJB_y_?usp=drive_link

NREF Degradación por Sustitución				
Región	Área Sustituída (ha año ⁻¹)	Emisiones Biomasa viva (ha año ⁻¹)	Emisiones Necromasa (tCO ₂ e año ⁻¹)	Emisiones Total (tCO ₂ e año ⁻¹)
Coquimbo	0,0	0,00	0,00	0,00
Valparaíso	14,2	593,40	866,58	1.459,98
Metropolitana	14,9	612,03	909,90	1.521,93
O'Higgins	215,5	8.878,47	13.195,06	22.073,53
Maule	1.846,0	262.574,95	217.612,60	480.187,55
Ñuble	771,0	188.683,48	116.282,52	304.966,00
Biobío	1.478,5	544.396,03	268.682,22	813.078,25
La Araucanía	2.731,8	1.091.966,49	596.789,19	1.688.755,68
Los Ríos	893,7	351.955,13	192.219,75	544.174,88
Los Lagos	609,4	230.071,66	124.951,53	355.023,19
Aysén	39,9	17.570,60	6.352,69	23.923,29
Magallanes	0,0	0,00	0,00	0,00
Total	8.614,9	2.697.302,24	1.537.862,04	4.235.164,28

Tabla 33. Emisiones debido a conversión de bosques nativos en plantaciones exóticas en el área del NREF/NRF nacional de Chile

7.2.2 Degradación en bosque permanente⁷⁷

El total del promedio anual de emisiones de los bosques nativos que permanecen como tal (por ejemplo, de recolección de leña, extracción de madera selectiva, etc.) son aproximadamente 20,14 millones tCO₂e como lo muestra la Tabla 34.

Región	Área (ha)	Emisiones (tCO ₂ e año ⁻¹)
Coquimbo	21.322,0	110.156,60
Valparaíso	117.454,0	767.901,60
Metropolitana	82.629,0	574.536,40
O'Higgins	111.745,0	943.684,80
Maule	121.155,0	1.790.238,60
Ñuble	44.461,0	792.022,60
Biobío	71.956,0	1.444.609,90
Araucanía	88.607,0	1.907.454,30
Los Ríos	38.736,0	1.039.942,20
Los Lagos	133.165,0	3.570.375,00
Aysén	241.846,0	3.734.434,30
Magallanes	217.134,0	3.466.160,10
Total	1.290.210,0	20.141.516,40

Tabla 34. Emisiones anuales de bosques nativos que permanecen como tal por región

⁷⁷ La herramienta utilizada para la estimación de emisiones y absorciones en bosque permanente está disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/13NIJghgJOaTVJuXf5n-vQ99LoTEfEnUrZg?usp=drive_link

7.2.3 Emisiones no CO₂ por incendios forestales ⁷⁸

El total del promedio anual de emisiones de gases no-CO₂ de incendios forestales son aproximadamente 0,17 millones de tCO₂e, como lo muestra la Tabla 35. Esta cifra es aparentemente pequeña porque solo considera emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), ya que las emisiones de CO₂ provenientes de los incendios están contabilizadas en la categoría de degradación de bosques que permanecen como tales en la sección arriba.

Región	Área Afectada (ha año ⁻¹)	Emisiones (tCO ₂ e año ⁻¹)
Coquimbo	68,8	390,21
Valparaíso	1.214,6	6.092,67
Metropolitana	850,5	4.648,43
O'Higgins	1.114,7	6.594,70
Maule	583,4	6.805,56
Ñuble	139,2	3.322,72
Biobío	1.028,5	24.544,11
La Araucanía	2.058,1	75.453,18
Los Ríos	150,4	6.031,22
Los Lagos	781,9	26.578,11
Aysén	111,8	3.908,13
Magallanes	237,5	7.952,86
Total	8.339,5	172.321,91

Tabla 35. Emisiones de Gases No-CO₂ por región

La distribución anual de los datos de incendios (Tabla 36) permite identificar el impacto producido en el año 2002, por encima del resto de años del periodo de referencia.

Año	Área Afectada (ha)	Emisiones (tCO ₂ e)
2001	687,7	8.163,73
2002	31.280,6	1.005.992,27
2003	4.746,4	40.250,98
2004	5.957,6	60.121,38
2005	8.119,1	121.887,82
2006	2.210,2	36.034,03
2007	2.344,4	33.756,76
2008	8.336,7	193.554,70
2009	10.632,1	151.478,43
2010	9.079,8	71.978,96
Promedio Anual	8.339,5	172.321,91

Tabla 36. Emisiones por gases no-CO₂ representadas por año

⁷⁸La herramienta utilizada para la estimación de emisiones por incendios forestales está disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/13K95VE5F82COTpmKyRHSaRhTpuKkLXEu?usp=drive_link

7.3 Aumento de Existencias de Carbono Forestal

Se consideran de forma independiente los cálculos de absorciones producidas en los bosques que permanecen bosques, aquellos derivados del cambio de uso de la tierra de otras tierras a bosques, donde se contabiliza también la transformación de Plantación Forestal a Bosque Nativo. Las diferentes fuentes se suman para integrar el NRF de Aumento de existencias de carbono forestal, equivalente a 20,17 millones de tCO₂e año⁻¹ (Tabla 37).

Región	Otras tierras a bosques tCO ₂ e año ⁻¹	Bosques que permanecen bosques tCO ₂ e año ⁻¹	Total tCO ₂ e año ⁻¹
Coquimbo	-5,27	-160.455,30	-160.460,57
Valparaíso	-521,09	-1.075.124,00	-1.075.645,09
Metropolitana	-1.434,92	-806.625,30	-808.060,22
O'Higgins	-150,52	-1.240.135,70	-1.240.286,22
Maule	-166.662,48	-2.326.485,00	-2.493.147,48
Ñuble	-19.772,76	-902.966,30	-922.739,06
Biobío	-87.074,35	-2.257.979,40	-2.345.053,75
Araucanía	-135.324,66	-2.569.014,70	-2.704.339,36
Los Ríos	-81.410,89	-1.724.496,80	-1.805.907,69
Los Lagos	-52.199,79	-4.187.451,70	-4.239.651,49
Aysén	-418,00	-1.173.189,20	-1.173.607,20
Magallanes	0,00	-1.197.979,90	-1.197.979,90
Total	-544.974,73	-19.621.903,30	-20.166.878,03

Tabla 37. Absorciones por Aumentos de existencias en el área del NRF ampliado de Chile

A continuación, se detallan las absorciones por Aumento de existencias en base a las diferentes metodologías y fuentes de información utilizadas para su estimación:

7.3.1 Restitución e incremento de superficie forestal⁷⁹

Las absorciones anuales promedio por aumento de existencias a causa de otras tierras convertidas a bosque y la transformación de Plantación Forestal a Bosque Nativo son aproximadamente 544.975 tCO₂ (Tabla 38).

⁷⁹ La herramienta utilizada para la estimación de absorciones por restitución está disponible en el link: https://drive.google.com/drive/folders/13y3W9XJ2reU-haP4s4DsEQdkypX4l0xt?usp=drive_link

Región	Área de Aumento (ha año ⁻¹)	tCO ₂ e año ⁻¹
Coquimbo	0,9	-5,27
Valparaíso	25,8	-521,09
Metropolitana	68,2	-1.434,92
O'Higgins	7,9	-150,52
Maule	6.239,3	-166.662,48
Ñuble	546,1	-19.772,76
Biobío	1.794,7	-87.074,35
Araucanía	2.545,0	-135.324,66
Los Ríos	1.467,7	-81.410,89
Los Lagos	929,4	-52.199,79
Aysén	5,3	-418,00
Magallanes	-	-
Total	13.630,4	544.974,72

Tabla 38. Absorciones debido a la conversión de tierras no forestales a bosques

7.3.2 Recuperación de bosques degradados⁸⁰

El promedio anual de absorción por el aumento de contenido de carbono en bosques que permanecen bosques es aproximadamente 19,62 millones tCO₂e, siendo la mayoría generadas por las regiones de Los Lagos y Los Ríos (Tabla 39).

Región	Área (ha)	Absorciones (tCO ₂ e año ⁻¹)
Coquimbo	22.762,0	-160.455,30
Valparaíso	142.807,0	-1.075.124,00
Metropolitana	104.367,0	-806.625,30
O'Higgins	137.382,0	-1.240.135,70
Maule	148.484,0	-2.326.485,00
Ñuble	50.423,0	-902.966,30
Biobío	103.520,0	-2.257.979,40
Araucanía	116.122,0	-2.569.014,70
Los Ríos	60.883,0	-1.724.496,80
Los Lagos	156.055,0	-4.187.451,70
Aysén	71.062,0	-1.173.189,20
Magallanes	75.122,0	-1.197.979,90
Total	1.188.989,0	-19.621.903,30

Tabla 39. Absorciones por bosques que se mantienen como tales en el área del NRF nacional

⁸⁰ La estimación de absorciones en bosque permanente se incluye en: https://drive.google.com/drive/folders/13NIJghgJOaTVJuXf5n-vQ99LoTEEnUrZg?usp=drive_link

7.4 Conservación forestal ⁸¹

El NREF/NRF de Conservación de existencias de carbono consistente en el flujo neto de absorciones y emisiones producidas en áreas de conservación corresponde a un aproximado de 8,27 millones de tCO₂e de emisión anual (Tabla 40). Las mayores emisiones anuales se producen en las regiones de Aysén y Magallanes.

