

NREF /NRF

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

31 de Agosto de 2016

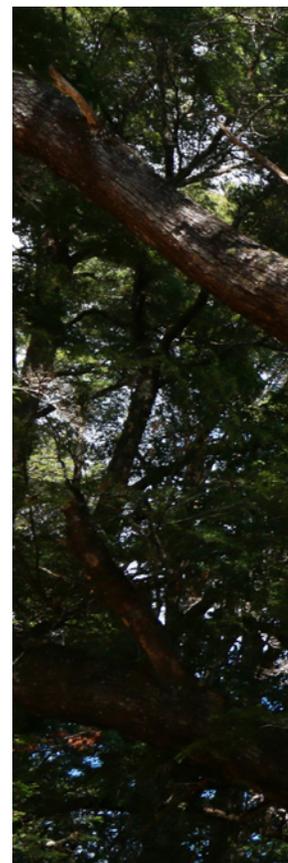


TODOS
POR
CHILE





**Nivel de Referencia de Emisiones
Forestales / Nivel de Referencia Forestal
Subnacional de Chile**



Editores

Javier Cano, Angelo Sartori, Osvaldo Quintanilla, Nuvia Briceño
Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales.
Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal.
Corporación Nacional Forestal.

Autores

Javier Cano¹, Angelo Sartori¹, Osvaldo Quintanilla¹, Verónica Oyarzún².

¹ Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales. Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal. Corporación Nacional Forestal.

² Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales. Gerencia de Fiscalización y Evaluación Ambiental. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

Consorcio Winrock-UAustral-INFOR

Winrock International: Felipe Casarim, Gabriel Sidman, Anna McMurray, Timothy Pearson.

Universidad Austral de Chile: Jorge Gayoso, Víctor Sandoval, y Noemi Almonacid.

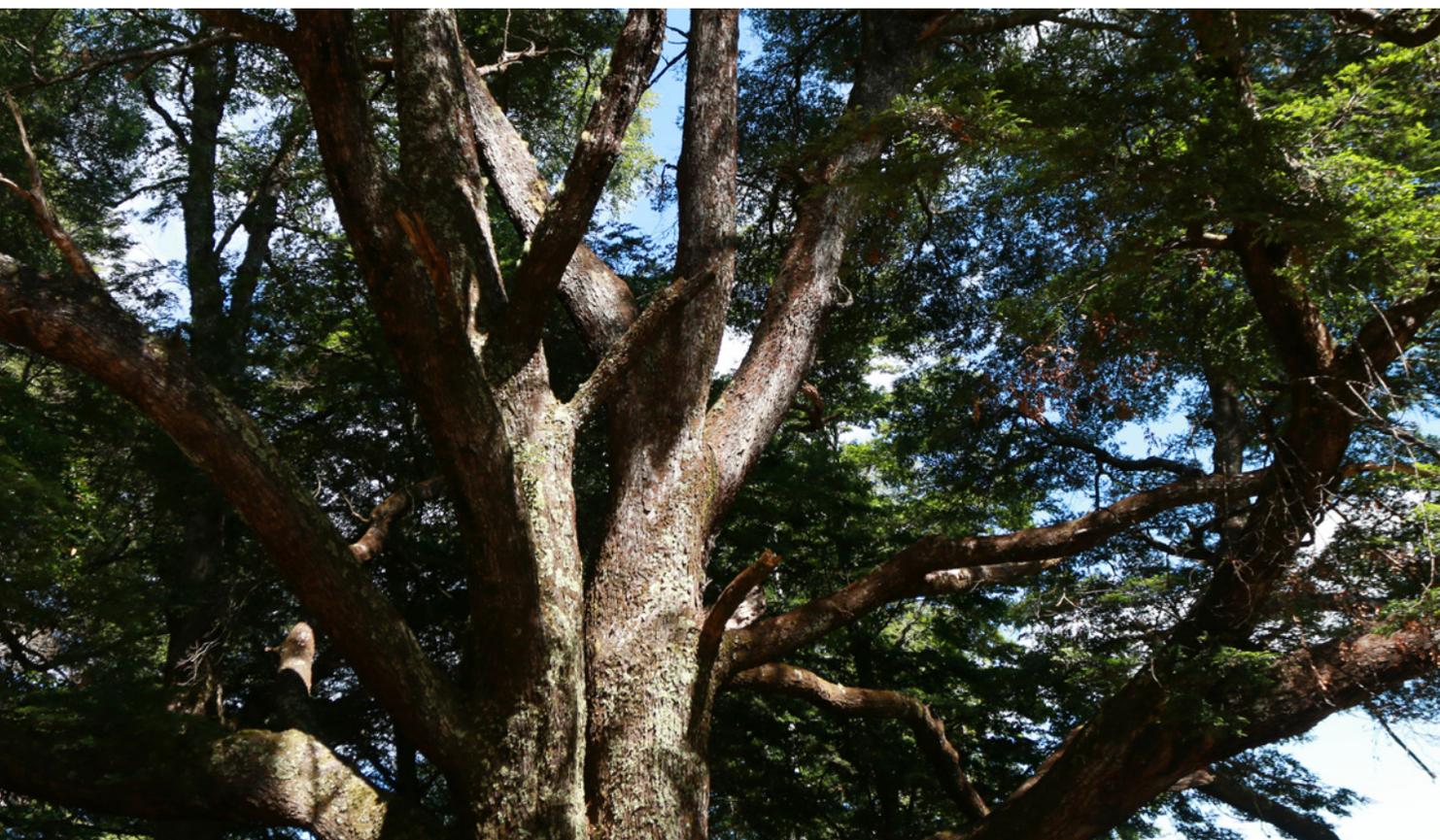
Instituto Forestal de Chile: Carlos Bahamondez, Yasna Rojas, y Rodrigo Sagardia

Contribuciones

CONAF: Mauricio Gómez, Federico An-der Fuhren, Francisco Lillo, Fernando Gimeno.

Consultor ENCCRV: Pablo Honeyman.

Estudiante en prácticas: Geraldine Berland.



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

31 de Agosto de 2016

Tabla de contenido

1. <u>Introducción</u>	14
2. <u>Antecedentes</u>	16
a. <u>Circunstancias Nacionales</u>	16
i. <u>Institucionalidad</u>	16
ii. <u>Legislación</u>	20
b. <u>Descripción de la cobertura de Tierras Forestales</u>	24
i. <u>Bosque Nativo</u>	25
ii. <u>Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)</u>	31
iii. <u>Plantaciones forestales</u>	33
3. <u>Definición de Bosque y Conceptos REDD+</u>	34
a. <u>Definición de Bosque</u>	34
b. <u>Actividades REDD+</u>	37
i. <u>Deforestación</u>	38
ii. <u>Degradación Forestal</u>	38
iii. <u>Aumento de Existencias de Carbono Forestal</u>	39
iv. <u>Conservación Forestal</u>	39
v. <u>Manejo sustentable de los bosques</u>	40
vi. <u>Consideraciones generales</u>	41
4. <u>Fuentes de Información</u>	42
a. <u>Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile</u>	42
b. <u>Sistema de Monitoreo de cambios del uso del suelo y vegetación basado en el Catastro del Bosque Nativo</u>	44
c. <u>Inventario Continuo de Ecosistemas Forestales</u>	46
d. <u>Imágenes Satelitales LANDSAT</u>	47
5. <u>Método</u>	49
a. <u>Niveles y enfoques utilizados</u>	49
b. <u>Depósitos de Carbono y GEI Considerados</u>	50
c. <u>Periodo de Referencia</u>	51
i. <u>Cambios de uso o sub-uso de la tierra</u>	52
ii. <u>Bosque permanente</u>	54
d. <u>Métodos para la estimación de emisiones y absorciones</u>	55
i. <u>Cambios de uso o sub-uso de la tierra</u>	55
ii. <u>Bosque permanente</u>	61
e. <u>Datos de Actividad</u>	64
i. <u>Cambios de uso o sub-uso de la tierra</u>	64
ii. <u>Bosque permanente</u>	65
f. <u>Factores de Emisión</u>	69
i. <u>Cambios de uso o sub-uso de la tierra</u>	69
ii. <u>Bosque permanente</u>	71

g. <u>Agregación de actividades que incluyen cambios de uso de la tierra y bosque que permanece bosque</u>	<u>72</u>
i. <u>Degradación Forestal</u>	<u>72</u>
ii. <u>Aumento de Existencias de Carbono Forestal</u>	<u>73</u>
6. <u>Resultados</u>	<u>74</u>
a. <u>Datos de Actividad</u>	<u>74</u>
i. <u>Cambios de uso o sub-uso de la tierra</u>	<u>74</u>
b. <u>Factores de emisión</u>	<u>80</u>
i. <u>Cambios de uso o sub-uso de la tierra</u>	<u>80</u>
ii. <u>Actividades en bosque permanente</u>	<u>82</u>
7. <u>NREF/NRF Subnacional de Chile</u>	<u>83</u>
a. <u>Deforestación</u>	<u>83</u>
b. <u>Degradación Forestal</u>	<u>83</u>
i. <u>Degradación por Sustitución</u>	<u>84</u>
ii. <u>Degradación en bosque permanente</u>	<u>85</u>
iii. <u>Contabilidad de emisiones no CO₂ por incendios forestales</u>	<u>85</u>
c. <u>Aumento de Existencias de Carbono Forestal</u>	<u>86</u>
i. <u>Restitución e incremento de superficie forestal</u>	<u>87</u>
ii. <u>Recuperación de bosques degradados</u>	<u>87</u>
d. <u>Conservación forestal</u>	<u>88</u>
e. <u>NREF/NRF de bosque nativo subnacional de Chile</u>	<u>89</u>
8. <u>Cálculo de Incertidumbre</u>	<u>90</u>
a. <u>Datos de actividad</u>	<u>90</u>
i. <u>Cambios de uso o sub-uso de la tierra</u>	<u>90</u>
ii. <u>Bosque permanente</u>	<u>92</u>
b. <u>Factores de emisión</u>	<u>96</u>
c. <u>Cuantificación de la incertidumbre en el ajuste del nivel de referencia</u>	<u>104</u>
i. <u>Estimación de la incertidumbre</u>	<u>104</u>
ii. <u>Incertidumbre total</u>	<u>113</u>
9. <u>Relación entre el Nivel de Referencia y el Inventario Nacional de GEI</u>	<u>114</u>
a. <u>Deforestación</u>	<u>115</u>
b. <u>Degradación Forestal</u>	<u>116</u>
c. <u>Aumento de Existencias de Carbono Forestal</u>	<u>117</u>
10. <u>Necesidades de creación de capacidades, áreas de mejora técnica futura y trabajos en desarrollo</u>	<u>118</u>
a. <u>Necesidades de creación de capacidades</u>	<u>118</u>
b. <u>Áreas de mejora técnica futura</u>	<u>119</u>
c. <u>Trabajos relevantes en desarrollo</u>	<u>119</u>
11. <u>Referencias</u>	<u>122</u>