Región	Superficie en degradación (ha)	Emisiones por degradación (tCO ₂ e año ⁻¹)	Superficie en aumento (ha)	Capturas por aumento (tCO ₂ e año ⁻¹)	Flujo tCO ₂ e año ⁻¹)
Coquimbo	54,0	534,00	39,0	-275,90	258,10
Valparaíso	3.056,0	20.831,10	4.781,0	-36.969,60	-16.138,50
Metropolitana	4.896,0	36.895,80	5.606,0	-45.840,00	-8.944,20
O'Higgins	3.455,0	35.672,20	4.147,0	-45.701,40	-10.029,20
Maule	2.357,0	36.500,20	2.910,0	-52.061,20	-15.561,00
Ñuble	6.541,0	121.690,90	6.074,0	-101.689,10	20.001,80
Biobío	9.147,0	169.695,60	11.342,0	-225.862,60	-56.167,00
La Araucanía	17.876,0	391.991,80	17.288,0	-354.093,80	37.898,00
Los Ríos	11.832,0	301.744,40	17.381,0	-477.154,10	-175.409,70
Los Lagos	56.125,0	1.547.989,90	46.286,0	-1.228.264,80	319.725,10
Aysén	333.543,0	5.623.327,30	126.355,0	-1.955.515,60	3.667.811,70
Magallanes	335.503,0	5.623.365,00	78.579,0	-1.115.469,70	4.507.895,90
Total	784.385,0	13.910.238,20	320.788,0	-5.638.897,80	8.271.340,00

Tabla 40. Flujo neto de carbono forestal en áreas de conservación, por región

El total anual de emisiones en bosques que se mantienen como tal, que ocurre dentro de áreas de conservación es aproximadamente 13,91 millones tCO₂e (Tabla 41).

⁸¹ La estimación del Nivel de Referencia de Conservación forestal se incluye en: https://drive.google.com/drive/folders/13NIJghgJOaTVJuXf5n-vQ99LoTEEnUrZg?usp=drive_link

Región	Área total (ha)	Emisiones (tCO ₂ e año ⁻¹)
Coquimbo	54,0	534,00
Valparaíso	3.056,0	20.831,10
Metropolitana	4.896,0	36.895,80
O'Higgins	3.455,0	35.672,20
Maule	2.357,0	36.500,20
Ñuble	6.541,0	121.690,90
Biobío	9.147,0	169.695,60
La Araucanía	17.876,0	391.991,80
Los Ríos	11.832,0	301.744,40
Los Lagos	56.125,0	1.547.989,90
Aysén	333.543,0	5.623.327,30
Magallanes	335.503,0	5.623.365,00
Total	784.385,0	13.910.238,20

Tabla 41. Emisiones forestales dentro de áreas de conservación por región

La cantidad de absorciones anuales de GEI que ocurre dentro de estas áreas de conservación es cercana a los 5,64 millones de tCO₂e (Tabla 42). Las mayores absorciones se generan en las regiones más al sur del área de contabilidad, Los Lagos, Aysén y Magallanes.

Región	Área total (ha)	Absorciones (tCO ₂ e año ⁻¹)
Coquimbo	39,0	-275,90
Valparaíso	4.781,0	-36.969,60
Metropolitana	5.606,0	-45.840,00
O'Higgins	4.147,0	-45.701,40
Maule	2.910,0	-52.061,20
Ñuble	6.074,0	-101.689,10
Biobío	11.342,0	-225.862,60
La Araucanía	17.288,0	-354.093,80
Los Ríos	17.381,0	-477.154,10
Los Lagos	46.286,0	-1.228.264,80
Aysén	126.355,0	-1.955.515,60
Magallanes	78.579,0	-1.115.469,70
Total	320.788,0	-5.638.897,80

Tabla 42. Absorción de carbono forestal dentro de las áreas de conservación por región

7.5 NREF/NRF nacional de bosque nativo de Chile⁸²

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, Chile presenta esta propuesta de NREF/NRF de alcance nacional para cuatro actividades REDD+ con emisiones anuales de 5,40 millones de tCO₂e por Deforestación; 24,55 millones de tCO₂e por Degradación y absorciones anuales de 20,17 millones de tCO₂e por Aumentos de existencias y 8,27 millones de tCO₂e de emisión por Conservación, como se muestra en la Tabla 43.

NREF/NRF (tCO ₂ e año ⁻¹)					
Actividad REDD+	Deforestación	Degradación	Aumentos	Conservación	Total
Coquimbo	6.418,61	110.546,81	-160.460,57	258,10	-43.237,04
Valparaíso	61.939,92	775.454,25	-1.075.645,09	-16.138,50	-254.389,41
Metropolitana	19.290,23	580.706,77	-808.060,22	-8.944,20	-217.007,42
O'Higgins	18.645,02	972.353,03	-1.240.286,22	-10.029,20	-259.317,37
Maule	136.076,98	2.277.231,71	-2.493.147,48	-15.561,00	-95.399,79
Ñuble	216.338,85	1.100.311,32	-922.739,06	20.001,80	413.912,92
Biobío	757.535,39	2.282.232,26	-2.345.053,75	-56.167,00	638.546,90
La Araucanía	1.043.014,72	3.671.663,16	-2.704.339,36	37.898,00	2.048.236,52
Los Ríos	766.665,18	1.590.148,30	-1.805.907,69	-175.409,70	375.496,09
Los Lagos	2.221.096,08	3.951.976,29	-4.239.651,49	319.725,10	2.253.145,98
Aysén	118.198,16	3.762.265,71	-1.173.607,20	3.667.811,70	6.374.668,38
Magallanes	33.673,02	3.474.112,96	-1.197.979,90	4.507.895,30	6.817.701,38
Total	5.398.892,18	24.549.002,58	-20.166.878,02	8.271.340,40	18.052.357,14

Tabla 43. NREF/NRF ampliado a escala nacional de bosques de Chile

⁸² La herramienta* utilizada para estimar el NREF/NRF se encuentra disponible en (se recomienda descargar archivo para facilitar visualización):

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/11pulAuff2P9ur89T1uy0lFKhJqDj17q/edit#gid=1868350245>

8. ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE ⁸³

La estimación de la incertidumbre constituye un elemento esencial de un inventario de GEI completo, cuya información no está orientada a cuestionar la validez de las estimaciones sino a priorizar los esfuerzos por mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre las metodologías (IPCC, 2001). Para su estimación se requiere conocer las fuentes de error y su contribución a la incertidumbre total. Algunas fuentes de error, tales como los errores de muestreo, la exactitud de los instrumentos y la varianza estadística de los modelos están bien definidas y son simples de caracterizar, existiendo otras más difíciles de caracterizar. En este capítulo, se describen las fuentes de error para la estimación de Incertidumbre, incluyendo el error asociado y su evaluación, aplicando el enfoque de simulaciones de Monte Carlo como parte de las áreas de mejora metodológica incorporadas en este NREF/NRF.

8.1 Identificación y evaluación de las fuentes de Incertidumbre

En esta sección se presentan las principales fuentes de incertidumbre y un análisis de su contribución a la incertidumbre del Nivel de Referencia. También se incluyen los procedimientos operativos implementados para direccionar estas fuentes de incertidumbre como parte del proceso de monitoreo. Las principales fuentes de error del nivel de referencia corresponden a los mapas de cambios de uso de la tierra derivados de la clasificación de mosaicos multipíxeles y el mapeo de flujos de carbono en bosque permanente.

8.1.1 Datos de Actividad

8.1.1.1 Áreas de uso y cambio de uso de la tierra

Los DA para cambios de uso de la tierra son derivados de los Mapas de uso y cambio de uso. Estos mapas pasan por un proceso de control de calidad y mejora continua, donde se revisan los polígonos de cambio, su geometría y que cumplan con todos los estándares de calidad correspondientes⁸⁴.

Una vez que los MHCUT se encuentran listos para proporcionar la información necesaria para los DA, se estima el error y la incertidumbre asociada a las clases de cambio de los mapas⁸⁵. Los errores relacionados con el cambio de uso de suelo son calculados siguiendo las buenas prácticas descritas en Olofsson et al., (2014)⁸⁶ y utilizando el estimador de área complejo proveniente de Cochran (1977).

Para emplear este enfoque, las clases de cambio de uso fueron validadas usando Collect Earth⁸⁷, la cual consiste en una herramienta de validación a través de imágenes de alta resolución de Google Earth. A través

⁸³ Las herramientas utilizadas para la estimación de incertidumbre se encuentran disponibles en: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1UprMkrSRysyLRMZU8Z25m1oqeL1fpgko/edit?usp=drive_link&oid=103115075145926052872&rtpof=true&sd=true

⁸⁴ SOP_03 Standardization and quality control protocol for land use change maps: https://drive.google.com/file/d/1V4W6EcSJffkq38nfzQZEgOrXzxbRsyd/view?usp=drive_link

⁸⁵ SOP_04_Uncertainty Assessment on Land Use Change: https://drive.google.com/file/d/1V1jai241AJ3YhrjOT3SNvV1Xa0iAula7/view?usp=drive_link

⁸⁶ Olofsson, P.; Foody G. M.; Herold M.; Stehman S. V.; Woodcock C. E.; Wulder M. A. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment 148, 42-57 pp.

⁸⁷ Más información en: <http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html>

de Collect Earth, se consulta a los distintos intérpretes el uso inicial y final del polígono (2001-2013), la cual debe ser verificada en Google Earth, determinando de esa manera la clase de cambio (verdad de terreno).

La recopilación de datos y cálculo del número de muestras para la estimación de la incertidumbre sigue las buenas prácticas descritas por Oloffson *et al.* (2014). La recopilación de datos consistió en realizar un pre-muestreo de 30 muestras por clase de cambio y validarlas por medio de imágenes satelitales de alta resolución del periodo. Esto permitió obtener el número de muestras total por región con un error estándar para la precisión global de 0,01. Del número total de muestras, el 25% fue asignado a 2 intérpretes (duplicada), de manera que pase por una validación cruzada entre intérpretes. En caso de haber discrepancias, un tercer intérprete evaluó la muestra para zanjar la clase definitiva.

En total se evaluaron 12.601 muestras de Coquimbo a Magallanes, lo que equivale a 227.692 hectáreas (Tabla 44).