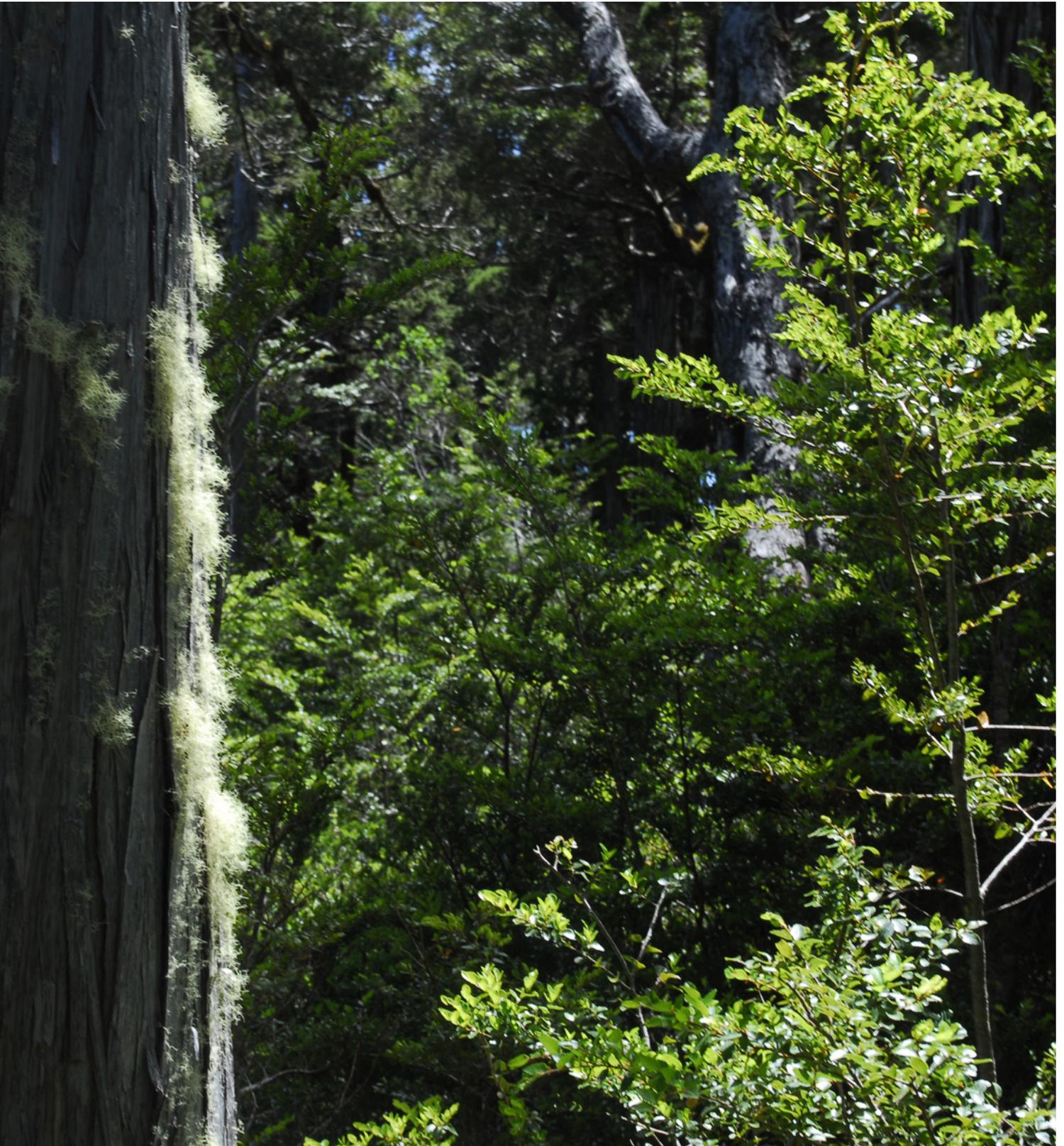
Índice de tablas

<u>Tabla 1. Número de proyectos y monto financiado por el Fondo de Investigación del Bosque Nativo por año. Fuente: CONAF.</u>	<u>23</u>
<u>Tabla 2. Tierras forestales en Chile. Fuente: sit.conaf.cl</u>	<u>24</u>
<u>Tabla 3. Usos de suelo en Chile. Fuente: sit.conaf.cl</u>	<u>25</u>
<u>Tabla 4. Distribución regional de los Tipos Forestales Fuente: CONAF.</u>	<u>28</u>
<u>Tabla 5. Distribución regional SNASPE. Fuente: CONAF.</u>	<u>31</u>
<u>Tabla 6. Distribución regional de las plantaciones forestales. Fuente: CONAF.</u>	<u>33</u>
<u>Tabla 7. Identificación de sub-actividades.</u>	<u>41</u>
<u>Tabla 8. Año de publicación de catastros y actualizaciones por Región.</u>	<u>45</u>
<u>Tabla 9. Años de catastro y/o actualización utilizados en la construcción del NREF/NRF por región.</u>	<u>46</u>
<u>Tabla 10. Características Sensor TM de Landsat-5. Fuente: LCDM Press Kit. NASA.</u>	<u>48</u>
<u>Tabla 11. Características Sensor ETM+ de Landsat-7. Fuente: LCDM Press Kit. NASA.</u>	<u>48</u>
<u>Tabla 12. Niveles, depósitos de carbono y GEI considerados para cada actividad de REDD+ en el NREF/NRF subnacional propuesto para Chile.</u>	<u>51</u>
<u>Tabla 13. Información histórica de Catastro utilizada en actividades y sub-actividades vinculadas a cambios de uso y sub-uso de la tierra.</u>	<u>53</u>
<u>Tabla 14. Usos de la tierra registrados por el Catastro, reasignación de categorías y definición de actividad y sub-actividades REDD+.</u>	<u>64</u>
<u>Tabla 15. Posibles cambios en el gráfico de densidad entre los dos períodos de tiempo. Actividades REDD+ en las que son contabilizadas.</u>	<u>67</u>
<u>Tabla 16. Superficie deforestada por año y región.</u>	<u>74</u>
<u>Tabla 17. Superficie de degradación por sustitución por año y región.</u>	<u>75</u>
<u>Tabla 18. Superficie anual de restitución y aumento de bosque nativo por periodo y para el periodo de referencia completo, por región.</u>	<u>75</u>
<u>Tabla 19. Superficie de bosque permanente degradado por región entre 2001 y 2010.</u>	<u>77</u>
<u>Tabla 20. Aumento de carbono en bosque permanente por region entre 2001 y 2010.</u>	<u>77</u>
<u>Tabla 21. Área total, degradada y recuperada en bosques de áreas de conservación por región entre 2001 y 2010.</u>	<u>78</u>
<u>Tabla 22. Superficie afectada por incendios forestales por región entre 2001 y 2010.</u>	<u>78</u>
<u>Tabla 23. Factores de emisión regionales desglosados por reservorios de carbono considerados en el análisis.</u>	<u>80</u>
<u>Tabla 24. Incremento promedio anual por tipo de bosque. Fuentes: Anexo no publicado de INGEL.</u>	<u>81</u>
<u>Tabla 25. Factores de emisión, combustión y conversión para emisiones No-CO₂.</u>	<u>82</u>

<u>Tabla 26.</u> Total de emisiones por deforestación en el área del NREF subnacional de Chile.	<u>83</u>
<u>Tabla 27.</u> NREF de Degradación Forestal.	<u>84</u>
<u>Tabla 28.</u> Emisiones debido a conversión de bosques nativos en plantaciones exóticas en el área del NREF/NRF subnacional de Chile.	<u>84</u>
<u>Tabla 29.</u> Emisiones anuales de bosques nativos que permanecen como tal por región.	<u>85</u>
<u>Tabla 30.</u> Emisiones de Gases No-CO ₂ por Región.	<u>85</u>
<u>Tabla 31.</u> Absorciones por Aumentos de existencias en el área del NRF subnacional de Chile.	<u>86</u>
<u>Tabla 32.</u> Absorciones debido a la conversión de tierras no forestales a bosques en el área del NRF subnacional de Chile.	<u>87</u>
<u>Tabla 33.</u> Absorciones por bosques que se mantienen como tales en el área del NRF subnacional de Chile.	<u>87</u>
<u>Tabla 34.</u> Conservación de existencias forestal de carbono NREF/NRF desglosado por región.	<u>88</u>
<u>Tabla 35.</u> Emisión de bosques dentro de áreas de conservación por región.	<u>88</u>
<u>Tabla 36.</u> Absorción de carbono de los bosques dentro de las áreas de conservación por región.	<u>89</u>
<u>Tabla 37.</u> NREF/NRF subnacional de Chile.	<u>89</u>
<u>Tabla 38.</u> Número de polígonos y área mapeada por región y periodo utilizando Collect Earth.	<u>91</u>
<u>Tabla 39.</u> Incertidumbre por tipo de cambio, periodo y región.	<u>91</u>
<u>Tabla 40.</u> Estimación de la incertidumbre de bosque permanente por región y periodo.	<u>92</u>
<u>Tabla 41.</u> Desempeño geométrica de Landsat 7 (Storey et al., 2008) y Landsat 8 OLI (Storey et al., 2014).	<u>92</u>
<u>Tabla 42.</u> Desempeño radiométrico basado en imágenes de referencia utilizadas en el estudio.	<u>95</u>
<u>Tabla 43.</u> SEE basado en mediciones de error corregida por 2.	<u>98</u>
<u>Tabla 44.</u> Relación entre DAP y número de árboles. Relación entre DAP y número de árboles.	<u>98</u>
<u>Tabla 45.</u> Variables en la estimación e incertidumbre relativa al uso funciones volumétricas.	<u>100</u>
<u>Tabla 46.</u> Parámetros utilizados para estimar el error de las funciones volumétricas.	<u>101</u>
<u>Tabla 47.</u> Fuentes de incertidumbre relacionada con los factores de emisión.	<u>102</u>
<u>Tabla 48.</u> Incertidumbre de factores de emisión de deforestación.	<u>105</u>
<u>Tabla 49.</u> Incertidumbre de factores de emisión de Deforestación para bosque nativo y bosque mixto por región.	<u>106</u>
<u>Tabla 50.</u> Incertidumbre de factores de emisión por región.	<u>106</u>
<u>Tabla 51.</u> Incertidumbre de datos de actividad de deforestación por periodo.	<u>106</u>
<u>Tabla 52.</u> Incertidumbre de datos de actividad de deforestación por región.	<u>107</u>
<u>Tabla 53.</u> Incertidumbre por deforestación.	<u>107</u>
<u>Tabla 54.</u> Incertidumbre por región para los datos de actividad de sustitución.	<u>108</u>
<u>Tabla 55.</u> Incertidumbre de emisiones por sustitución por región.	<u>108</u>
<u>Tabla 56.</u> Incertidumbre de la masa disponible para combustión por región.	<u>109</u>
<u>Tabla 57.</u> Incertidumbre de emisiones GEI por incendios forestales y región.	<u>109</u>
<u>Tabla 58.</u> Incertidumbre de los factores de combustión por región.	<u>109</u>
<u>Tabla 59.</u> Factores de Incertidumbre en el mapeo de degradación.	<u>110</u>
<u>Tabla 60.</u> Factores de incertidumbre en la estimación de reservas de carbono.	<u>111</u>
<u>Tabla 61.</u> Incertidumbre de datos de actividad de No bosques convertidos a bosque por región.	<u>112</u>
<u>Tabla 62.</u> Incertidumbre de las absorciones por región.	<u>112</u>
<u>Tabla 63.</u> Incertidumbre total del NREF/NRF subnacional de Chile.	<u>113</u>
<u>Tabla 64.</u> Comparación de estimaciones de emisiones de deforestación del NREF/NRF y del INGEI.	<u>115</u>
<u>Tabla 65.</u> Comparación de estimaciones de emisiones de degradación forestal del NREF/NRF y del INGEI.	<u>116</u>
<u>Tabla 66.</u> Comparación de estimaciones de remociones de aumentos de existencias del NREF/NRF y del INGEI.	<u>117</u>

Índice de figuras

<u>Figura 1. Área cubierta por el NREF/NRF subnacional de Chile.</u>	17
<u>Figura 2. Mapa de distribución de los Tipos Forestales. Fuente: Elaboración propia.</u>	30
<u>Figura 3. Mapa de distribución SNASPE. Fuente: Elaboración propia.</u>	32
<u>Figura 4. Conceptos de actividades REDD+.</u>	37
<u>Figura 5. INGEI de Chile: tendencia de las emisiones y absorciones de GEI por sector, Serie 1990-2010. Fuente: SNICHILE.</u>	43
<u>Figura 6. Diseño de parcela de Inventario Continuo. Fuente: Infor.</u>	47
<u>Figura 7. Porcentaje de polígonos de cambio por año entre 1997 y 2008 en el total del área de contabilidad.</u>	53
<u>Figura 8. Porcentaje de polígonos de cambio por año entre 2008 y 2015 en las regiones del Maule y el Biobío.</u>	54
<u>Figura 9. Gráfico de densidad y línea B. Basado en datos generados por mediciones de terreno del Inventario Forestal Continuo (INFOR) usados en el NREF/NRF.</u>	65
<u>Figura 10. Ejemplo de flujos de carbono que representan aumentos (fleche verde) degradación (fleche roja) y flujo natural (fleche gris).</u>	66
<u>Figura 11. Mapa de actividades y sub-actividades REDD+.</u>	76
<u>Figura 12. Mapa de actividades y sub-actividades REDD+ en bosque permanente.</u>	79
<u>Figura 13. Emisiones por gases no-CO₂ representadas por año.</u>	86
<u>Figura 14. Imagen de Google Earth utilizada para validación del mapeo de degradación.</u>	96
<u>Figura 15. Procedimiento para estimar la incertidumbre producto de la aplicación de funciones volumétricas.</u>	99





1. Introducción



Como parte del compromiso de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y sus objetivos, y en respuesta a la invitación de la CMNUCC emitida bajo la decisión 12/CP.17 párrafos 9 y 11, Chile presenta voluntariamente sus Niveles de Referencia de Emisión Forestales/Niveles de Referencia Forestales (NREF/NRF) tal y como lo requieren las decisiones adoptadas en esta instancia internacional, específicamente aquellas referidas al enfoque que alienta que países en desarrollo diseñen e implementen políticas e instrumentos de incentivos positivos para reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal, y promover la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono, lo que se conoce comúnmente como REDD+ por sus siglas en inglés.

De acuerdo con la decisión 12/CP. 17 párrafo 7 de la CMNUCC, un NREF/NRF es un punto de referencia para evaluar el rendimiento de los países que están implementando sus actividades REDD+. Un NREF/NRF debe caracterizar las emisiones históricas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y proyectarlas hacia el futuro, con la intención de medir el desempeño del enfoque de políticas asociadas a REDD+.

Este documento, junto con sus anexos, ha sido preparado 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), así como las suposiciones, donde sea necesario, definidas por el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de Chile período 1990-2010 consignando a la Secretaría de la Convención el año 2014 a través del primer Informe Bienal (IBA).