Región	N° Polígonos Mapeados	Superficie Regional (Ha)	N° Polígonos Muestreados	Superficie Muestreada (Ha)
Coquimbo	64.884	4.058.043,0	431	15.437,6
Valparaíso	89.556	1.595.948,2	2.495	49.137,1
Metropolitana	76.808	1.540.399,3	835	12.967,7
O'Higgins	202.139	1.634.683,1	2.445	13.808,6
Maule	111.859	3.036.197,3	575	7.684,1
Ñuble	108.850	1.310.516,6	1.590	12.477,3
Biobío	243.043	2.400.085,1	745	6.092,4
Araucanía	111.398	3.181.894,6	400	6.752,9
Los Ríos	58.833	1.834.899,6	400	6.461,2
Los Lagos	174.482	4.837.762,9	1.529	34.397,0
Aysén	126.457	10.695.710,0	754	48.965,9
Magallanes	311.695	13.273.502,4	402	13.510,0
Total	1.680.004	49.399.642,0	12.601	227.691,9

Tabla 44. Número de polígonos, muestras, área mapeada y área muestreada por región utilizando Collect Earth

A partir de la validación, para cada región se creó una matriz de confusión de las clases de cambios de uso, de manera de poder contrastar la verdad de terreno con la del mapa. Sin embargo, el cálculo de la incertidumbre descrito por Olofsson *et al.* (2014) está basado en el análisis y muestreo de píxeles, por lo que la aplicación de los estimadores descritos se hace compleja, ya que, en el caso de Chile cada polígono muestreado tiene una geometría y superficie distinta. Bajo este contexto, se determinó que el cálculo de la incertidumbre óptimo para las condiciones del país sería utilizar como principal estimador el de área complejo (formulas sec. 6.10 - Cochran, 1977). La muestra en cada estrato es una muestra aleatoria simple de polígonos, de una lista de todos los polígonos disponibles en ese estrato, donde el estimador del área total estimada de cada clase se define por la Ecuación 25.

$$\hat{Y}_{RS} = \sum_{h=1}^H \frac{y_h}{x_h} X_h \tag{Ec. 25}$$

Por otra parte, la varianza estimada está dada por la Ecuación 26

$$\hat{V}(\hat{Y}_{RS}) = \sum_{h=1}^H N_h^2 \left(1 - \frac{n_h}{N_h}\right) (s_{y_h}^2 + \hat{R}_h^2 s_{x_h}^2 - 2\hat{R}_h s_{xy_h}) / n_h \quad \text{Ec. 26}$$

Donde,

N_h = número de polígonos en el estrato h (población)

n_h = número de polígonos en la muestra del estrato h seleccionado de N_h disponible

H = número de estratos (h corresponde a un estrato, $h=1, 2, \dots, H$)

y_{hu} = área de la característica de interés que se estimará para el polígono u de la muestra en el estrato h (por ejemplo, u = área de deforestación del polígono u). Suponemos que el polígono tiene una etiqueta de clase única (es decir, el polígono es homogéneo). Si el polígono no es la clase objetivo que se está estimando, $y_{hu} = 0$ (Se incluyen estos valores 0 en los datos al calcular las estimaciones).

x_{hu} = área del polígono u en el estrato h (no depende del atributo del polígono, es sólo el área)

X_h = área total de todos los polígonos en el estrato h (población total)

\bar{y}_h = media muestral de y_{hu} en el estrato h

\bar{x}_h = media muestral de x_{hu} en el estrato h

$s_{y_h}^2$ = varianza muestral de y_{hu} en el estrato h

$s_{x_h}^2$ = varianza muestral de x_{hu} en el estrato h

s_{xy_h} = covarianza muestral de x_{hu} y y_{hu} en el estrato h

Por último, la estimación de la incertidumbre por cada clase de cambio y región (Tabla 45) se definió a partir del error estándar del total estimado, el cual corresponde a la raíz cuadrada de la varianza estimada.

Región	Aumento	Bosque Continuo	Deforestación	Otros Usos Permanentes	Sustitución
Coquimbo	85%	67%	89%	3%	NA
Valparaíso	98%	15%	42%	7%	100%
Metropolitana	230%	15%	61%	7%	57%
O'Higgins	24%	11%	23%	5%	31%
Maule	25%	8%	47%	2%	49%
Ñuble	87%	5%	60%	3%	70%
Biobío	88%	16%	95%	6%	78%
Araucanía	131%	7%	221%	3%	44%
Los Ríos	61%	2%	100%	3%	62%
Los Lagos	68%	4%	33%	5%	77%
Aysén	73%	15%	61%	10%	100%*
Magallanes	NA	19%	73%	5%	NA

* Se asume una incertidumbre 100%, dado que la superficie estimada es 0 y por ende el cálculo se indetermina

Tabla 45. Incertidumbre por tipo de cambio y región para el periodo de referencia

8.1.1.2 *Degradación de bosques y aumento de existencias en bosque permanente*

Los DA para la degradación y el aumento del carbono en las tierras forestales permanentes proceden de la integración de imágenes por satélite y de la información sobre biomasa del IFN.

Se ha preparado un Protocolo para facilitar la reproducción del proceso de cartografía a partir del procesamiento digital de las imágenes de satélite y de la información sobre biomasa del IFN. En el Protocolo se describen todos los procedimientos para preparar la cartografía de flujo, existencias y degradación de carbono en el bosque permanente. Este protocolo incluye una descripción metodológica, información espacial y dasométrica, y el procesamiento de datos satelitales necesarios para estimar los DA para la degradación y el aumento de carbono.

Las fuentes de error para estimar los DA de degradación y aumento de carbono en las tierras forestales permanentes son:

- a. Incertidumbre asociada a los gráficos de densidad forestal utilizados para determinar la dirección del flujo de carbono (neutral, pérdida o ganancia) para cada píxel. Esta incertidumbre se ha estimado en un 32,8%.
- b. Incertidumbre asociada a la integración de los datos satelitales del mosaico multipíxel con las variables dasométricas. Esta incertidumbre se ha estimado calculando el error estándar de estimación de la función de volumen k-nn. Esta incertidumbre se ha estimado en un 57%.

8.1.1.3 *Representatividad*

Para las zonas de uso del suelo y de cambio de uso del suelo y para el análisis del bosque permanente se preparan mosaicos multipíxel con un rango temporal con píxeles libres de nubes para obtener imágenes de satélite representativas del principio y del final de cada periodo. El mosaico multipíxel es una imagen compuesta por píxeles de diferentes imágenes extraídas a partir de la definición de un rango o ventana temporal. La selección de cada píxel busca definir la mejor información disponible en una zona concreta, priorizando sobre todo que sean píxeles libres de nubes y sombras de nubes. Dada la alta nubosidad presente en el sur de Chile, se utiliza una ventana de ± 3 meses para la fecha de inicio y fin del período anualizado. Por ejemplo, considerando el 2001, la fecha de inicio es el 1 de enero de 2001, el rango o ventana de tiempo corresponderá desde el 1 de octubre de 2000 hasta el 31 de marzo de 2001; la ventana de tiempo del mosaico multipíxel para el final del período 2013, es desde el 1 de octubre de 2013 hasta el 31 de marzo de 2014.

8.1.2 *Factores de emisión*

8.1.2.1 *Biomasa aérea*

La estimación de incertidumbre para la estimación de biomasa aérea depende de la fuente de información los datos de estimación de la densidad de carbono. Para la obtención de la información de biomasa aérea de bosque nativo y bosque mixto, se levanta la información del Inventario Forestal nacional aplicando el SOP_06 Manual de Operaciones de Campo.

Para algunos tipos forestales fue posible ajustar la función de distribución de probabilidad, mientras que para los tipos forestales con un determinado número de parcelas de inventario, la propagación de incertidumbre con el análisis de Monte Carlo utiliza la siguiente información:

- Error del diámetro a la altura del pecho: 0,2%, basado en datos de Inventario Forestal Nacional de INFOR.
- Error de estimación de volumen: 0,07%, basado en datos de Inventario Forestal Nacional de INFOR.

- Error del factor de expansión de la biomasa (FEB): 18%, proveniente de la información colectada en el país por el estudio de Gayoso (2002) utilizados también por el INGEI 2020. Este valor es para especies nativas y tiene una escala espacial nacional. El error está basado en datos estadísticos del Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono de la Universidad Austral de Chile.
- Error de la densidad de la madera: 5,6%. Este cálculo fue realizado usando datos de densidad básica recopilada del crecimiento de especies nativas en Chile. Se realizó una revisión bibliográfica de las densidades básicas de las especies forestales en Chile y no hubo modificaciones para el valor expuesto por Gayoso (2002) e INGEI 2020 (MMA, 2021).

Estas incertidumbres se combinaron utilizando el enfoque 1 del IPCC de propagación del error, dando como resultado una incertidumbre total de 18,85%.⁸⁸

8.1.2.2 *Biomasa aérea de usos de la tierra no forestales*

El análisis de Monte Carlo utiliza el error de estimación publicado en el INGEI 2020 (MMA, 2021), Gayoso (2006) y estimación de juicio de expertos (IPCC, 2006). Se considera el error correspondiente a áreas urbanas e industriales, terrenos agrícolas y praderas y matorrales. Para los usos Humedales, Áreas desprovistas de vegetación, nieves y glaciares y cuerpos de agua, se asume que el contenido de existencias es 0.

8.1.2.3 *Incremento periódico Anual*

El incremento periódico anual (IPA) se estima en base a lo establecido en el Manual de Operaciones de Terreno (SOP_06) implementado en las mediciones que realiza el Inventario Forestal nacional. Para algunos tipos forestales fue posible ajustar la función de distribución de probabilidad, mientras que para los tipos forestales con un número limitado de parcelas de muestreo, la propagación de incertidumbre con Monte Carlo utiliza cálculo de medición de incertidumbre para IPA basado en el intervalo de confianza de 95% para la tasa de remoción por tipo de bosque, calculada con datos del Inventario Forestal Nacional de INFOR.

8.1.2.4 *Muestreo*

El Inventario Continuo de Ecosistemas Forestales o Inventario Nacional Forestal, en adelante Inventario Nacional, es administrado por el INFOR y está operativo desde el año 2000. El Inventario Continuo fue diseñado bajo un diseño estadístico bi-etapa en tres conglomerados de parcelas circulares de muestreo en un área equivalente a 500m² distribuidos en un área sistemática de 5x7km. Las unidades de muestreo han sido sistemáticamente distribuidas en el territorio nacional desde el Maule hasta la región de Magallanes.