Esta propuesta se realiza bajo una escala subnacional, la que incluye 5 regiones del país con alta presencia de bosque nativo, las cuales se corresponden con el área del Programa de Reducción de Emisiones que, de forma paralela, Chile está elaborando para ser presentado ante el Fondo Cooperativo de Carbono Forestal (FCPF por sus siglas en inglés).

Se ha aplicado una aproximación “*step-wise*” que permitirá la mejora del NREF/NRF y su expansión a escala nacional en base a la optimización de los métodos y el desarrollo de mejor información.

La propuesta ha sido desarrollada 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 cada una de las cinco actividades de REDD+ consideradas.
- Las fuentes de información y protocolos metodológicos utilizados para construir el NREF/NRF subnacional de Chile.
- Los sumideros de carbono y GEI considerados en el NREF/NRF de cada actividad de REDD+.

El NREF/NRF presentado en este documento ha sido elaborado por CONAF, a través de un trabajo conjunto liderado por la Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA) y el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales, con el apoyo técnico del Banco Mundial, entidad que a su vez actúa como Agencia Implementadora del FCPF, la cual es una instancia voluntaria y multilateral que apoya financieramente a Chile para avanzar en REDD+. En el equipo técnico igualmente se cuenta con el respaldo de la Consultora Winrock Internacional, la Universidad Austral de Chile (UACH), el Instituto Forestal (INFOR) y las agencias de Naciones Unidas, FAO, PNUMA y PNUD, adscritas al Programa de REDD de Naciones Unidas (UN-REDD) del cual Chile igualmente participa desde el año 2014.

2. Antecedentes

a. Circunstancias Nacionales

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) como punto focal REDD+ de Chile ante la CMNUCC, ha decidido focalizar los esfuerzos para la generación del Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal (NREF/NRF) de carácter subnacional en la zona Centro-Sur de Chile, área que cuenta con una alta concentración y la mayor diversidad de bosques del país además de una fuerte presión antrópica. Comprende cinco de las quince regiones administrativas, desde la Región del Maule hasta la Región de Los Lagos (Figura 1), dónde se localiza el ecosistema del bosque templado, con gran potencial para la reducción/absorción de emisiones de GEI relacionadas con los bosques y capacidad de producir beneficios ambientales no relacionados con el carbono, como mejorar el balance hídrico, conservar los suelos, y mantener la biodiversidad entre otros diversos impactos positivos a las comunidades que dependen directamente de estos ecosistemas. Estas cinco regiones representan el 22% de la superficie total de Chile (16.522.077 hectáreas) y albergan el 41% del Bosque Nativo (5.853.387 hectáreas), con representación de 11 de los 12 tipos forestales definidos a nivel nacional.

i. Institucionalidad

A partir de la ratificación de Chile en 1994 de la CMNUCC, haciéndose parte de su Protocolo de Kioto 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 Ambiente¹.

Desde el año 2010, en el cual se conformó en Chile el Ministerio de Medio Ambiente, se designó a esta cartera 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 públicas². Previo a la conformación del Ministerio de Medio Ambiente, y después de que Chile ratificara la CMNUCC se estableció el denominado Comité Nacional Asesor para el Cambio Global conformado por representantes tanto del sector público como de la academia, que en el 2006 elaboró la Estrategia Nacional de Cambio Climático³ que establece como ejes primordiales la adaptación, la mitigación, el fomento y la creación de capacidades que se ejecutan a través del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC), actualmente en proceso de actualización para el periodo 2016-2021⁴.



¹ Los Ministerios que lo integran son el de Agricultura, Hacienda, Salud, Economía, Fomento y Reconstrucción, Energía, Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Minería y, por último, Desarrollo Social.

² 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".

³ Estrategia Nacional de Cambio Climático:
http://www.bcn.cl/carpeta_temas_profundidad/temas_profundidad.2007-04-11.5841476988/Estrategia%20nacional%20_2006.pdf

⁴ Propuesta de estructura y contenidos para el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2016-2021.
http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/08/Propuesta-contenidos-PANCC-2016-2021-Fase-II-Licitacion_con-anexos.pdf

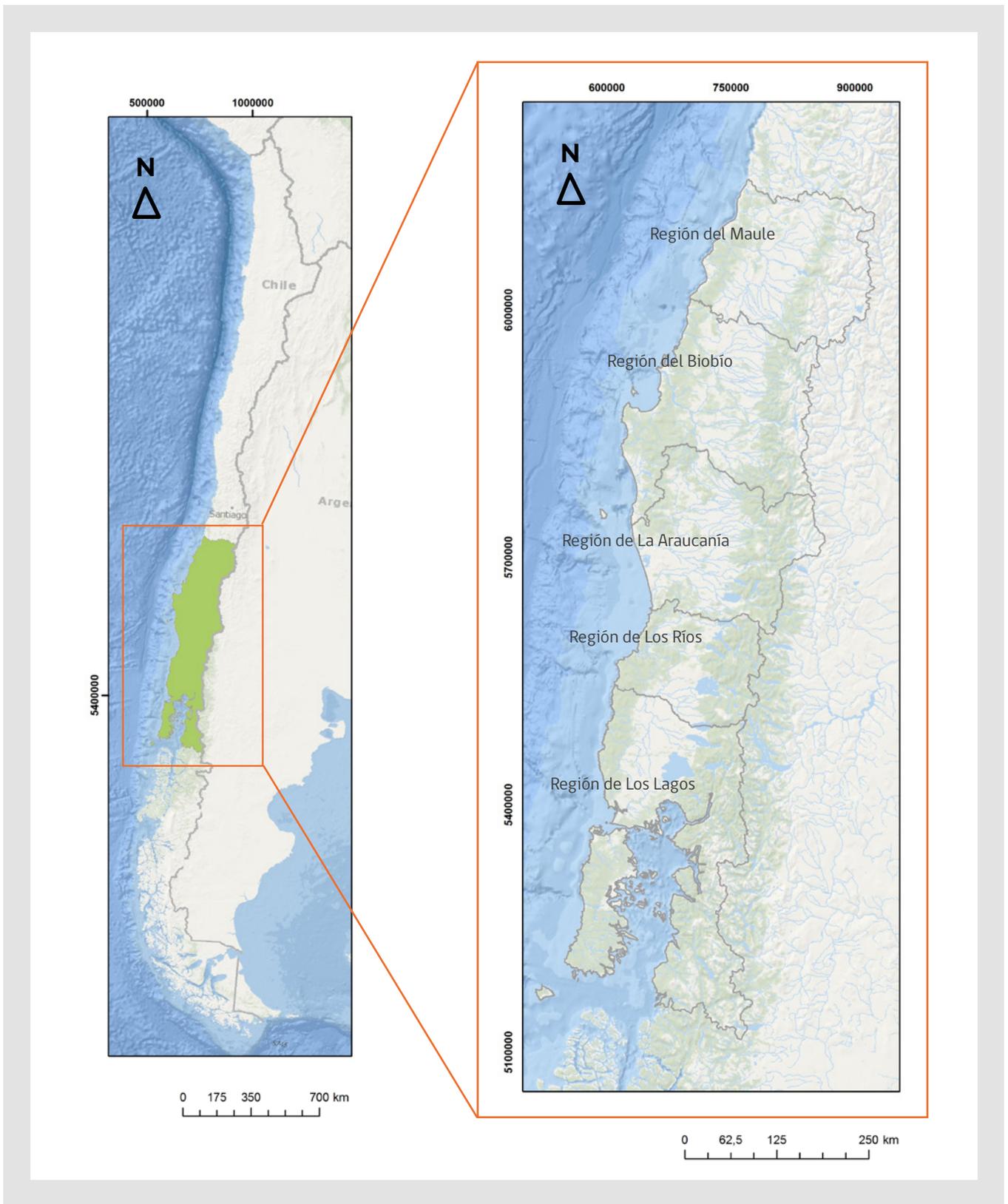


Figura 1. Área cubierta por el NREF/NRF subnacional de Chile.

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, la cual tiene la misión de participar activamente en “en los procesos de negociación internacional asociados a la implementación de la CMNUCC, cuyas 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”⁵.

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, lo que comúnmente se denomina REDD+ como ya hemos indicado, 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+⁶. CONAF cumple este rol específicamente a través de la Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA) de la Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF).

CONAF tiene como misión contribuir al manejo sustentable de los bosques nativos, formaciones xerofíticas y plantaciones forestales mediante las funciones de fomento, fiscalización de la legislación forestal-ambiental y la protección de los recursos vegetacionales, así como a la conservación de la diversidad biológica a través del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), en beneficio de la sociedad, siendo sus objetivos estratégicos:

1. Fiscalizar e incentivar el manejo sustentable de bosques nativos, formaciones xerofíticas y plantaciones forestales y la protección de especies protegidas, a través de la difusión y aplicación de la legislación forestal y ambiental.
2. Mejorar el acceso de los productores forestales con énfasis en los pequeños, medianos y pueblos originarios, a los beneficios de la actividad forestal y del turismo de conservación, mediante la utilización de instrumentos de fomento forestal y la asistencia técnica integral en la cadena de valor de sus bienes y servicios en articulación con otros servicios públicos.
3. Promover la generación de servicios ambientales mediante el fomento y cuidado de arbolado urbano, parques periurbanos e infraestructura natural, y otro tipo de plantas con valor patrimonial y cultural, difundiendo los beneficios que proporcionan a la sociedad.
4. Proteger a la sociedad de las amenazas generadas por incendios forestales, plagas forestales, especies forestales invasoras y los efectos del cambio climático actuando sobre los bosques nativos, formaciones xerofíticas y plantaciones forestales y componentes patrimoniales presentes en el SNASPE.



⁵ Primer Informe Bial de Actualización de Chile Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. MMA, 2014. Pág 55. http://portal.mma.gob.cl/wp-content/doc/2014_1IBA_Chile_Espanol-1.pdf

⁶ 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 Ministro de Agricultura Sr. Luis Mayol, dirigida a su par del Ministerio de Relaciones Exteriores, quien oficializó esta designación ante la Secretaria de la Convención.

5. Conservar la diversidad biológica, mediante el fortalecimiento del SNASPE, otros instrumentos de conservación y el aporte de los bosques nativos y formaciones xerofíticas contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la sociedad y, en particular, de las comunidades locales.

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 MINAGRI⁷, entre ellos CONAF. Prontamente se espera que el CTICC tenga representación en las 15 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.

En cuanto a los principales compromisos en cambio climático a las cuales esta institucionalidad debe responder, está la consignación realizada en septiembre de 2015 ante la Secretaria de la CMNUCC denominada Contribución Nacional Tentativa (INDC por sus siglas en inglés)⁸, la cual cobra fuerza y relevancia en el marco de los acuerdos alcanzados en la pasada Conferencia de las Partes (CoP) de la CMNUCC realizada en París en noviembre de 2015 (CoP 21). Como parte de los compromisos específico para el Sector UTCUTS, el país se comprometió al manejo sustentable de 100.000 hectáreas de bosques, principalmente nativos; así como a la forestación de 100.000 hectáreas, también principalmente con especies nativas.

Como el documento del INDC lo indica, el logro de estos compromisos se verá apoyado a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) que impulsa CONAF en colaboración con diversos actores a nivel nacional y regional claves en el sector forestal. Tal es el caso del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), el cual colabora en la definición de precursores de deforestación y degradación del bosque nativo para todo país, y del Instituto Forestal (INFOR), el cual está apoyando la elaboración de los Niveles de Referencia Forestal de Chile, así como en la mejora de los mecanismos de monitoreo, reporte y verificación (MRV) requeridos.

El objetivo de la ENCCRV 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”⁹.



⁷ 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).

⁸ Contribución Nacional Tentativa de Chile (INDC) para el Acuerdo Climático París 2015. Gobierno de Chile, 2015. http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/09/INDC_1609c1.pdf

⁹ Contribución Nacional Tentativa de Chile (INDC) para el Acuerdo Climático París 2015. Gobierno de Chile, 2015. Pág. 13.

La ENCCRV contempla elementos claves en el ámbito de la adaptación al cambio climático y lucha contra la desertificación, degradación de la tierra y sequía dados por la CNULD, así como todos los aspectos contemplados en las decisiones para REDD+ de la CMNUCC, para lo cual en el marco de esta iniciativa se están desarrollando los elementos que harán compatible alcanzar las metas definidas en el INDC para el Sector UTCUTS, e implementar las acciones y adecuaciones a sus sistemas de información y de gestión que permitan mantener e incrementar las reservas forestales de GEI, como evitar emisiones estabilizando o reduciendo las tasas de deforestación y degradación del bosque nativo, para eventualmente recibir beneficios asociados al desempeño positivo de tales acciones, lo que en el contexto de REDD+ permitiría recibir pago por resultados, y para lo cual en la CoP 21 se avanzó en una definición de la arquitectura financiera internacional para apoyar y dar sostenibilidad en el tiempo a tales iniciativas nacionales dado por el Fondo Verde del Clima (GCF por sus siglas en inglés).

Es en este contexto que 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 que serán requeridos para avanzar y dar certidumbre a las condiciones y elementos que se deberán desarrollar, cuando se consideren esquemas de pagos por resultados replicables a nivel nacional e igualmente válidos en diversas instancias internacionales.

ii. Legislación

En la historia reciente de nuestro país, diferentes normativas se han relacionado de manera directa e indirecta al uso y protección de los bosques. La aplicación y vigencia de estos cuerpos legales han tenido importantes y diferentes impactos en el desarrollo del país, y han condicionado la situación actual del recurso forestal, la que ha sido sintetizada en el apartado anterior.

El primer cuerpo normativo relevante para el sector forestal que aún tiene elementos vigentes es 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). Esta ley destacó 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. Además mejoró sustancialmente las normas sobre uso del fuego, el sistema sanciones y las normas sobre Parques Nacionales y Reservas Forestales. Pero lo más relevante de esta ley fue la incorporación de prohibiciones que se mantienen vigentes hasta hoy, y que están relacionadas con impedir la corta de árboles y arbustos nativos situados cercanos a manantiales o en pendientes de más de 45%.

La Ley de Bosques mantuvo la prohibición del uso del fuego para habilitar terrenos forestales, y en materia de áreas silvestres protegidas consagró la facultad del Presidente para crear Parques Nacionales de Turismo y Reservas Forestales.

Por último, la ley de bosques estableció 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).

El segundo cuerpo normativo, y probablemente el más relevante para el sector forestal, es el **Decreto de Ley N° 701, sobre Fomento Forestal**. Fue promulgado el año 1974 poniendo en marcha una política forestal sustentada en dos grandes pilares, los 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, generándose 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 vino a modificar el DL N° 701 de 1974. Está definido 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 deberá 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 a el propietario a ejecutarlo imponiendo sanciones en caso de incumplimiento.

Por su parte, la definición legal de los ya mencionados Tipos Forestales para el bosque nativo chileno, fue incorporada 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, aquellos 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 forestales¹⁰, entre otras"¹¹. Esta ley no incorpora incentivos al manejo de los bosques nativos.

El DL N° 701 de 1974 con sus diversas modificaciones dio como resultado que Chile se transformó 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.



¹⁰ Antes de 1998 la poda y raleo de las empresas forestales se bonificó por largos años al igual que los pagos por administración, posteriormente con la Ley N° 19561 de 1998 se focalizó a pequeña y mediana propiedad.

¹¹ http://www.leychile.cl/Navegar/index_html?idNorma=99208



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. Se espera que, en el año 2017, se logren avances sustantivos en la formulación y tramitación parlamentaria de la nueva ley de fomento.

De más reciente data, está la **Ley 20.283 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal**. Esta ley tuvo un extenso trámite ya que pretendió recoger las opiniones en intereses de todos los actores relacionados con el bosque nativo. El proyecto se discutió en el congreso por más de 16 años, hasta que finalmente se promulgó el año 2008.

Los objetivos de esta ley expresan la intención de velar por la protección, la recuperación y el mejoramiento de los bosques nativos, con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental. En su articulado presenta 26 definiciones de conceptos y elementos contenidos al interior de la ley, destinadas a unificar criterios y homogenizar 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 los establecidos 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. Después de 6 años de promulgación de la ley, esta actualización aún no culmina.

La Ley 20.283 también establece que la 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) que dispone CONAF.

La figura del Plan de Manejo se complementa en esta ley respecto del D.L 701, 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 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 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 se contempló la creación del Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo, el cual es un mecanismo concursable destinado a la conservación, recuperación o manejo sustentable del bosque nativo, a través del cual se otorga 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. Se bonifica de forma adicional la elaboración de planes de manejo forestal concebidos bajo el criterio de ordenación.

La Ley dispuso un monto inicial de USD8 Millones anuales para este Fondo, sin embargo, tras 6 años de implementación de la Ley, aun no se alcanzan niveles anuales de uso de las bonificaciones mayores al 15% de los recursos disponibles, aspectos que se están tratando de subsanar mediante ajustes a la propia Ley, con una mejor gestión en cuanto a la administración de la misma por parte de CONAF.

Complementariamente al Fondo anterior, se creó el Fondo de Investigación del Bosque Nativo (FIBN), destinado a la investigación sobre numerosos tópicos que aún no se conocen de éste recurso, y cuya finalidad es promover e incrementar los conocimientos en materias vinculadas con los ecosistemas forestales.

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 siete años de existencia del Fondo del Investigación de Bosque Nativo, han sido financiados un total de 98 proyectos con una inversión total de \$ 4.322.918.033 (Tabla 1).

Concurso	Año	Nº de Proyectos	Financiamiento
I Edition FIBN	2009/2010	23	\$ 638.873.395
II Edition FIBN	2010/2011	21	\$ 798.298.409
III Edition FIBN	2011/2012	18	\$ 533.001.412
IV Edition FIBN	2012/2013	13	\$ 691.439.534
V Edition FIBN	2013/2014	12	\$ 808.430.751
VI Edition FIBN	2014/2015	11	\$ 852.874.532
Total		98	\$ 4.322.918.033

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



Dentro de las Líneas de Investigación definidas para VII Concurso del FIBN, en 2015, y como un insumo relevante en el marco de la ENCCRIV, se estableció la Línea 5 “Desarrollar funciones alométricas para estimar existencias de carbono en bosque nativo a nivel nacional”, con un financiamiento cercano de \$65.500.000, cuyo objetivo es: “Desarrollar funciones alométricas para determinar carbono bajo y sobre el suelo como sustento para la contabilidad de carbono a incluir en próximas actualizaciones del Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de Chile y para el monitoreo de las opciones estratégicas de mitigación al cambio climático que impulsa el Estado a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), para complementar iniciativas equivalentes que se desarrollen en la materia, en el sector...”¹².

b. Descripción de la cobertura de Tierras Forestales

Chile continental posee un extenso y complejo recurso forestal, el que está determinado por una amplia distribución latitudinal del país que abarca desde el paralelo 18° hasta el 56°. Esta condición geográfica genera una gradiente de unidades naturales que comienza con ambientes áridos y semiáridos dominados por climas desérticos en el extremo norte, 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.

Esta gradiente, combinada con una fisiografía principalmente montañosa (80% del territorio), ha generado condiciones idóneas para el desarrollo de una rica 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 las 14 millones de hectáreas.

Estas mismas condiciones, sumadas a procesos históricos de transformación del paisaje, también han generado en Chile una superficie de monocultivos forestales de casi 3 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 2).

Tierras Forestales	Surface area (ha)	%
Plantaciones	3.036.407 ¹³	17%
Bosque Nativo	14.316.822	82%
Bosque Mixto	167.620	1%
Total	17.520.849	100%

Tabla 2. Tierras forestales en Chile. Fuente: sit.conaf.cl



¹² http://www.investigacion.conaf.cl/ayuda/variados/2016/Lineas_Investigacion_VII_concurso_2016.pdf

¹³ Esta cifra ha sido derivada de las últimas actualizaciones regionales de Catastro disponibles en sit.conaf.cl, este dato varía con respecto al registrado por INFOR en el Programa de Actualización Permanente de Plantaciones Forestales, donde se sitúa en 2.447.591 hectáreas la superficie de plantaciones forestales, esta variación es producto de los diferentes criterios metodológicos y fechas de actualización de ambos reportes.

Así, el territorio nacional tiene un 23% de superficie en la categoría de tierras forestales, además de otra importante porción de superficie con formaciones de praderas y matorrales (27%) (Tabla 3). Una cantidad importante de estos matorrales son bosques en estados degradativos avanzados, pero que poseen potencial para su restauración, al igual que otros suelos degradados que actualmente están sin vegetación arbórea y que poseen potencial para su forestación.

Uso del suelo	Superficie (ha)	%
Áreas Urbanas-Industriales	354.135	0%
Terrenos Agrícolas	3.335.157	4%
Praderas y Matorrales	20.320.990	27%
Bosques Nativos y Plantaciones Forestales	17.520.849	23%
Humedales	3.596.533	5%
Áreas Sin Vegetación	24.675.320	33%
Nieves y Glaciares	4.156.261	6%
Cuerpos de Agua	1.343.762	2%
Áreas No Reconocidas	283.198	0%
Total	75.539.056	100%

Tabla 3. Usos de suelo en Chile. Fuente: sit.conaf.cl

i. Bosque Nativo

La importante porción del territorio cubierta por tierras forestales nativas, ha sido descrita y tipificada, existiendo en el país diversas clasificaciones de las comunidades forestales. Sin embargo, la categorización más utilizada es la que está especificada en la normativa forestal vigente, donde se definen para Chile 12 Tipos Forestales (Tabla 4). Esta tipología, que tiene más de 3 décadas de existencia, es una simplificación práctica de la enorme diversidad de condiciones de los bosques naturales, y que ha permitido regular el uso de estos recursos, siendo además la base de clasificación para los sistemas de monitoreo forestal del país.

Las regiones con mayor superficie de bosques en Chile son las ubicadas en las zonas sur y austral, abarcando más del 80% de los bosques nativos del país. También poseen una mayor diversidad de tipos de bosques, destacando especialmente las regiones de Los Ríos y Los Lagos que poseen 9 de los 12 Tipos Forestales descritos.

Los Tipos Forestales más importantes son el Siempreverde y el Lenga, cada uno con un 25% de la superficie total de bosques nativos, y estando además presentes en 8 y 7 regiones respectivamente. Como se aprecia en la Figura 2, 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 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 están 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). En particular, en la Región de Tarapacá se encuentra el área silvestre protegida Reserva Nacional Pampa del Tamarugal que posee 27.000 ha de plantaciones con especies del género *Prosopis*, iniciativa de forestación del Estado que ha prosperado en el desierto más árido del mundo desde hace varias décadas. Este recurso ha generado un oasis de diversidad biológica en la zona, y una fuente de productos madereros y no madereros para las comunidades aledañas, principalmente leña y forraje para el ganado. Gran parte de la extracción de estos bienes, se hace por medio de planes formales de manejo apoyados por la CONAF.

Al sur del Norte Chico comienzan a aparecer formaciones xerofíticas y esclerófilas (hojas duras con esclerénquima) de mayor dimensión, estas últimas dan el nombre al Tipo Forestal principal de estas zonas, y están 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 Pliscoff, 2006).

Es importante mencionar que los ecosistemas mediterráneos son los que presentan mayor biodiversidad en el país, y a la vez una fuerte alteración antrópica, esto último debido a la presión por cambio de uso de suelo principalmente hacia usos agrícolas y urbanos, por incendios, debido al 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. Los usos que se hacen del recurso mayoritariamente ocurren en la informalidad, lo que genera procesos degradativos evidentes en el tiempo, y dificultades para dimensionar este fenómeno.

A pesar de existir un enorme potencial en estos ecosistemas para generar productos madereros y productos químicos 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 muy pequeña escala debido al estado actual de degradación de los bosques, y a la poca 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).

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

Estos tipos están 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 de los bosques de la Zona Sur, domina el Tipo Forestal Lenga, conformando bosques de esta especie caduca también perteneciente al género *Nothofagus*, la que crece de forma achaparrada (hábito arbustivo) como adaptación a las complejas condiciones ambientales. A medida que aumenta la latitud, la Lenga 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 nombre. 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 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 2 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 5 subtipos, los bosques en suelos Ñadís, los bosques de Olivillo Costero, los bosques siempreverdes con intolerantes emergentes, los bosques siempreverdes de tolerantes, y los renovales de Canelo, todos ellos cubren 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, existiendo también, aunque en menor medida, fenómenos de sustitución por plantaciones forestales y habilitaciones agrícolas y pecuarias.

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).



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

Región	Tipo Forestal (ha)					
	Alerce	Ciprés de las Guaitecas	Araucaria	Ciprés de la Cordillera	Lenga	Coihue de Magallanes
Arica y Parinacota	-	-	-	-	-	-
Tarapacá	-	-	-	-	-	-
Antofagasta	-	-	-	-	-	-
Atacama	-	-	-	-	-	-
Coquimbo	-	-	-	-	-	-
Valparaíso	-	-	-	49	-	-
Metropolitana	-	-	-	76	-	-
O'Higgins	-	-	-	2.901	-	-
Maule	-	-	-	8.893	8.692	-
Biobío	-	-	39.918	18.233	136.472	-
La Araucanía	-	-	199.460	13.560	108.655	-
Los Ríos	7.770	83	13.961	-	143.023	4.337
Los Lagos	208.360	43.088	-	19.163	509.898	126.502
Aysén	-	159.334	-	-	1.400.376	939.166
Magallanes y La Antártida	-	377.462	-	-	1.314.089	929.346
Total	216.130	579.965	253.339	62.875	3.621.205	1.999.351

Tabla 4. Distribución regional de los Tipos Forestales Fuente: CONAF.

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 también pueden alcanzar grandes dimensiones y altas coberturas, pero tienen menor biodiversidad que los tipos forestales presentes en la zona templada y mediterránea. Cubren grandes extensiones de un territorio donde la presión antrópica es significativamente menos intensa debido a la baja densidad poblacional. Sin embargo, grandes incendios que afectaron la zona el siglo pasado devastaron importantes superficies de estos bosques para dar paso a estancias ganaderas (Donoso, 2015).