8.1.2.5 *Relación raíz tallo (Factor R)*

El factor R tiene un error del 40% que proviene de la información recopilada en el país (Gayoso, 2002; MMA, 2021). Este valor está dentro del rango indicado en las guías del IPCC 2006 para bosques templados (entre 0,20 y 0,46 de acuerdo a la Tabla 4.4; Capítulo 4; Volumen 4), y con los valores disponibles a escala global, donde el valor para el factor R se encuentra en el rango de 0,09 y 0,33. Este valor es para especies nativas y tiene una escala nacional. El cálculo del error está basado en el Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono de la Universidad Austral de Chile.

88

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1UprMkrSRysyLRMZU8Z25m1oqeL1fpqko/edit?usp=drive_link&oid=103115075145926052872&rtpof=true&sd=true

Finalmente, las incertidumbres de la biomasa aérea y el Factor R son combinados siguiendo el enfoque 1 de IPCC de propagación del error, resultando en una incertidumbre total del 44,2%.

8.1.2.6 Representatividad

Esta fuente de incertidumbre no es aplicable. Chile genera estimaciones de densidades de carbono por tipo de bosque y usos de la tierra no forestales. Diferentes tipos de bosques y estructuras clasifican el bosque nativo. Cada tipo de bosque tiene su valor de biomasa dependiendo de la disponibilidad de datos. Asimismo, los suelos no forestales incluyen los siguientes usos: Zonas Urbanas e Industriales, suelo agrícola, pastizal, matorral, matorral arborescente, matorral, matorral suculento, formaciones suculentas, plantaciones, humedales, zonas desprovistas de vegetación, nieves eternas y glaciares, cuerpos de agua y áreas no reconocidas.

8.1.3 Integración

8.1.3.1 Modelo

Se han preparado herramientas de cálculo para estimar las Emisiones del periodo de referencia, para cada actividad REDD. En estas herramientas, puede revisar las fórmulas utilizadas para estimar las emisiones y capturas. El país preparó estas herramientas para garantizar que se apliquen los mismos métodos de cálculo para todos los eventos de monitoreo y evitar errores durante el procesamiento y la preparación de datos.

8.1.3.2 Integración

Los FE se calcularon para cada región y tipo de bosque de acuerdo con la ubicación de las parcelas de muestreo de biomasa aérea para asegurar la comparabilidad entre las clases de transición de los DA y las de los FE. Esta fuente de incertidumbre se considera en el error de muestreo del inventario AGB.

8.2 Parámetros y supuestos utilizados para el cálculo de la Incertidumbre

Parámetros incluidos en la modelación	Valores del parámetro	Error	Función de distribución de la probabilidad	Supuestos
Datos de actividad				
Non-Forest land - Forest Maule Reference Period (ha/yr)	7.012,55	27,98 %	Normal	La incertidumbre de los DA utilizados en el análisis de Monte Carlo se calculó utilizando los límites de confianza de las áreas de estimación del cambio de uso de la tierra basadas en el muestreo para los períodos de referencia y de seguimiento.
Non-Forest land - Forest Ñuble Reference Period (ha/yr)	1.144,04	24,05 %	Normal	
Non-Forest land - Forest Biobío Reference Period (ha/yr)	2.156,59	36,83 %	Normal	
Non-Forest land - Forest Araucanía Reference Period(ha/yr))	2.948,47	57,52 %	Normal	
Non-Forest land - Forest Los Ríos Reference Period (ha/yr)	1.545,03	34,85 %	Normal	
Non-Forest land - Forest Los Lagos Reference Period (ha/yr)	1,004,49	36,91 %	Normal	
Forest land – Non-Forest Maule Reference Period (ha/yr)	828	78,00 %	Normal	
Forest land – Non Forest Ñuble Reference Period (ha/yr)	453	48,81 %	Normal	

Parámetros incluidos en la modelación	Valores del parámetro	Error	Función de distribución de la probabilidad	Supuestos
Forest land – Non-Forest Biobío Reference Period (ha/yr)	1.296	58,61 %	Normal	Precisión del mapeo de degradación estimada por INFOR.
Forest land – Non-Forest Araucanía Reference Period(ha/yr))	1.537	50,22 %	Normal	
Forest land – Non-Forest Los Ríos Reference Period (ha/yr)	1.529	36,26 %	Normal	
Forest land – Non-Forest Los Lagos Reference Period (ha/yr)	3.530	25,25 %	Normal	
Aum No Conserv Bajo C en 2001, entre [B-C] en 2010 RP (ha/yr)	54.672	32,80 %	Normal	
Aum No Conserv Entre [B-C] en 2001 y sobre B en 2010 RP (ha/yr)	271.368	32,80 %	Normal	
Aum No Conserv Bajo C en 2001 y sobre B en 2010 RP (ha/yr)	167.695	32,80 %	Normal	
Aum No Conserv Bajo C en 2001 y bajo C en 2010 RP (ha/yr)	59.742	32,80 %	Normal	
Aum No Conserv Entre [B-C] en 2001, entre [B-C] en 2010 RP (ha/yr)	38.912	32,80 %	Normal	
Deg No Conserv Sobre B en 2001 y bajo C en 2010 RP (ha/yr)	121.830	32,80 %	Normal	
Deg No Conserv Entre [B-C] en 2001 y bajo C en 2010 RP (ha/yr)	45.625	32,80 %	Normal	
Deg No Conserv Sobre B en 2001, Entre [B-C] en 2010 RP (ha/yr)	224.752	32,80 %	Normal	
Deg No Conserv Bajo C en 2001 y bajo C en 2010 RP (ha/yr)	53.030	32,80 %	Normal	
Deg No Conserv Entre [B-C] en 2001, entre [B-C] en 2010 RP (ha/yr)	37.029	32,80 %	Normal	
Aum Conserv Bajo C en 2001, entre [B-C] en 2010 RP (ha/yr)	10.541	32,80 %	Normal	
Aum Conserv Entre [B-C] en 2001 y sobre B en 2010 RP (ha/yr)	53.982	32,80 %	Normal	
Aum Conserv Bajo C en 2001 y sobre B en 2010 RP (ha/yr)	28.729	32,80 %	Normal	
Aum Conserv Bajo C en 2001 y bajo C en 2010 RP (ha/yr)	10.265	32,80 %	Normal	
Aum Conserv Entre [B-C] en 2001, entre [B-C] en 2010 RP (ha/yr)	8.272	32,80 %	Normal	
Deg Conserv Sobre B en 2001 y bajo C en 2010 MP (ha/yr)	26.389	32,80 %	Normal	
Deg Conserv Entre [B-C] en 2001 y bajo C en 2010 MP (ha/yr)	9.675	32,80 %	Normal	
Deg Conserv Sobre B en 2001, Entre [B-C] en 2010 MP (ha/yr)	51.707	32,80 %	Normal	
Deg Conserv Bajo C en 2001 y bajo C en 2010 MP (ha/yr)	9.548	32,80 %	Normal	

Parámetros incluidos en la modelación	Valores del parámetro	Error	Función de distribución de la probabilidad	Supuestos
Deg Conserv Entre [B-C] en 2001, entre [B-C] en 2010 MP (ha/yr)	7.888	32,80 %	Normal	
Forest land - Forest Plantation Maule RP (ha/yr)	2.004	59,02 %	Normal	La incertidumbre de los DA utilizados en el análisis de Monte Carlo se calculó utilizando los límites de confianza de las áreas de estimación del cambio de uso de la tierra basadas en el muestreo para los períodos de referencia y de seguimiento.
Forest land - Forest Plantation Ñuble RP (ha/yr)	778	37,64 %	Normal	
Forest land - Forest Plantation Biobío RP (ha/yr)	1.590	62,23 %	Normal	
Forest land - Forest Plantation La Araucanía RP (ha/yr)	2.772	64,36 %	Normal	
Forest land - Forest Plantation Los Ríos RP (ha/yr)	944	77,14 %	Normal	
Forest land - Forest Plantation Los Lagos RP (ha/yr)	664	76,22 %	Normal	
Forest fires area Maule RP (ha/yr)	583,4	15%	Normal	INGEI
Forest fires area Ñuble RP (ha/yr)	139,2	15%	Normal	
Forest fires area Biobío RP (ha/yr)	1,028,5	15%	Normal	
Forest fires area Araucanía RP (ha/yr)	2,058,1	15%	Normal	
Forest fires area Los Ríos RP (ha/yr)	150,4	15%	Normal	
Forest fires area Los Lagos RP (ha/yr)	781,9	15%	Normal	
Carbon content of Non-Forest Lands				
AGB Áreas Urbanas e Industriales	2,00	95%	Normal	INGEI, 2020 (MMA, 2021).
AGB Terrenos Agrícolas	10,00	75%	Normal	INGEI, 2020 (MMA, 2021).
AGB Praderas y Matorrales Praderas	4,73	27,7%	Normal	(Gayoso, 2006)
AGB Praderas y Matorrales Matorral-Pradera	9,04	34,6%	Normal	
AGB Praderas y Matorrales Matorral Arborescente	21,78	22,4%	Normal	
Carbon content of Native Forest				
BGB Terrenos Agrícolas	2,00	53,2%	Normal	La incertidumbre para el BGB de tierras no forestales se basa en la estimación del error de propagación siguiendo el enfoque 1 del IPCC del error AGB de Matorrales-Arborescente (22,42 %) y el error del Factor R (48,27 %) estimado por Gayoso (2002), resultando en una incertidumbre total del 53,2%.
BGB Praderas y Matorrales Praderas	8,13	53,2%	Normal	
BGB Praderas y Matorrales Matorral-Pradera	14,99	53,2%	Normal	
BGB Praderas y Matorrales Matorral Arborescente	35,25	53,2%	Normal	