El manejo de estos bosques, en especial los dominados por Lenga, generan actualmente el principal volumen de madera aserrada nativa de exportación del país, producto del valor en mercados extranjeros de las características estructurales y estéticas de esta madera¹⁴.



¹⁴ www.infor.cl

Tipo Forestal (ha)						
Roble-Hualo	Roble-Raulí-Coihue	Coihue-Raulí-Tepa	Esclerófilo	Siempreverde	Palma Chilena	Sin Clasificar
-	-	-	-	-	-	47.151
-	-	-	7.300	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	31.096	170	-	-
1.224	-	-	475.194	-	7.648	-
10.348	-	-	350.437	-	3.094	-
33.187	-	-	418.878	-	4.343	-
161.973	153.432	-	50.977	747	-	-
13.724	480.840	47.875	19.205	12.285	-	-
-	470.860	120.421	636	50.562	-	-
-	252.801	280.321	203	206.032	-	-
-	244.655	393.084	499	1.282.188	-	-
-	-	-	-	1.899.869	-	-
-	-	-	-	50.697	-	-
220.456	1.602.588	841.701	1.354.425	3.502.550	15.085	47.151

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) (solo el 3% de las exportaciones forestales del país), 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 esencialmente, así como proveedores de biomasa para el uso dendroenergético de las comunidades y refugio para el ganado. Los dos últimos servicios de provisión más el fuego, han generado procesos degradativos en una importante superficie.

Este fenómeno ocurrido por décadas, ha terminado en una pérdida importante del valor ecológico y económico de dichos bosques, disminuyendo su capacidad para proveer bienes y servicios, entre ellos la captura y almacenamiento de carbono, y por lo tanto, generando una pérdida sustancial del capital natural del país con significativas emisiones de GEI asociadas. Este fenómeno además ha fomentado el abandono de los bosques, y en algunos casos, su deforestación y definitivo cambio a otros usos productivos de mayor rentabilidad privada, incrementando aún más las emisiones asociadas al mal uso del recurso (Donoso *et al*, 2014).



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

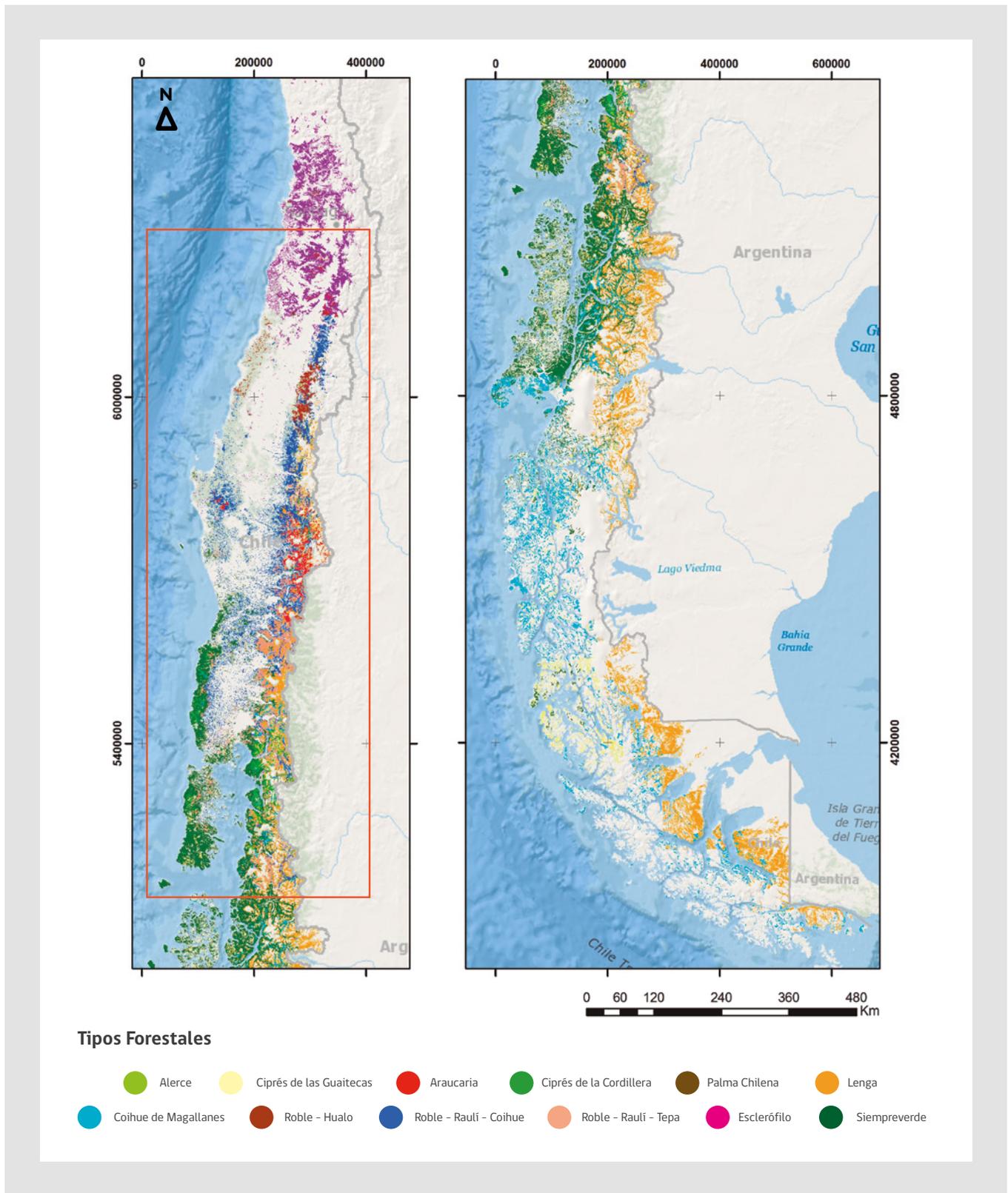


Figura 2. Mapa de distribución de los Tipos Forestales. Fuente: Elaboración propia.

ii. Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)

El SNASPE posee bajo su administración una superficie de 14,5 millones de hectáreas, alta en relación a estándares internacionales, 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 5 y Figura 3).

Región	Número de SNASPE	Superficie (ha)
Arica y Parinacota	5	366.073
Tarapacá	3	384.011
Antofagasta	11	355.355
Atacama	3	143.555
Coquimbo	4	14.286
Valparaíso	5	21.913
Metropolitana	3	22.065
O'Higgins	1	38.299
Maule	9	17.532
Biobío	7	127.121
La Araucanía	13	277.326
Los Ríos	2	32.161
Los Lagos	11	869.178
Aysén	21	5.070.583
Magallanes y La Antártida	10	6.921.275
Total	108	14.660.731

Tabla 5. Distribución regional SNASPE. Fuente: CONAF.

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.



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

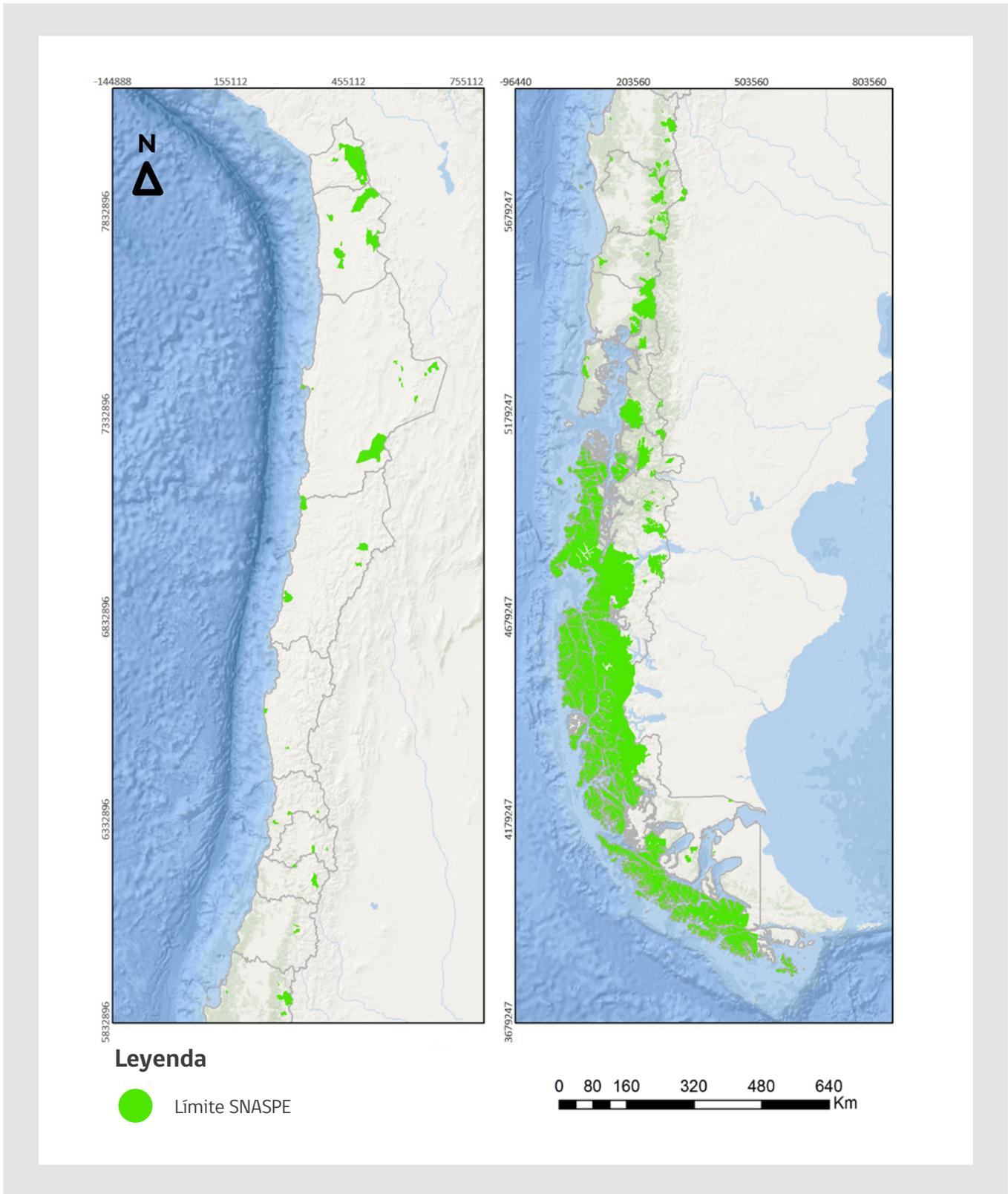


Figura 3. Mapa de distribución SNASPE. Fuente: Elaboración propia.

iii. Plantaciones forestales

Los monocultivos forestales en Chile cubren una superficie cercana a los 3 millones de hectáreas, y se han concentrado en la Zona Central, principalmente en la cordillera de la costa y precordillera de las Regiones del Maule, el Biobío, y la Araucanía, donde se acumula el 80% de la superficie de plantaciones nacionales (Tabla 6).

Las dos principales especies que componen la masa de plantaciones forestales del país son el *Pinus radiata* (Pino insignie) y el *Eucalyptus globulus*, con un 60 y 23% de la superficie plantada respectivamente. Ambas especies son utilizadas en la industria de la pulpa de celulosa, del aserrío, tableros y manufactura, todos 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 cobre¹⁵.

Existen otras plantaciones productivas de otras coníferas o eucaliptus en la zona sur, que en su conjunto suman cerca de un 10% de la superficie nacional.

En la zona semiárida, a través de un esfuerzo de más de 10 años 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 nacionales¹⁶.

	Arica y Parinacota	Tarapacá	Antofagasta	Atacama	Coquimbo	Valparaíso	Metropolitana	O'Higgins
Superficie (ha)	-	26.974,9	3.411,2	-	2.936,8	68.757,9	9.181,0	130.536,4
Porcentaje	0,0%	0,9%	0,1%	0,0%	0,1%	2,3%	0,3%	4,3%
	Maule	Biobío	Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Aisén	Magallanes	Chile
Superficie (ha)	597.117,4	1.227.788,6	632.289,0	208.775,2	96.598,8	32.017,3	22,8	3.036.407,3
Porcentaje	19,7%	40,4%	20,8%	6,9%	3,2%	1,1%	0,0%	100,0%

Tabla 6. Distribución regional de las plantaciones forestales. Fuente: CONAF.



¹⁵ www.infor.cl

¹⁶ www.conaf.cl

3. Definición de Bosque y Conceptos REDD+¹⁷

a. Definición de Bosque

La definición de la Ley 20.283¹⁸ sobre recuperación de Bosque Nativo y Fomento Forestal define **Bosques** como *“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 establece la siguiente definición de **Bosque Nativo**: *“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”*.

De cara a la contabilidad adecuada del carbono para los respectivos niveles de referencia debe ser incluido el concepto de **Otras tierras boscosas**, definido por el Reporte Nacional de Chile al Global Forest Resources Assessment de 2015¹⁹ (FRA2015) como *“Tierra no definida como bosque que se extiende por más de 0,5 hectáreas; con árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel de 5 a 10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos; o con una cubierta mixta de arbustos, matorrales y árboles superior a 10 por ciento. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano”*.