Parámetros incluidos en la modelación	Valores del parámetro	Error	Función de distribución de la probabilidad	Supuestos
AGB Alerce Adulto (t dry biomass/ha)	339,109	18,85%	Normal	Para los tipos de bosques con un número limitado de parcelas de muestreo, la propagación de la incertidumbre con el análisis de Monte Carlo utiliza la siguiente información: i. error de medición DAP (0,2%), cálculo basado en datos del Inventario Forestal Continuo de INFOR; ii. Error de estimación de volumen (0,07%), cálculo basado en datos del Inventario Forestal Continuo de INFOR, iii. Error del Factor de Expansión de Biomasa (BEF) (18,0%), BEF proviene de información recolectada en el país del estudio de Gayoso (2002) y utilizado en INGEI 2020 (MMA, 2021). Este valor es para especies nativas y tiene un nivel espacial nacional. El cálculo del error se basa en datos estadísticos del Inventario de Biomasa y Contabilidad de Carbono de la Universidad Austral de Chile (UACH); y iv. Densidad de la madera (5,6%) calculada utilizando datos de densidad básica recopilados de especies nativas que crecen en Chile. Finalmente, estas incertidumbres se combinan siguiendo el
AGB Alerce Renoval (t dry biomass/ha)	203,590	18,85%	Normal	
AGB Ciprés de las Guaitecas Adulto (t dry biomass/ha)	221,848	18,85%	Normal	
AGB Araucaria Adulto (t dry biomass/ha)	β : 222,628; k: 1,886	PDF	Gama 2; P:0,998; n: 16	
AGB Araucaria Renoval (t dry biomass/ha)	219,131	18,85%	Normal	
AGB Ciprés de la Cordillera Adulto (t dry biomass/ha)	97,116	18,85%	Normal	
AGB Ciprés de la Cordillera Renoval (t dry biomass/ha)	124,019	18,85%	Normal	
AGB Lengua Adulto (t dry biomass/ha)	μ : 207,038; s: 84,017	PDF	Logistic; P:0,958; n:10	
AGB Lengua Renoval (t dry biomass/ha)	α : 0,431; β :0,439	PDF	Beta4; P:0,776; n:8	
AGB Coihue de Magallanes Adulto (t dry biomass/ha)	129,148	18,85%	Normal	
AGB Roble - Hualo Adulto (t dry biomass/ha)	β : 17,695; k: 5,884	PDF	Gamma (2); P:0,808; n: 17	
AGB Roble - Rauli - Coihue Adulto (t dry biomass/ha)	λ : 0,006	PDF	Exponential; P:0,850; n: 65;	
AGB Roble - Rauli - Coihue Renoval (t dry biomass/ha)	λ : 0,006	PDF	Exponential; P:0,709; n: 71	
AGB Coihue - Rauli - Tepa Adulto (t dry biomass/ha)	β : 1,162; γ :414,153	PDF	Weibull (2); P: 0,831; n: 57	
AGB Coihue - Rauli - Tepa Renoval (t dry biomass/ha)	β : 117,880; k: 1,720	PDF	Gamma (2); P:0,989; n: 12	
AGB Esclerófilo Adulto (t dry biomass/ha)	β : 0,721; γ :12,840	PDF	Weibull (2); P: 0,858; n: 33	
AGB Siempreverde Adulto (t dry biomass/ha)	μ : 5,765; σ : 0,646	PDF	Log-normal; P: 0,194; n: 49	
AGB Siempreverde Renoval (t dry biomass/ha)	β : 1,584; γ :139,543	PDF	Weibull (2); P: 0,673; n: 25	
AGB Maule Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	58,85	18,85%	Normal	
AGB Biobío Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	210,75	18,85%	Normal	
AGB Araucanía Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	246,71	18,85%	Normal	
AGB Los Ríos Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	194,05	18,85%	Normal	
AGB Los Lagos Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	221,64	18,85%	Normal	
AGB Ñuble Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	58,85	18,85%	Normal	

Parámetros incluidos en la modelación	Valores del parámetro	Error	Función de distribución de la probabilidad	Supuestos
				enfoque 1 del IPCC (propagación del error), lo que da como resultado una incertidumbre total del 18,85 %.
BGB Maule Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	70,78	44,2%	Normal	La incertidumbre para el BGB de biomasa subterránea se basa en la estimación del error de propagación siguiendo el enfoque 1 del IPCC del error AGB de biomasa aérea (18,85 %) y el error del factor R de la proporción de raíces y brotes (9,40 %) estimado por Gayoso (2002), resultando en una incertidumbre total del 44,2%.
BGB Biobío Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	55,67	44,2%	Normal	
BGB Araucanía Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	63,59	44,2%	Normal	
BGB Los Ríos Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	47,21	44,2%	Normal	
BGB Los Lagos Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	12,47	44,2%	Normal	
BGB Ñuble Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	37,80	44,2%	Normal	
Dead matter Maule Mixed Forest RP (t dry biomass/ha)	72,30	28,4%	Normal	Error estimado a partir de parcelas permanentes del Inventario Forestal Continuo INFOR.
Dead matter Biobío Mixed Forest RP (t dry biomass/ha)	52,91	28,4%	Normal	
Dead matter Araucanía Mixed Forest RP (t dry biomass/ha)	61,16	28,4%	Normal	
Dead matter Los Ríos Mixed Forest RP (t dry biomass/ha)	47,61	28,4%	Normal	
Dead matter Los Lagos Mixed Forest RP (t dry biomass/ha)	18,92	28,4%	Normal	
Dead matter Ñuble Mixed Forest RP (t dry biomass/ha)	45,49	28,4%	Normal	
Annual Periodic Increase of Native Forest				
PAI Maule Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	4,20	28,7%	Normal	Error promedio de IPA para todos los tipos de bosque debido a la falta de datos.
PAI Biobío Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	4,14	28,7%	Normal	
PAI Araucanía Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	4,06	28,7%	Normal	
PAI Los Ríos Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	2,21	28,7%	Normal	
PAI Los Lagos Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	3,70	28,7%	Normal	

Parámetros incluidos en la modelación	Valores del parámetro	Error	Función de distribución de la probabilidad	Supuestos
PAI Ñuble Mixed Forest Reference Period (t dry biomass/ha)	4,03	28,7%	Normal	
PAI Alerce Adulto (m3/ha/yr)	0,5	58,47%	Normal	La mayor incertidumbre de los errores estimados para IPA se asume por falta de datos.
PAI Ciprés de las Guaitecas Adulto (m3/ha/yr)	3,9	58,47%	Normal	
PAI Araucaria Adulto (m3/ha/yr)	$\mu: 4,882; \sigma: 2,516$	PDF	Normal; P:0,923; n: 16	
PAI Ciprés de la Cordillera Adulto (m3/ha/yr)	5,0	15,83%	Normal	Error estimado a partir de parcelas permanentes del Inventario Forestal Continuo INFOR
PAI Ciprés de la Cordillera Renoval (m3/ha/yr)	2,7	9,97%	Normal	
PAI Lengua Adulto (m3/ha/yr)	$k: 5; \gamma: 0,921$	PDF	Erlang; P:0,986; n:10	
PAI Lengua Renoval (m3/ha/yr)	$\mu: 2,995; \beta: 2,054$	PDF	Fisher-Tippett (2); P:0,907; n:8	
PAI Coihue de Magallanes Adulto (m3/ha/yr)	2,6	13,42%	Normal	Error estimado a partir de parcelas permanentes del Inventario Forestal Continuo INFOR
PAI Coihue de Magallanes Renoval (m3/ha/yr)	3,7	7,68%	Normal	
PAI Roble - Hualo Adulto (m3/ha/yr)	$\mu: 1,534; \sigma: 0,507$	PDF	Log Normal; P:0,873; n: 17	
PAI Roble - Hualo Renoval (m3/ha/yr)	3,5	54,47%	Normal	La mayor incertidumbre de los errores estimados para IPA se asume debido a la falta de datos.
PAI Roble - Rauli - Coihue Adulto (m3/ha/yr)	$\mu: 1,335; \sigma: 1,106$	PDF	Log Normal; P:0,257; n: 65;	
PAI Roble - Rauli - Coihue Renoval (m3/ha/yr)	$\beta: 1,777; \gamma: 4,664$	PDF	Weibull (2); P:0,760; n: 71	
PAI Coihue - Rauli - Tepa Adulto (m3/ha/yr)	$\beta: 1,403; \gamma: 6,264$	PDF	Weibull (2); P: 0,789; n: 57	
PAI Coihue - Rauli - Tepa Renoval (m3/ha/yr)	$\mu: 4,364; s: 1,558$	PDF	Logistic; P:0,825; n: 12	
PAI Esclerófilo Adulto (m3/ha/yr)	$\beta: 0,667; \gamma: 0,875$	PDF	Weibull (2); P: 0,512; n: 33	
PAI Esclerófilo Renoval (m3/ha/yr)	1,6	21,31%	Normal	Error estimado a partir de parcelas permanentes del Inventario Forestal Continuo INFOR

Parámetros incluidos en la modelación	Valores del parámetro	Error	Función de distribución de la probabilidad	Supuestos
PAI Siempreverde Adulto (m3/ha/yr)	α : 13,411; β :29,589	PDF	Beta4; P: 0,940; n: 49	
PAI Siempreverde Renoval (m3/ha/yr)	μ : 4,664; s:0/893	PDF	Logistic; P: 0,994; n: 25	
Degradation and Enhancement in permanent forest				
Carbon stock change in permanent forest	Values depending on density diagram change and forest type	57%	Normal	Estimación de error basada en el error estándar de la estimación de volumen del algoritmo k-nn.
Carbon content of forest lands (forest fires)				
AGB Maule (t dry biomass/ha/yr)	80,35	18,85%	Normal	Esta incertidumbre se estima siguiendo el enfoque 1 del IPCC (propagación del error), lo que da como resultado una incertidumbre total del 18,85 %.
AGB Biobío (t dry biomass/ha/yr)	149,88	18,85%	Normal	
AGB Araucanía (t dry biomass/ha/yr)	252,33	18,85%	Normal	
AGB Los Ríos (t dry biomass/ha/yr)	310,35	18,85%	Normal	
AGB Los Lagos (t dry biomass/ha/yr)	230,41	18,85%	Normal	
AGB Ñuble (t dry biomass/ha/yr)	149,88	18,85%	Normal	
BGB Maule (t dry biomass/ha/yr)	23,05	44,2%	Normal	La incertidumbre para el BGB de biomasa subterránea se basa en la estimación del error de propagación siguiendo el enfoque 1 del IPCC del error AGB de biomasa aérea (18,85 %) y el error del factor R de la proporción de raíces y brotes (40,0 %) estimado por Gayoso (2002), resultando en una incertidumbre total del 44,2%.
BGB Biobio (t dry biomass/ha/yr)	43,00	44,2%	Normal	
BGB Araucania (t dry biomass/ha/yr)	72,39	44,2%	Normal	
BGB Los Rios (t dry biomass/ha/yr)	89,04	44,2%	Normal	
BGB Los Lagos (t dry biomass/ha/yr)	66,10	44,2%	Normal	
BGB Ñuble (t dry biomass/ha/yr)	43,00	44,2%	Normal	
Dead matter Maule (t dry biomass/ha)	52,60	28,4%	Normal	Error estimado a partir de parcelas permanentes del Inventario Forestal Continuo INFOR
Dead matter Biobio (t dry biomass/ha)	122,10	28,4%	Normal	
Dead matter Araucania (t dry biomass/ha)	165,50	28,4%	Normal	
Dead matter Los Rios (t dry biomass/ha)	146,90	28,4%	Normal	
Dead matter Los Lagos (t dry biomass/ha)	157,00	28,4%	Normal	
Dead matter Ñuble (t dry biomass/ha)	122,10	28,4%	Normal	