El concepto **Otras tierras boscosas** pretende ajustar los registros del Sistema de Monitoreo de cambios del uso del suelo y vegetación (Catastro), que hasta 2014 incluía el parámetro de altura promedio para diferenciar entre bosque nativo y matorral arborescente, a la definición legal de bosque nativo establecida por la Ley 20.283, donde no se considera el parámetro altura promedio. A partir de las actualizaciones de Catastro de 2015, que incluyen mejoras tecnológicas y conceptuales para ajustar los parámetros operativos a la definición legal, las tierras anteriormente calificadas como Otras tierras boscosas serán integradas dentro de la categoría bosque nativo.



¹⁷ La definición de Bosque y actividades REDD+ fue determinada 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. Este taller contó con la presencia de miembros de la UCCSA y el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales de CONAF, investigadores del INFOR, académicos de la Universidad Austral de Chile y de la Universidad Mayor, expertos de Banco Mundial y Winrock Internacional y el equipo de Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) de México que lideró la construcción de sus respectivos NREF/NRF consignados a la CMNUCC el año 2015. Más información en:

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

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

¹⁸ http://www.conaf.cl/cms/editorweb/transparencia/potestades/Ley-20283_bn.pdf

¹⁹ <http://www.fao.org/3/a-az185s.pdf>

La Ley 20.283 no establece ninguna definición para Plantaciones Forestales. Según FAO (2015)²⁰ se consideran **Plantaciones Forestales o Bosques Plantados**: “*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 árboles de Navidad 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*”.

La combinación de las definiciones expuestas daría cobertura total a la realidad nacional, incluyendo Bosque Nativo, y Plantaciones, conteniendo una subcategoría de Plantaciones Forestales de Especies Exóticas y Plantaciones Forestales de Especies Nativas.

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 Nativas²¹. Una de las pocas experiencias registradas de plantaciones forestales con especies nativas son las plantaciones forestales de tamarugo, localizadas en las regiones de Tarapacá and Antofagasta²². En este sentido, a lo largo del presente documento de forma práctica se considerará, en base a los datos disponibles a la fecha (período histórico de referencia), el total de Plantaciones Forestales registradas hasta la última actualización de Catastro 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.

No obstante se deja constancia de esta estratificación con la finalidad de identificarlas fehacientemente en próximos hitos de monitoreo en cuanto a sus aportes a la captura de carbono con su respectiva representación espacial, de cara a futuras intervenciones, basadas en las potenciales opciones estratégicas de la ENCCRV, que pueden incluir el establecimiento y aumento significativo de la superficie y número de Plantaciones Forestales Nativas y de aquellas con objetivos y procesos orientados hacia la mitigación y adaptación al Cambio Climático, lucha contra la Desertificación, y preservación de la Diversidad Biológica, más aún cuando es una de las metas planteadas por Chile en su Contribución Indicativa Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés) referente a la forestación de 100.000 hectáreas, lo que se llevará a cabo principalmente con especies nativas, según lo válido el proceso de consulta pública del NDC y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático.



²⁰ <http://www.fao.org/docrep/017/ap862e/ap862e00.pdf>

²¹ Según el Inventario Continuo del INFOR (2014) el 2,7% de las plantaciones corresponde con Otras especies, donde cabe incluir especies tanto exóticas como nativas. Fuente: INFOR http://mapaforestal.infor.cl/phocadownload/Informe_Inventario_Continuo_2014.pdf

²² El Inventario Forestal Continuo de INFOR no recopila información de las regiones al norte de la Región de Coquimbo, así como que debido a las diferencias metodologías y de periodicidad de la información hay variaciones entre los datos de esta fuente y los datos de Catastro. Esta información procede del monitoreo y actualización del Castros de 2015 de las Región de Antofagasta. Fuente: CONAF.

Bajo el contexto REDD+, el cual rige la estimación del Nivel de Referencia, se considerará bosque como todas las tierras que están definidas como Bosque Nativo bajo la actual legislación Chilena:

Observaciones:

1. Bajo el concepto de operatividad de este documento se considerará como bosque aquellas tierras definidas por el Catastro, como Bosque Nativo o Bosque Mixto.
2. Con el objetivo de crear una definición uniforme, las tierras definidas por Catastro como matorral arborescente para las Actualizaciones de Catastro de la Ecoregión Mediterránea (Región de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O´Higgins) previas a 2013 y las Actualizaciones de Catastro de las ecoregiones ubicadas hacia el sur previas a 2015 serán consideradas como bosque.
3. 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 las áreas consideradas como Plantaciones forestales por el Catastro, las cuales están asociadas a bosques plantados de especies exóticas con un objetivo maderero de carácter industrial.
4. Para cumplir con el concepto de completitud, los flujos de carbono en plantaciones forestales seguirán siendo reportados en el INGEI.
5. Las nuevas plantaciones forestales serán incluidas en los cálculos futuros, en el caso que estas plantaciones estén destinadas al mantenimiento de la cobertura permanente y sean consistentes con las metas establecidas en el INDC.

La definición aplicada en el NREF/NRF del Bosque Nativo de Chile varía con respecto a la definición aplicada en el INGEI para Tierras Forestales donde se integran tanto el Bosque Nativo como las Plantaciones Forestales, lo cual y basado en la descripción redactada anteriormente fue tomado en consideración para respetar las salvaguardas REDD+ acordadas en la CoP16 de Cancún²³, descritas en el Apéndice I, específicamente en los puntos 2.e²⁴ y 2.a²⁵, para lo cual se hace fundamental regirse por el objetivo de la ENCCRV, el cual busca 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. Lo anterior se plantea lograr mediante el diseño e implementación de un mecanismo estatal que facilite el acceso de las comunidades y propietarios de bosques, formaciones xerofíticas y suelos factibles de ser plantados, a los beneficios asociados a los servicios ambientales de estos ecosistemas, satisfaciendo además los compromisos internacionales que ha asumido Chile en materia de cambio climático y lucha contra la desertificación.



²³ <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/spa/07a01s.pdf>

²⁴ "La compatibilidad de las medidas con la conservación de los bosques naturales y la diversidad biológica, velando por que las que se indican en el párrafo 70 de la presente decisión no se utilicen para la conversión de bosques naturales, sino que sirvan, en cambio, para incentivar la protección y la conservación de esos bosques y los servicios derivados de sus ecosistemas y para potenciar otros beneficios sociales y ambientales".

²⁵ "La complementariedad o compatibilidad de las medidas con los objetivos de los programas forestales nacionales y de las convenciones y los acuerdos internacionales sobre la materia".

Así mismo, y como se desprende de los resultados de los “Talleres de Formulación y Participación de la ENCCRV”²⁶, existe 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, pues se asume que estas son regidas por empresas que obtienen rentabilidad de forma autónoma.

b. Actividades REDD+

El NREF/NRF de Chile describe las emisiones y absorciones producidas en los Bosques Nativos Templados durante el periodo de referencia para las actividades de Deforestación, Degradación, Conservación Forestal y Aumento de Existencias de Carbono basado en los conceptos que se muestran en la Figura 4 y son descritos a continuación.

Como se explica más adelante el NREF/NRF para la actividad de Manejo Sustentable de Bosques no ha podido ser calculado debido a que en la actualidad no se cuenta con datos oficiales que permitan delimitar espacialmente la superficie sujeta a dicha condición, no obstante se está diseñando un programa ad hoc para que en el futuro si pueda ser integrada esta actividad.

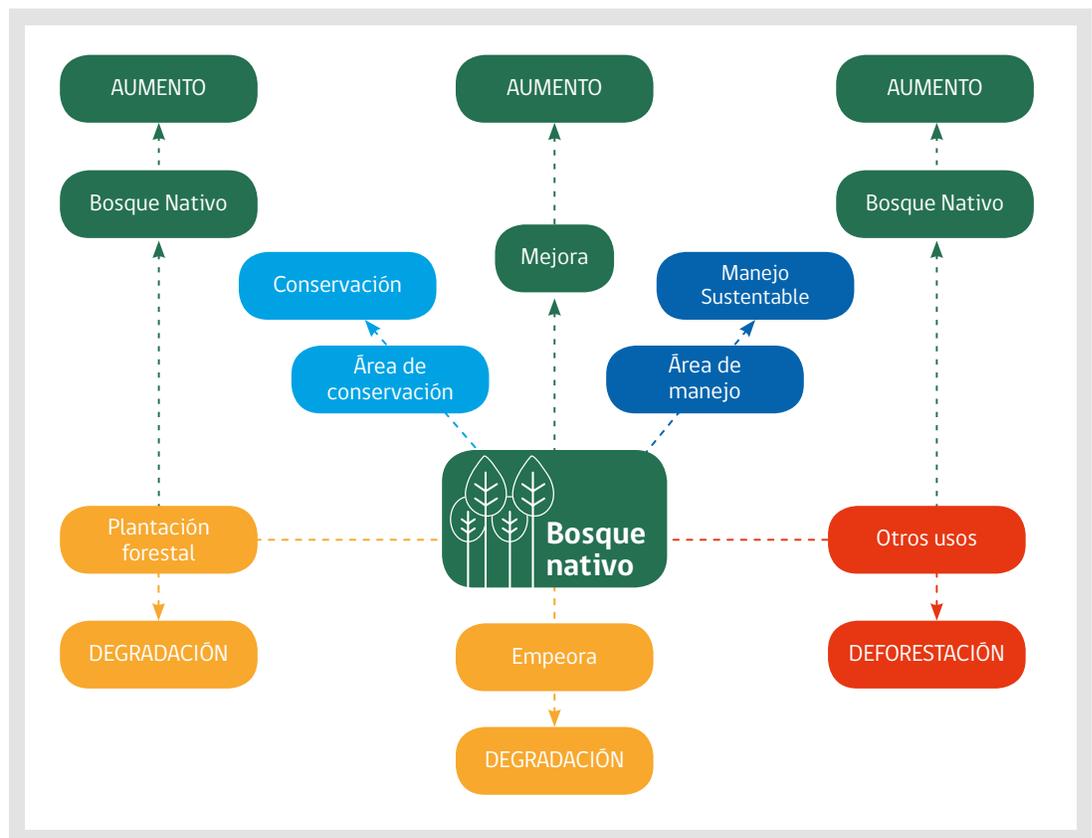


Figura 4. Conceptos de actividades REDD+.

i. Deforestación

Transformación de áreas de bosque, en otro uso de la tierra 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 la tierra 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. Basado en los criterios de Catastro no se considerará como deforestación todo cambio de uso de la tierra de Bosque a Subuso Matorral Arborescente²⁷, ya que se considerará como Degradación forestal.
3. 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.

ii. Degradación Forestal

Toda aquella reducción del contenido de Carbono de un bosque, inducida por el hombre 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 sujetos a procesos formales de conservación, pues se contabilizan en otras de las 5 actividades definidas.
2. Se considerará como degradación todo cambio de uso de la tierra de Bosque a Plantación Forestal (también denominado Sustitución) será considerada como degradación forestal. El contenido de carbono de las plantaciones después de la sustitución será considerado como "0" como consecuencia del proceso de eliminación de la vegetación necesario para el establecimiento de una plantación. La Contabilidad de los flujos de carbono en las plantaciones no será incluida 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.



²⁷ A partir de las actualizaciones de Catastro de 2013 en la Ecoregión Mediterránea y 2015 en el resto de Ecoregiones, el Uso Bosque Nativo, integrará aquellos lugares calificados previamente como Matorral Arborescente.

iii. Aumento de Existencias de Carbono Forestal

Incremento en stocks de carbono forestal en áreas sujetas a un cambio de uso de la tierra de no bosque a bosque, e 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, pues se contabilizan en otras de las actividades.
2. No se considerará como Aumento de Existencias todo incremento producido en áreas transformadas de Bosque a Plantación Forestal, pues se considera en la definición de degradación según lo expuesto precedentemente.
3. Se considerará como Aumento de Existencias todo cambio de uso de Plantación Forestal a Bosque (también denominado Restitución) será considerado como Aumento de carbón, 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 carbón previo a la restitución es "0".

iv. Conservación Forestal

Variaciones en el contenido de carbono por degradación y aumento de existencias en áreas de Bosque Nativo sujeto a procesos formales de conservación.

Consideraciones:

1. Para la aplicación práctica y bajo la condicionante 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 (APP).
2. Se deja abierta la posibilidad de integrar aquellas áreas que se formalicen como Bosque Nativo sujeto a procesos formales de conservación mediante declaración de Manejo Forestal de Preservación u otras herramientas actuales o futuras diseñadas de forma oficial (legal).

v. Manejo sustentable de los bosques

Variaciones en el contenido de carbono por degradación y aumento de existencias en áreas de Bosque sujeto a procesos formales de manejo.