Parámetros incluidos en la modelación	Valores del parámetro	Error	Función de distribución de la probabilidad	Supuestos
Other Factors				
Combustion factor	0,45	36,0%	Normal	IPCC, 2006
Emission Factor CH4	4,7	29,0%	Normal	
Emission Factor N2O	0,26	43,8%	Normal	

Tabla 46. Parámetros y supuestos utilizados para la estimación de incertidumbres

8.3 Estimación de la incertidumbre

Las incertidumbres de los NREF/NRF de deforestación, degradación, y aumentos de contenido de carbono fueron estimadas según el enfoque de Simulaciones de Monte Carlo. El enfoque de Monte Carlo implica la simulación repetida de muestras dentro de las funciones de densidad de la probabilidad de los datos de entrada. Las funciones de densidad de la probabilidad (FDP) explican el rango de valores potenciales de una variable dada y la probabilidad de que valores diferentes representen el valor verdadero. Las FDP se representan gráficamente como distribuciones. Los ejemplos comunes incluyen distribuciones normales (Gaussianas), lognormales, triangulares y uniformes.

Las simulaciones de Monte Carlo se ejecutan utilizando algoritmos que generan valores estocásticos (es decir, de los datos aleatorios) basados en la FDP. El objetivo de estas simulaciones repetidas es producir distribuciones que representen la probabilidad de diferentes estimaciones. Una vez que se han ejecutado las simulaciones, se aplican al modelo, que podría ser complejo o ser una ecuación simple, desarrollada para calcular la estimación final. Para calcular la incertidumbre, el intervalo de confianza se puede identificar para las distribuciones finales.

La Incertidumbre global estimada para el nivel de referencia ha sido desarrollada utilizando la herramienta XLSTAT, presentando el resultado a continuación en Tabla 47 y Tabla 48:

	Deforestación	Aumentos No Conservación F-F	Degradación No Conservación F-F	Aumento NF-F	Sustitución	Incendios	Aumentos Conservación F-F	Degradación Conservación n F-F
Límite Superior 95%	7.675.165	-15.633.363	24.399.407	-358.824	6.562.021	315.508	-4.083.829	18.917.974
Límite Inferior 5%	3.222.103	-23.626.946	15.868.134	-817.807	2.635.096	59.369	-7.221.072	8.936.032
Mediana	5.209.388	-19.598.794	20.152.484	-538.464	3.919.295	164.190	-5.642.383	13.904.215
Intervalo de confianza 90%	2.226.531	3.996.792	4.265.636	229.492	1.963.463	128.070	1.568.621	4.990.971
Incetidumbre	42,7%	20,4%	21,2%	42,6%	50,1%	78,0%	27,8%	35,9%

Tabla 47. Incertidumbre Emisiones Periodo de Referencia según actividad REDD+

	NREF/NRF	Degradación	Aumentos	Deforestación	Conservación
Límite Superior 95%	26.218.105	29.270.731	-16.188.913	7.675.165	13.508.655
Límite Inferior 5%	9.488.283	19.783.993	-24.209.548	3.222.103	3.027.948
Mediana	17.902.167	24.443.617	-20.151.580	5.209.388	8.270.036
Intervalo de confianza 90%	8.364.911	4.743.369	4.010.318	2.226.531	5.240.354
<i>Incertidumbre</i>	<i>46,7%</i>	<i>19,4%</i>	<i>19,9%</i>	<i>42,7%</i>	<i>63,4%</i>

Tabla 48. Incertidumbre Global NREF/NRF

9. RELACIÓN ENTRE NREF/NRF Y EL INVENTARIO DE GEI DE CHILE

El NREF/NRF nacional de Chile que se propone a través de este reporte, es producto del SNMF establecido en el país el cual opera con las instituciones del MINAGRI como autoras y principales colaboradoras. Al mismo tiempo y como un trabajo dentro de la labor institucional, CONAF junto al INFOR se coadyuvan en la responsabilidad de la preparación de datos de actividad y estimaciones de emisiones del sector UTCUTS para el INGEI de Chile. El Departamento de Cambio Climático y Servicios Ecosistémicos (DCCSE) junto al Departamento de Monitoreo de Ecosistemas y Cambio Climático (DMECC) y la Unidad de Análisis de Incendios de CONAF, participan directamente con los equipos de investigación de Inventario Forestal Continuo y de Adaptación y Mitigación del Cambio Climático IFN y Cambio Climático de INFOR para el desarrollo los reportes REDD+ y de Inventarios de GEI.

En este contexto, el proceso de ampliación del NREF/NRF a un alcance nacional de bosques y las mejoras y correcciones implementadas pretenden mejorar la consistencia y alineación técnica con el INGEI, manteniendo los criterios y los supuestos asumidos en la elaboración de los reportes.

No obstante lo anterior, existen diferencias intrínsecas entre la formulación de un nivel de referencia forestal y un inventario nacional de GEI, derivadas de la disponibilidad de información para el alcance geográfico aplicado, y del uso de métodos de mayor o menor alcance y precisión. Sumado a esto, la definición del enfoque de REDD+ para Chile establece consideraciones en las actividades que pueden presentar variaciones y similitudes respecto el inventario de GEI.

Entre los elementos que se cambiaron en el NREF/NRF para lograr la mayor consistencia con el INGEI se destaca el uso de factores de emisión y parámetros tales como los valores de existencia de biomasa del bosque nativo, los valores de necromasa y el valor de fracción de carbono. De esta manera, la información coincidió con el Informe del Inventario Nacional de GEI publicado en 2020 (MMA, 2021).

En relación a las diferencias que persisten entre el NREF/NRF y el informe del Inventario Nacional de GEI, las de mayor relevancia corresponde a la definición de Tierras Forestales que son consideradas en la contabilidad de flujos de carbono, la que integra las plantaciones forestales y bosque nativo para el INGEI, mientras que para el caso de REDD+ sólo contabiliza el bosque nativo.

Como otra diferencia importante, se debe mencionar los datos de actividad utilizados para cada estimación. El enfoque de REDD+ utiliza los Mapas Históricos de Cambio de Uso de CONAF, que representan información directa de cambios entre el 2001 y el 2013, mientras que el INGEI utiliza una metodología combinada entre Datos de Catastro de Bosque nativo y Mapas de Cambio Bienales de CONAF, incluyendo interpolaciones de tasas de cambio para completar la serie 1990-2018. Cabe recordar la consideración indicada en las secciones 2 y 3 del documento relacionada al matorral arborescente considerado como Bosque Nativo en mapas de Catastro de Bosque Nativo, no así en mapas de Cambio de Uso de la Tierra. Esta consideración implica que para INGEI se considera esta pérdida de superficie como deforestación, con una tasa anual de 6.409 hectáreas de matorral arborescente deforestado.

A continuación, se detallan por actividad los puntos de consistencia y las variaciones existentes entre el INGEI y el NREF/NRF. También se presentan las estimaciones de emisiones/remociones históricas promedio por actividad de REDD+ para comparar los resultados de NREF/NRF y del INGEI. Para realizar el análisis de congruencia, se debe considerar lo siguiente:

- El NREF/NRF nacional considera el 99,3% de la superficie de bosque nativo del país, desde las regiones de Coquimbo a Magallanes, considerando que desde Arica-Parinacota hasta Atacama se desarrolla el 0,7% restante. INGEI por su parte incorpora las 16 regiones de Arica-Parinacota hasta Magallanes. Para este análisis de relación, se consideró que la diferencia en superficie de bosque nativo entre NREF/NRF y el INGEI no es significativa, ya que la comparación de emisiones y capturas de carbono se realiza en categorías sub categorías relacionadas al bosque nativo.
- Las actividades de Degradación y Aumento de existencias en bosque permanente están integradas en la estimación de emisiones y absorciones producidas en las tierras forestales que permanecen como tal en el INGEI, no obstante presentan una diferencia en el método de cálculo para determinar el cambio anual de carbono, ya que se aplica el método de diferencias de stock en el NREF/NRF y el método de ganancias y pérdidas en el INGEI.
- Las actividades REDD+ de Deforestación y el Aumento de existencias de no bosque a bosque se corresponden con la conversión de tierras desde y hacia tierras forestales en INGEI.
- La actividad de Conservación Forestal en REDD+ considera emisiones y capturas por degradación o aumento de existencias en bosque permanente en áreas de conservación, mientras que INGEI considera incrementos anuales de biomasa en áreas de parques y reservas nacionales.
- Para el análisis comparativo en actividades que ocurren en bosque permanente, se consideró el promedio de emisiones y capturas del periodo 2001-2010 del INGEI, mientras que para las actividades que generan cambio de uso de la tierra, se consideró el promedio 2001-2013.

9.1 Deforestación

En el INGEI, la actividad deforestación incluye las categorías de tierras forestales convertidas en tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamiento y en otras tierras (incluyendo áreas desprovistas de vegetación, nieves y glaciares, cuerpos de agua, y áreas no reconocidas).

Para el cálculo de Datos de Actividad, el NREF/NRF considera los mapas históricos de uso y cambio de uso de las tierras (MHUCUT) como información base, mientras que INGEI considera el Catastro de Bosque Nativo y Mapas de Cambio Bienales (ambas fuentes de CONAF). Ambos reportes aplican el método de pérdidas y ganancias en la estimación de carbono.

En cuanto a los Factores de Emisión utilizados en el NREF:

- Se utilizaron los mismos factores de emisión para determinar las existencias de carbono forestal antes de la deforestación.
- Al igual que en el INGEI se utilizan ciertos valores por defecto del IPCC para determinar las existencias de carbono después de la deforestación de algunas clases de uso de la tierra no forestal. Sin embargo, el NREF/NRF utiliza valores específicos a Chile de Gayoso (2006) para matorral, matorral arborescente, pradera, y formaciones de suculentas.
- Para la materia orgánica muerta, se usaron factores de emisión regional *Tier 2* pertenecientes al INGEI del 2020 y a la vez fueron basados en el Inventario Forestal Nacional (para deforestación y degradación por sustitución).

- La biomasa subterránea es resultado de la aplicación de la relación raíz-tallo a la biomasa aérea, valor establecido en el INGEI, de acuerdo a Gayoso (2006).

Emisiones medias anuales de deforestación para el periodo 2001-2013 según el NREF (tCO ₂ e año ⁻¹)	Emisiones medias anuales de deforestación según el INGEI para los años 2001-2013 (tCO ₂ e año ⁻¹)
5.398.892	3.179.115

Tabla 49. Comparación de estimaciones de emisiones por deforestación, del NREF/NRF y del INGEI

Para hacer comparable el resultado, el valor del informe de INGEI excluye el depósito de carbono del suelo, ya que para REDD+ no se contabiliza este reservorio.

9.2 Degradación Forestal

Las categorías del INGEI que se corresponden con la actividad de degradación incluyen en las tierras forestales que permanecen como tal, tanto plantaciones como bosque nativo, la cosecha de madera comercial, la cosecha de leña y las perturbaciones incendios. El reporte de referencia REDD+ por su parte, considera en la metodología de degradación las pérdidas de biomasa con el método de stock change, sin considerar información estadística, salvo para los gases No CO₂.

La estimación en el Inventario utiliza un método de ganancia-pérdida en base a la Ecuación 2.7 del IPCC (2006), sin embargo, el NREF/NRF utiliza el método de diferencia de existencias basado en la Ecuación 2.8 del IPCC (2006).

El INGEI de 2020 utiliza datos estadísticos procedentes de INFOR para remociones de bosque, estadísticas de INFOR y MINENERGIA para la leña, y estadísticas de superficie de incendios de bosque nativo y de plantaciones forestales de CONAF para determinar las pérdidas por incendios. Respecto a los datos sobre extracción de leña, se debe considerar que la información está basada en encuestas de consumo de la población, lo cual no distingue origen formal o informal de la extracción. No obstante, es una buena representación de la pérdida de biomasa por leña.

Para los GEI No CO₂ producto de la combustión por incendios forestales, ambos reportes aplican el mismo método de contabilidad a partir de los datos tabulares de CONAF para cada temporada de incendios.

Emisiones anuales de degradación según el NREF para los años 2001 – 2010 (tCO ₂ e año ⁻¹)	Emisiones anuales de degradación según el INGEI para los años 2001 – 2010 (tCO ₂ e año ⁻¹)
20.313.837	14.740.000

Tabla 50. Comparación de estimaciones de emisiones por degradación forestal del NREF/NRF y del INGEI

Dentro de la actividad de degradación, el NREF/NRF considera la sustitución de bosque nativo por plantaciones, asumiendo la pérdida completa de la biomasa del bosque, por tanto, se estiman solamente las emisiones producto del cambio de uso. INGEI también contabiliza la pérdida completa de la biomasa del bosque, y además contabiliza las capturas en las plantaciones generadas post la sustitución. Para esta comparación, no se incluye el crecimiento de plantaciones estimado por INGEI.

Emisiones anuales de degradación por sustitución según el NREF para los años 2001 – 2013 (tCO ₂ e año ⁻¹)	Emisiones anuales de degradación por sustitución según el INGEI para los años 2001 – 2013 (tCO ₂ e año ⁻¹)
4.235.164	3.026.000

Tabla 51. Comparación de estimaciones de emisiones por degradación por sustitución del NREF/NRF y del INGEI

9.3 Aumento de Existencias de Carbono Forestal

En el INGEI, el aumento de existencias se contabiliza en las categorías de tierras convertidas a tierras forestales y en el incremento de biomasa en tierras forestales que permanecen como tal. Los datos de actividad de aumento de áreas de no bosque que se convierten a bosque, provienen de los mapas históricos para el NREF/NRF y del catastro de Bosque nativo para INGEI.

Para la elaboración del NREF/NRF se utilizaron los mismos valores de incremento anual neto promedio (por tipo forestal y estructura) que utiliza el INGEI. Se incluyeron las existencias basadas en datos de INFOR, para todos los tipos forestales

De igual forma, los valores utilizados para el cálculo del factor de conversión y expansión de biomasa, para la conversión del incremento anual neto en volumen (incluyendo corteza) a crecimiento de biomasa aérea para un tipo forestal, se utilizan el factor de expansión de biomasa y el valor de densidad básica de la madera procedente del INGEI.

Sin embargo, existen diferencias metodológicas relevantes en el cálculo de aumentos en bosque permanente, lo que lleva a diferencias en las estimaciones. En INGEI se incluyen los incrementos de biomasa de plantaciones forestales y todo el bosque nativo bajo gestión del país, mientras que el NREF/NRF sólo se incluye los incrementos de biomasa en bosque nativo de bosques que se recuperan de degradación y aumentos de bosques de otros usos de la tierra. Además, una diferencia fundamental es que en el NREF/NRF se contabilizan las remociones por recuperación de bosque degradado, mientras que INGEI considera el crecimiento de todo el bosque bajo gestión en el país, por lo que el NREF/NRF es un subconjunto del bosque incluido en el INGEI.

Remociones anuales en bosque permanente según el NREF para los años 2001 – 2010 (tCO ₂ e año ⁻¹)	Remociones anuales por incrementos de biomasa en tierras forestales que permanecen como tal según el INGEI para los años 2001 – 2010 (tCO ₂ e año ⁻¹)
-19.621.903	-91.011.302

Tabla 52. Comparación de estimaciones de remociones por aumento de existencias en bosque que permanece como tal del NREF/NRF y del INGEI. No se consideran áreas bajo conservación

Sumado a esto, para el incremento debido al crecimiento del bosque, el INGEI utiliza la Ecuación 2.9 del IPCC 2006 para cálculo *Tier* 2-3, para las tierras convertidas a bosque en el año de conversión y luego sigue contabilizando anualmente este crecimiento por 20 años hasta que las tierras convertidas a bosque cambian a tierras forestales que permanecen como tal. Del mismo modo, el NREF/NRF de Aumento de existencias sigue contabilizando las absorciones que vienen de las áreas que se convierten en bosque durante el periodo de referencia para todo el periodo.

Remociones anuales por aumentos de usos no bosque a bosque según el NREF para los años 2001 – 2013 (tCO ₂ e año ⁻¹)	Remociones anuales por incrementos de biomasa por la conversión de tierras a tierras forestales según el INGEI para los años 2001 – 2013 (tCO ₂ e año ⁻¹)
-544.975	-217.060

Tabla 53. Comparación de estimaciones de remociones por aumento de existencias en bosque que permanece como tal del NREF/NRF y del INGEI. No se consideran áreas bajo conservación

9.4 Conservación Forestal

El NREF/NRF de existencias de carbono por Conservación forestal considera el flujo neto de capturas y emisiones producidas en áreas bajo procesos de conservación, aplicando la metodología de diferencias de stock sobre bosque permanente. El INGEI por su parte, estima el incremento de biomasa en Parques y Reservas Nacionales dentro de la categoría de tierras forestales que permanecen como tal.

Remociones anuales en áreas de conservación según el NREF para los años 2001 – 2010 (tCO ₂ e año ⁻¹)	Remociones anuales en áreas de conservación según el INGEI para los años 2001 – 2010 (tCO ₂ e año ⁻¹)
-5.638.898	-20.282.960

Tabla 54. Comparación de estimaciones de remociones por aumento de existencias en bosque que permanece como tal del NREF/NRF y del INGEI. No se consideran áreas bajo conservación

Al igual que las absorciones por incrementos en bosque permanente, para la estimación de flujos de carbono en área de conservación el NREF/NRF contabiliza las capturas por recuperación de bosque degradado, mientras que para INGEI se consideran todos los incrementos de bosques degradados y no degradados en áreas de conservación.

10. NECESIDADES DE CREACIÓN DE CAPACIDADES, ÁREAS DE MEJORA TÉCNICA FUTURA Y TRABAJOS EN DESARROLLO

A partir de la consignación del NREF/NRF subnacional durante el año 2016 y del Anexo Técnico REDD+ en 2018, fue posible identificar una serie de brechas, necesidades y mejoras técnicas relevantes de abarcar durante la preparación del NREF nacional. Como se ha indicado en la sección 2.3, el país avanzó en actividades relacionadas con la elaboración de mapas de cambio de uso históricos y bienales, preparación de datos de actividad, factores de emisión, estimación de la degradación, mosaicos multipíxeles, incorporación de regiones y biomas, y el desarrollo de La Plataforma de la ENCCRV.