Consideraciones:

1. Se consideran como procesos formales de manejo aquellas actividades que se realizan bajo los 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 deberán incluirse nuevos mecanismos institucionales que se desarrollen y estipulen legalmente como herramientas para la sustentabilidad forestal, prestando especial atención a las que se desarrollen dentro de la Estrategia de Sustentabilidad del Bosque Nativo²⁸, la ENCCRIV y otras que surjan en el futuro.
3. Dentro 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 estipulados en el punto 1. La ENCCRIV pretende desarrollar las herramientas y capacidades que permitan localizar y delimitar estas superficies para su identificación y seguimiento en el futuro y próximos hitos de monitoreo forestal. En el intertanto, las variaciones de stock por manejo están integradas en los Niveles de Referencia de Degradación y Aumento de existencia según corresponda. Una vez que se cuente con la información espacial oficial se procederá a la actualización del Nivel de Referencia de Manejo Forestal.



²⁸ La Estrategia de Sustentabilidad del Bosque Nativo, en desarrollo por CONAF bajo mandato del Director Ejecutivo pretende la generación de nuevas herramientas que fomenten el manejo sostenible del Bosque Nativo.

vi. Consideraciones generales

Las emisiones y absorciones producto de actividades REDD+ consideradas en el Nivel de Referencia han sido estimadas utilizando metodologías IPCC diferenciadas, teniendo en cuenta la información base disponible y métodos utilizados, a nivel actividad y sub-actividad entre aquellas que provocan un cambio de uso y sub-uso de la Tierra, para las que se pueden estimar datos de actividad a través de Catastro; y aquellas que se producen en bosques que permanecen bosques, donde la mejora o empeoramiento de la condición inicial de un bosque será medida utilizando técnicas de teledetección en combinación con información del Inventario Forestal Nacional.

Para mantener mayor claridad en este documento, las metodologías serán descritas a nivel sub-actividad, en caso de que sea aplicable, para posteriormente agruparse en la actividad REDD+ correspondiente.

Como se puede apreciar en la Tabla 7, la actividad de Degradación se divide en dos subactividades, Sustitución de Bosque Nativo, identificada como cambio de sub-uso; y Degradación de bosque permanente, identificada como variaciones en bosques.

Actividad	Cambio de uso/sub-uso	Bosque permanente
Deforestación	Deforestación	
Degradación Forestal	Sustitución de Bosque Nativo	Degradación de bosque permanente
Aumento de Existencias	Forestación/Reforestación	Recuperación de bosques degradados
	Restitución de Bosque Nativo	
Conservación		Degradación y Recuperación en bosque permanente

Tabla 7. Identificación de sub-actividades

4. Fuentes de Información

a. 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) diseñó, implementó y coordina el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE), 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 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 (internos) e internacionales (externos) colaboran transversalmente aportando su experticia en las temáticas relacionadas al INGEI.

El INGEI Chile es parte del Primer Informe Bienal de Actualización de Chile²⁹ y del Primer Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero³⁰, presentados ante la CMNUCC el 10 de diciembre de 2014 y el 5 de febrero de 2015, respectivamente.

El INGEI Chile fue elaborado siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 para los INGEI³¹, abarcó todo el territorio nacional (territorio continental, insular y antártico) e incluyó emisiones de CO₂, CH₄, N₂O, HFC y PFC, y absorciones de CO₂, en una serie de tiempo completa desde 1990 a 2010.

El proceso de elaboración del INGEI de Chile, durante el 2013 y 2014, es el resultado de la compilación de los inventarios de GEI de los sectores de Energía, Procesos Industriales, Uso de Disolventes y otros Productos (UDOP), Agricultura, Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS), y Residuos (Figura 5).

El Sector UTCUTS fue elaborado por el MINAGRI, donde ODEPA coordinó el trabajo de la CONAF para la temática relacionada con cambio de uso de la tierra y del INFOR para los temas sobre tierras forestales. Los principales datos usados provienen del Sistema de Monitoreo de cambios del uso del suelo y vegetación y del Inventario Forestal Continuo. En su gran mayoría las emisiones y absorciones fueron estimadas con factores de emisión país específico, mientras



²⁹ http://www.snichile.cl/sites/default/files/documentos/2014_1iba_chile_espanol.pdf

³⁰ http://www.snichile.cl/sites/default/files/documentos/2014_iin_cl.pdf

³¹ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

que para los otros usos de la tierra se usaron factores de emisión 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.

Los datos de actividad y los factores de emisión implícitos usados en el INGEI de Chile pueden ser descargados desde la Base de datos INGEI de Chile³².

El Sector UTCUTS es el único sector que reporta absorciones de CO₂ en el país. En 2010, el balance de GEI contabilizó una absorción de -49.877,4 GgCO₂e. Durante toda la serie temporal, el balance de GEI ha sido favorable a la absorción de GEI aunque ha decrecido en un 1.9% desde 1990 (Figura 5).

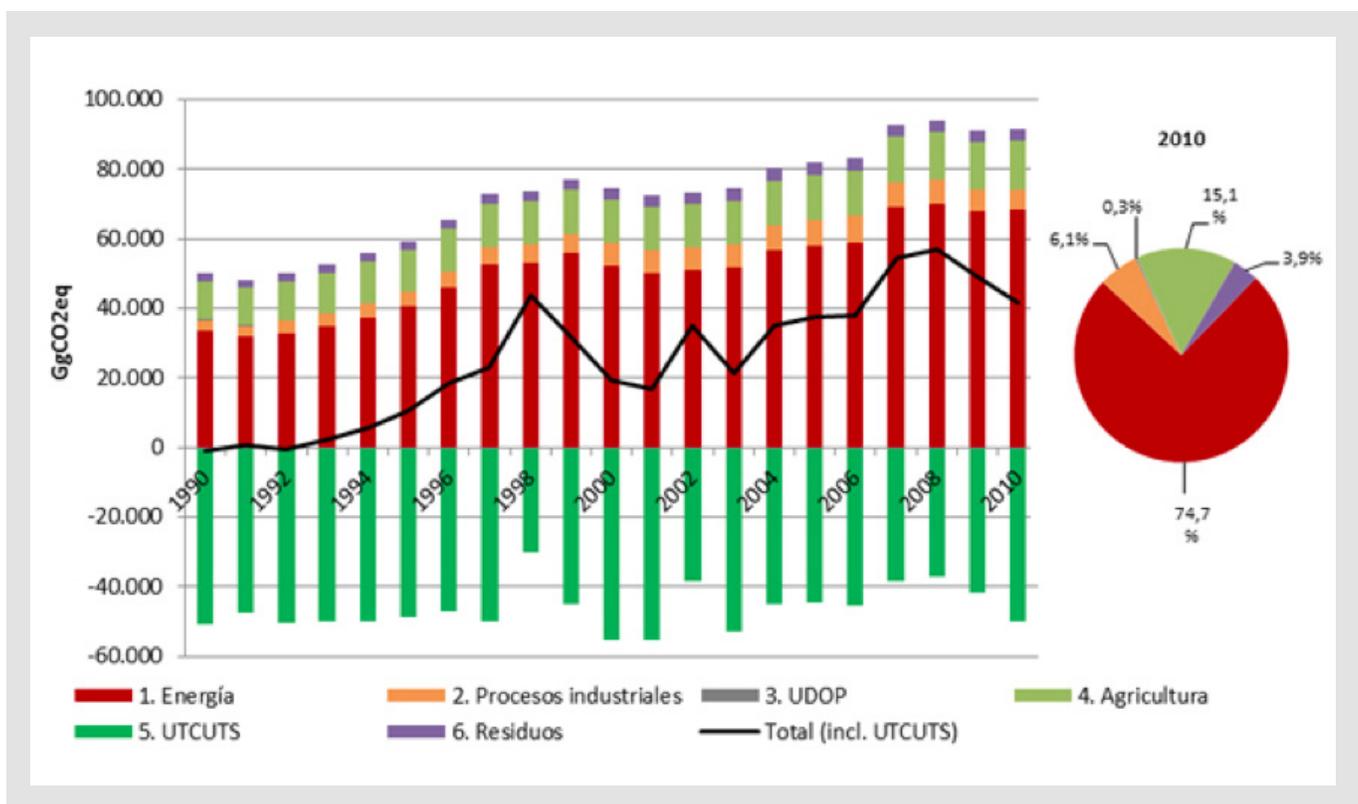


Figura 5. INGEI de Chile: tendencia de las emisiones y absorciones de GEI por sector, Serie 1990-2010. Fuente: SNICHILE.



³² <http://www.snichile.cl/documento/base-datos-ingei-chile>

b. Sistema de Monitoreo de cambios del uso del suelo y vegetación basado en el Catastro del Bosque Nativo

El Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile, a partir ahora 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 vegetal de Chile.

La información proporcionada por el Catastro es periódicamente actualizada por el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales 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 incluidas 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 de 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.

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 en 1982.

Esta metodología describe la vegetación a través de Formación vegetal o forma de vida, estructura, cobertura y altura, 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,

4. Fuentes de Información

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 9 Usos y 20 Sub-usos y dentro de éste otras desagregaciones por altura, cobertura y estructura.

Los procesos de monitoreo y actualización (Tabla 8) 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.

Con el fin de la definición del NREF/NRF del Bosque Nativo han sido utilizadas las actualizaciones de Catastro de las regiones del área subnacional que han podido ser ajustadas y rectificadas (Tabla 9), permitiendo homogeneizar la información y obtener datos precisos de cambio de uso de suelo.

El carácter público que debe tener la información del Catastro, según la Ley 20.283 (art. 4) se plasma en el SIT-CONAF 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 1400 usuarios registrados, ha recibido más 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.

Región	Año Base	Primera Actualización	Segunda Actualización	Tercera Actualización
Arica y Parinacota		2014		
Tarapacá		2015 ³⁴		
Antofagasta		2009 ³³		
Atacama		2008 ³⁴		
Coquimbo		2003	2008 ³³	2015 ³⁴
Valparaíso		2001	2013	
Metropolitana		2001	2013	
O'Higgins	1997	2001	2005	2013
Maule		1999	2009	2015 ³⁵
Biobío		1998	2008	2015 ³⁴
La Araucanía		2007	2014	
Los Ríos		1998	2006	2014
Los Lagos		1998	2006	2013
Aysén		2010-2011		
Magallanes y La Antártida		2005		

Tabla 8. Año de publicación de catastros y actualizaciones por Región



³³ <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".

³⁴ Actualización desarrollada sólo a nivel de Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad.

³⁵ Actualización en ejecución.

Región y año de Catastro/Actualización utilizados			
Maule	1997	2009	2016
Biobío	1997	2008	2014
La Araucanía	1997	2007	2013
Los Ríos	1997	2006	2013
Los Lagos Norte	1997	2006	2013
Los Lagos Sur	1997		2013

Tabla 9. Años de catastro y/o actualización utilizados en la construcción del NREF/NRF por región.

c. Inventario Continuo de Ecosistemas Forestales³⁶

El inventario Continuo de Ecosistemas Forestales, a partir de ahora Inventario Continuo, ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) se encuentra en operación desde el año 2000. El propósito de este inventario es apoyar los procesos de toma de decisión, los procesos internacionales y diferentes áreas de interés actual y futuro.

El Inventario Continuo 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 6).

El Inventario Continuo 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.

El Inventario Continuo 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 8 cm en las parcelas de 122 m² y los árboles con DAP mayor o igual a 4 cm 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 3 parcelas establecidas sobre el grado de intervención antrópica, la presencia de obras civiles, la degradación y el estado evolutivo.



³⁶ http://mapaforestal.infor.cl/phocadownload/Informe_Inventario_Continuo_2014.pdf

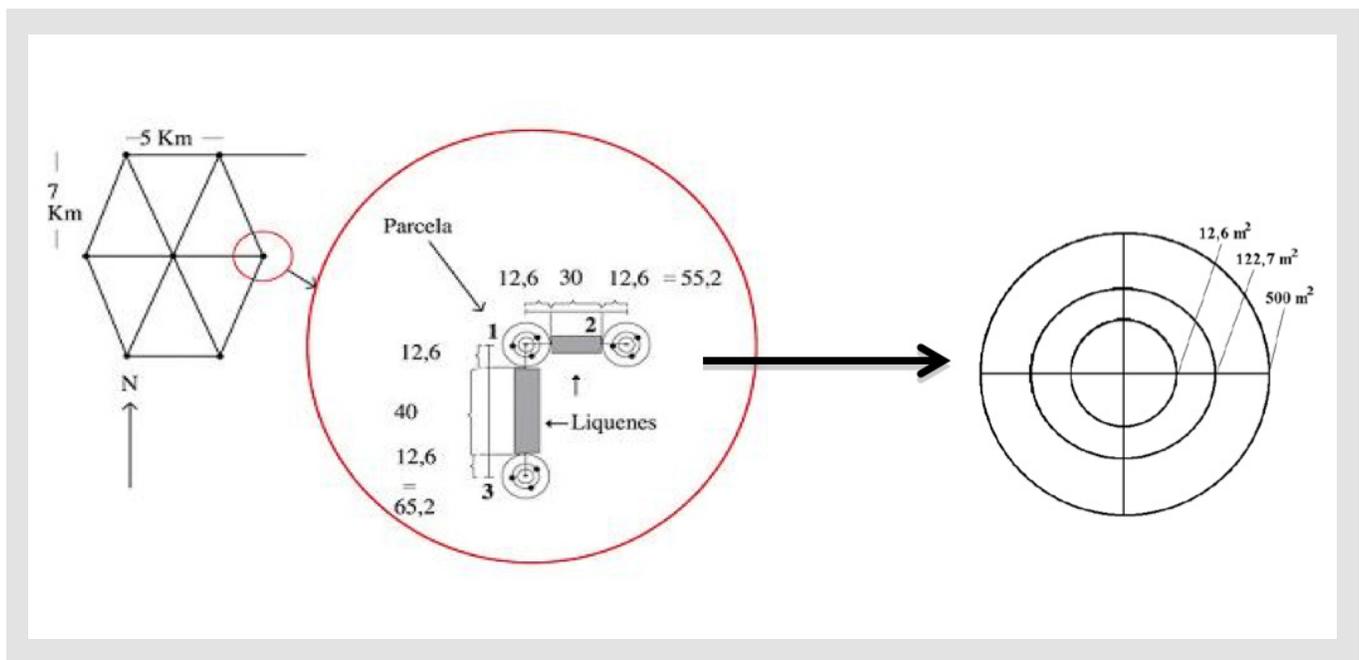


Figura 6. Diseño de parcela de Inventario Continuo. Fuente: Infor.

d. Imágenes Satelitales LANDSAT

El cálculo de la variación de contenido de Carbono en los bosques que permanecen bosques para el NRF de Degradación, NRF de Aumento de existencias y NRF de Conservación de existencias fue estimado en base a la información procedente del Inventario Continuo de Ecosistemas Forestales y la aplicación de técnicas de teledetección sobre imágenes satelitales LANDSAT.