No obstante, hay necesidades de capacitación que han sido levantadas con anterioridad y que persisten en el SNMF. Se describen a continuación:

- Estimación de Incertidumbre mediante Monte Carlo: si bien se ha incorporada la mejora metodológica en este nivel de referencia, el proceso realizado mediante un software de pago a través de un consultor, por tanto, el país no cuenta con la capacidad instalada. Al respecto, el MRV está avanzando junto al equipo de ONU REDD+ en la formalización de instancias de capacitación en análisis de incertidumbres y método de Montecarlo, priorizando la utilización de softwares de libre acceso, esperando desarrollarse en el primer semestre de 2023.
- Estimación de flujos de carbono en zonas con alta cobertura de nubes: si bien se avanzó en el estudio con datos de Alos Palsar, se considera de alta relevancia fomentar la formación de profesionales para fortalecer las capacidades técnicas en temáticas como la generación y manejo de información satelital de alta resolución proveniente de sensores activos, como también en materias de inventarios forestales y estadística de muestreo. Junto a lo anterior, es relevante la necesidad de tener acceso libre a información de datos Lidar o Radar, para contribuir en este punto del monitoreo.
- Muy vinculado a lo anterior, se ha identificado la necesidad de capacidad de análisis de imágenes satelitales de alta resolución tipo Planet para el monitoreo de actividades de manejo forestal que permitan avanzar en la incorporación de esta actividad en el SNMF.
- En el contexto de transición desde los Informes Bienales de Actualización (IBA) hacia los Reportes Bienales de Transparencia (RBT) bajo el Marco de Transparencia Reforzado (MTR), se considera una necesidad importante el apoyo en la capacitación del equipo técnico para cumplir correctamente con los estándares de transparencia requeridos, alineando los reportes REDD+ con los BTR futuros.

Existen una serie de mejoras técnicas en distintas áreas del desarrollo del SNMF, las cuales han sido identificadas por los expertos durante los procesos de evaluación técnica del NREF/NRF subnacional y del Anexo Técnico, junto a otras que han sido identificadas por el equipo nacional. De las mejoras técnicas identificadas, hay algunas que se encuentran en proceso de análisis y discusión, dentro las cuales se destacan las siguientes:

- Evaluar la posibilidad de cambiar el satélite a partir del cual se obtienen las imágenes que componen los mosaicos multipíxel, hacia otro de mayor resolución tanto espacial como temporal, tipo Sentinel.
- Evaluar la necesidad de una herramienta de degradación para los tipos forestales Araucaria y Alerce, y de diagramas de densidad para otros subtipos que pudiesen ser relevantes para representar de manera más acertada el comportamiento del bosque chileno.
- Mantenimiento y mejora continua de los diferentes sistemas que componen la plataforma integrada de la ENCCRV.
- Mejorar la estimación de degradación de bosques australes mediante el uso de sensores activos (tecnologías RADAR o LIDAR) de acceso público.
- Necesidad de apoyo en la obtención de imágenes de alta resolución (Planet).
- Mejora en la infraestructura requerida para el procesamiento de los datos.
- Trabajar en la actualización de años del Nivel de Referencia, considerando un período de referencia más moderno.
- Incorporar datos de actividad de incendios forestales incluyendo la componente espacial, una vez que se actualice la temporalidad del NREF.
- Desarrollo de factores de emisión y datos de actividad vinculados a los flujos de carbono orgánico del suelo, ya que el vacío persiste en el NREF/NRF nacional.
- Generación de información espacial de Planes de manejo, para la incorporación de la actividad REDD+.

Actualmente, a través de diversos apoyos, tanto nacionales como internacionales, se están desarrollando una serie de trabajos orientados a reducir las brechas y necesidades identificadas en el proceso de construcción y actualización de los Niveles de Referencia:

- En el proceso de incluir la actividad de manejo sustentable de bosques, se está avanzando en mejorar la disponibilidad y calidad de la información para su cuantificación, mediante la centralización y estandarización de las bases de datos de planes de manejo, además de incorporar su localización geográfica.
- Se han desarrollado actividades de intercambio de experiencias con expertos internacionales del área de monitoreo forestal, en el marco del *“Seminario regional sobre intercambio de experiencias en los procesos de evaluación de los NREF/NRF y anexos técnicos REDD+ ante la CMNUCC/otras iniciativas”*, organizado por SilvaCarbon y la CMNUCC durante julio de 2022.
- Durante el segundo semestre del 2022 se han desarrollado dos licitaciones orientadas al estudio del impacto de la mega sequía en la degradación forestal, en miras a una adecuación temporal de los niveles de referencia nacionales.

11. REFERENCIAS

Bahamóndez, C., Martin, M., Muller-Using, S., Rojas, Y., Vergara, G., 2009. Case Studies in Measuring and Assessing Forest Degradation: An Operational Approach to Forest Degradation. (Forest Resources Assessment Working Paper.). Forestry Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Bahamóndez, C. y Thompson ID (2016) Determining forest degradation, ecosystem state and resilience using a standard stand stocking measurement diagram: theory into practice. *Forestry*: 0, 1-11.

Cochran. 1977. *Sampling Techniques*, 3rd Edition.

CONAF. 2008. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. Monitoreo y Actualización Región de Los Ríos.

CONAF. 2008. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. Monitoreo y Actualización Región del Biobío.

CONAF. 2009. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. Monitoreo y Actualización Región de Los Lagos

CONAF. 2009. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. Monitoreo y Actualización Región de La Araucanía.

CONAF. 2011. Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile.

CONAF. 2011. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación. Monitoreo y Actualización, Región del Biobío y Región del Maule.

CONAF y CIREN. 2013. Proyecto Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins.

CONAF y Universidad Austral de Chile. 2014. Proyecto Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de recursos vegetacionales Nativos de la Región de Los Lagos.

CONAF y Universidad Austral de Chile. 2014. Proyecto Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Los Ríos.

CONAF y Universidad Austral de Chile. 2014. Proyecto Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de recursos Vegetacionales Nativos de la Región de La Araucanía.

CONAF. 2014. Memoria CONAF 2010/2014

CONAF. 2014. FRA 2015 Country Report Chile.

CONAF. 2020. Catastro de los Recursos vegetacionales y Uso de la Tierra

CONAF. 2016. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal Subnacional de Chile. Santiago de Chile.

Donoso C., 2015. Estructura y dinámica de los bosques del cono sur de América. Libro, Ediciones Universidad Mayor.

Donoso C., González M., LARA A. 2014. Ecología Forestal, Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile. Ediciones UACH.

Etienne G., M., Prado Campos, C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Conceptos y manual de uso práctico. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales.

FAO, 2012. FRA 2015 Términos y Definiciones.

Flood, N. Continuity of Reflectance Data between Landsat-7 ETM+ and Landsat-8 OLI, for Both Top-of-Atmosphere and Surface Reflectance: A Study in the Australian Landscape. *Remote Sensing*. 2014, Vol. 6, Núm. 9, pp 7952-7970

Gayoso, J. 2002. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Informe Técnico. Universidad Austral de Chile.

Gayoso, J. 2006. Inventario de carbono en praderas y matorrales para el estudio de línea de base. Proyecto SIF Sociedad Inversora Forestal S.A. Regiones VII Y VIII

Gingrich SF (1967) Measuring and evaluating stocking and stand density in Upland Hardwood forests in the Central States. *Forest Science*: 13:38-53.

González, M., Szejner, M., Muñoz, A.; Silva, J. Incendios catastróficos en bosques andinos de Araucaria-Nothofagus: Efecto de la severidad y respuesta de la vegetación. Artículo técnico. *Revista Bosque Nativo*, N°46.

Honeyman P., Cruz P., Schulze C., Hube C., Urrutia J., Ravanal C. 2009. Modelo de Gestión Forestal para el Uso Sustentable de los Bosques Mediterráneos Chilenos. *Revista Virtual REDESMA* Vol. 3(2).

INFOR, 2014. Los recursos forestales en Chile. Informe final Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales.

IPCC, 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom. New York, USA. PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE.

IPCC, 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for IPCC. Kanagawa, Japan.

IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for IPCC. Kanagawa, Japan.

IPCC, 2007. *Cambio climático 2007. Informe síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. In: Pachauri, R.K. & Reisinger, A. (eds.). Ginebra, Suiza: IPCC.

IPCC, 2014. *Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* Suiza: OMNPNUMA.

Jin, S., Yang, L., Danielson, P., Homer, C., Fry, J., and Xian, G. 2013. A comprehensive change detection method for updating the National Land Cover Database to circa 2011, *Remote Sens. Environ.*, 132, 159–175.

Langholz, J., y Krug. W. 2003. Private protected area action plan: WPC Governance Stream, Parallel Session 2.5. World Parks Congress, Durban.

Lubert F., P Pliscoff P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Libro Editorial Universitaria.

Müller-Using, S.; Müller-Using, B.; Martin, M.; Mujica, R.; Grosse, H. 2012. Reporte de prácticas silvícolas: estado actual y Propuestas silvícolas para los Renovales dominados por Nothofagus en la zona centro-sur de Chile. Valdivia

Ministerio de Medio Ambiente. 2020. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC): Actualización 2020. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. 2021. Informe del Inventario Nacional de Chile 2020: Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990-2018. Oficina de Cambio Climático. Santiago, Chile.

Naciones Unidas 1997. Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Oficina de Cambio Climático. 2014. Primer informe bienal de actualización de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Oficina de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile.

Olofsson, P.; Foody G. M.; Herold M.; Stehman S. V.; Woodcock C. E.; Wulder M. A. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148, 42-57 pp.

Saelzer F., 1973. La Evolución de la Legislación Forestal Chilena. Libro UACH.

Sidman G, Casarim F, McMurray A, Pearson T (2015) Protocolos Metodológicos para el desarrollo de los FREL/FRLs para las actividades REDD+ en el área del Programa RE de Chile (Reporte Metodológico) (Methodological Protocols for the development of FREL/FRLs for REDD+ activities in the RE Programme area of Chile [Methodological Report]).

Teillier S., 1999. Catálogo de las plantas vasculares del área altoandina de Salar de Coposa-cordón Collaguasi. Chile, Región de Tarapacá (I). <http://www.chlorischile.cl>.

UN-REDD 2014. Resource Guide for Advanced Learning on REDD+. UN CC: LearnThe One UN Climate Change Learning Partnership

UN-REDD 2014. Emerging approaches to Forest Reference Emission Levels and/or Forest Reference Levels for REDD+.