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 de datos de captura de información de terreno proceden de los sensores *Thematic Mapper (TM)* y *Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)* a bordo de LANDSAT 5 y LANDSAT-7 respectivamente. Las características técnicas de este sensor se especifican en las Tabla 10 y Tabla 11.



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

Bandas Espectrales Landsat 5 - TM	Longitud de onda	Resolución
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	120 m
Banda 7 - Infrarrojo de onda corta	2,08 - 2,35 μm	30 m

Tabla 10. Características Sensor TM de Landsat-5. Fuente: LCDM Press Kit. NASA.

Bandas Espectrales Landsat 7 - ETM+	Longitud de onda	Resolución
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 11. Características Sensor ETM+ de Landsat-7. Fuente: LCDM Press Kit. NASA.

5. Método

a. Niveles y enfoques utilizados

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

IPCC (2003) describe los diferentes enfoques recomendados para la representación de los datos de actividad:

- **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 de teledetección remota.

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:

- **Nivel 1**

Uso de factores de emisión por defecto, facilitados a través de la Emission Factors Data Base (EFDB), o alternativamente de las directrices del IPCC. El IPCC sugiere que este método "debería ser viable para todos los países".

- **Nivel 2**

Uso de los factores de emisión específicos del país o de factores más específicos no establecidos por defecto. Aquí podrían incluirse los factores de emisión de la EFDB si estos son específicos para el país.

- **Nivel 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 datos de actividades de alta resolución y desarrollados en escalas subnacionales más afinadas. Si son implementados de forma adecuada, se prevé que los niveles 2 y 3 harán estimaciones más exactas que las de niveles inferiores.



Todas las actividades en la propuesta del NREF/NRF utilizan información derivada de un Enfoque 3 de IPCC, es decir, datos geográficamente explícitos. Los Niveles utilizados son a menudo una mezcla de 2 y 3, dado que no se cuenta con la información necesaria que permita alcanzar los requerimientos específicos para el Nivel 3.

b. Depósitos de Carbono y GEI Considerados

La biomasa aérea y subterránea es considerado para todas las actividades de REDD + incluidas en el NREF/NRF.

La Necromasa se incluye en las actividades de deforestación, degradación y conservación. No se incluye en la 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 después de un período de transición (25 años) se incluyen en el bosque permanente.

A fin de mantener la coherencia con el INGEI, que no cuenta las emisiones de carbono del suelo debido a la ausencia de datos a nivel nacional y la inexactitud de las fuentes de información existentes a nivel mundial, este reservorio de carbono no se incluirá en la propuesta NREF/NRF.

Específicamente, la decisión de excluir este reservorio de carbono se basa en el hecho de que el stock de carbono del suelo depende en gran medida de las condiciones locales (en relación con el clima, el tipo de suelo y los factores de gestión). Como resultado, los valores por defecto más generales no son realistas. Además, el país carece de información geo-referenciada oficial que permita estimar la relación entre las actividades y el suelo.

Para hacer más sólida esta decisión, se realizó una estimación de las emisiones causadas por la deforestación del mencionado reservorio utilizando una metodología basada Tier 1, la cual determinó las emisiones de esta fuente como 128.005 toneladas CO₂e/año, sobre las 1.653.819 toneladas CO₂e/año de las emisiones de Biomasa viva y Necromasa resultantes de la Deforestación, representando el 7,7% del total³⁷.

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 FCPF. Adicionalmente esta decisión se fundamenta en el indicador 4.2.ii "el reservorio excluido subestima la reducción de emisiones".



³⁷ La herramienta utilizada para estimar las emisiones del Carbono Orgánico del Suelo se encuentra disponible en el link <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/62-Anexo-Justificaci%C3%B3n-SOC/file>

Actividad REDD+	Sub-actividad	Nivel	Déposito de Carbono	GEI Incluido
Deforestación	N/A	3	Biomasa Aérea	CO ₂
		2	Biomasa Subterránea	
		3	Materia Orgánica Muerta	
Degradación Forestal	Degradación en Bosque Permanente	3	Biomasa Aérea	CO ₂
		2	Biomasa Subterránea	
		3	Materia Orgánica Muerta	
	Substitución	3	Biomasa Aérea	CO ₂
		2	Biomasa Subterránea	
		3	Materia Orgánica Muerta	
	Incendios Forestales	1	Emisiones por combustión	CH ₄ - N ₂ O
Conservación de Existencias de Carbono Forestal	N/A	3	Biomasa Aérea	CO ₂
		2	Biomasa Subterránea	
		3	Materia Orgánica Muerta	
Aumento de las Existencias de Carbono Forestal	Rehabilitación de Bosque Degradado	3	Biomasa Aérea	CO ₂
		3	Biomasa Subterránea	
	Restitución	3	Biomasa Aérea	
		3	Biomasa Subterránea	
	Incremento de área forestal	3	Biomasa Aérea	
		3	Biomasa Subterránea	

Tabla 12. Niveles, depósitos de carbono y GEI considerados para cada actividad de REDD+ en el NREF/NRF subnacional propuesto para Chile.

c. Periodo de Referencia

El periodo de referencia utilizado para la estimación del NREF/NRF subnacional de Chile está determinado por la disponibilidad de información necesaria para su construcción, así como por las diferentes metodologías aplicadas para estimar las emisiones y absorciones de las diferentes actividades y sub-actividades.

Considerando las circunstancias establecidas en el párrafo anterior, se estipulan dos periodos de referencia diferenciados, uno para actividades o sub-actividades que relacionadas con cambio de uso o sub-uso de la tierra y otro para actividades o sub-actividades que ocurren en bosque permanente.



i. Cambios de uso o sub-uso de la tierra

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

- **Deforestación:** Transformación de bosque nativo a no bosque, otros usos de la tierra.
- **Sustitución:** Transformación de bosque nativo a plantación forestal, correspondiendo a la actividad de Degradación.
- **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 los datos de actividad para las actividades y sub-actividades relacionadas con cambios de uso o sub-uso de la tierra es el Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile que es actualizado en un tiempo diferente para cada región (Tabla 13). Para ello se cuenta con mapas regionales generados en diferentes años, contando con al menos tres distintos mapas de cobertura de usos de la tierra. Además, la región de Los Lagos es dividida en dos secciones geográficas, debido a una actualización en 2006 únicamente para el norte de la región. Como resultado de las fechas variables para los que los mapas de cobertura de tierra están disponibles, el dato de estimación de actividad para cada una de las regiones incluidas en este NREF es variable.

Para propósitos de consistencia entre las regiones, y tomando en consideración que la estimación de los flujos de carbono relacionados con estas actividades del NREF consiste en la proyección de promedios históricos sin ajustes debido a la circunstancia nacional, el periodo de referencia para los niveles de referencia de emisión forestal se estableció entre 2001 y 2013. Para alcanzar la consistencia en el nivel de referencia se aplicó una interpolación de las emisiones y absorciones de los datos de los diferentes mapas para las fechas del periodo de referencia.

La interpolación fue aplicada la superficie de cambio anual para cada actividad utilizando la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{A_{p1} - A_{p1} \left(\frac{b_{p1}}{t_{p1}} \right) + A_{p2} - A_{p2} \left(\frac{b_{p2}}{t_{p2}} \right)}{t_{p1} + t_{p2} - b_{p1} - b_{p2}}$$

Ec. 1

Dónde

A_i = Superficie anual de cambio (ha)

A_p = Superficie de cambio en el periodo p (ha)

b = Tiempo de interpolación (años; ej. Si la interpolación es entre 2013 y 2015, $b = 2$)

t = Tiempo del periodo p (años)

Para el año de inicio, la interpolación es requerida en todas las regiones, ya que el mapa inicial de Catastro para todas las regiones es de 1997. En el caso del año final, la interpolación es necesaria en las regiones del Maule y Biobío para las cuales se cuenta con mapas actualizados en 2014 y 2016 respectivamente (Tabla 13).

Región	Fecha de Mapa 1	Fecha de Mapa 2	Fecha de Mapa 3	Año inicial periodo de referencia	Año inicial periodo de referencia	Interpolación año de inicio (b ₁)	Interpolación año final (b ₂)
Maule	1997	2009	2016	2001	2013	4	3
Biobío	1997	2008	2014			4	1
La Araucanía	1997	2007	2013			4	0
Los Ríos	1997	2006	2013			4	0
Los Lagos Norte	1997	2006	2013			4	0
Los Lagos Sur	1997		2013			4	0

Tabla 13. Información histórica de Catastro utilizada en actividades y sub-actividades vinculadas a cambios de uso y sub-uso de la tierra

Considerando que la interpolación es un proceso que puede sobreestimar las emisiones y absorciones de carbono forestal en el caso de que exista un año con una inusual variación, se realizó un análisis muestral para determinar el año de cambio en 869 parcelas de control en todas las regiones para el periodo 1998/2008 y 287 parcelas de control para el periodo 2008/2015 en las regiones del Maule y Biobío. Como se muestra en las Figuras 7 y 8 la distribución de los polígonos que cambiaron por año representa una distribución normal que permite la aplicación de la metodología de interpolación para los años propuestos sin una sobreestimación de las emisiones.

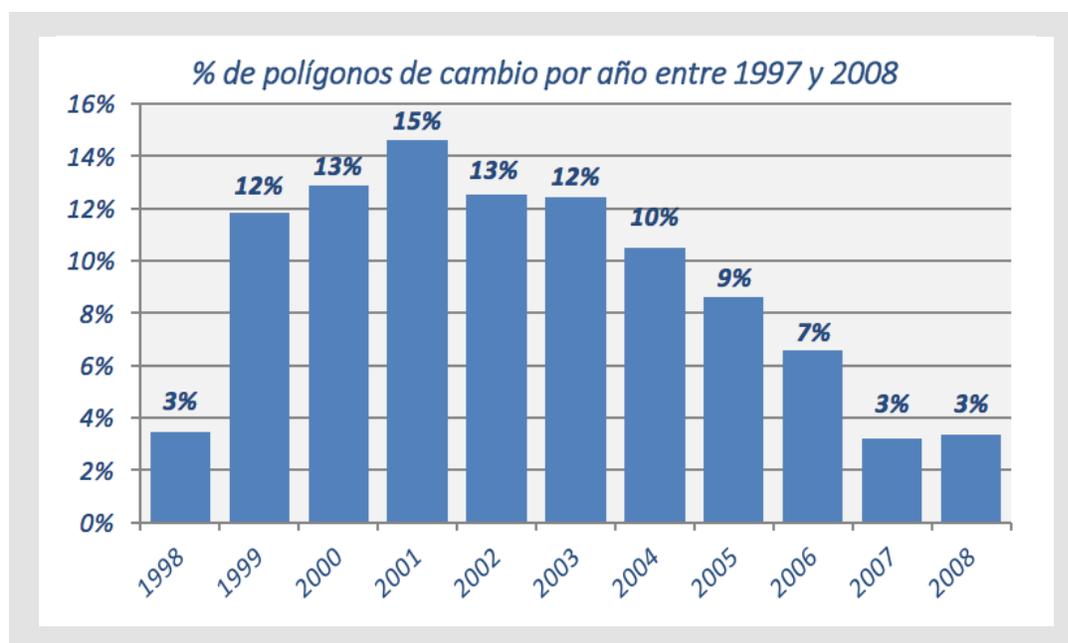


Figura 7. Porcentaje de polígonos de cambio por año entre 1997 y 2008 en el total del área de contabilidad

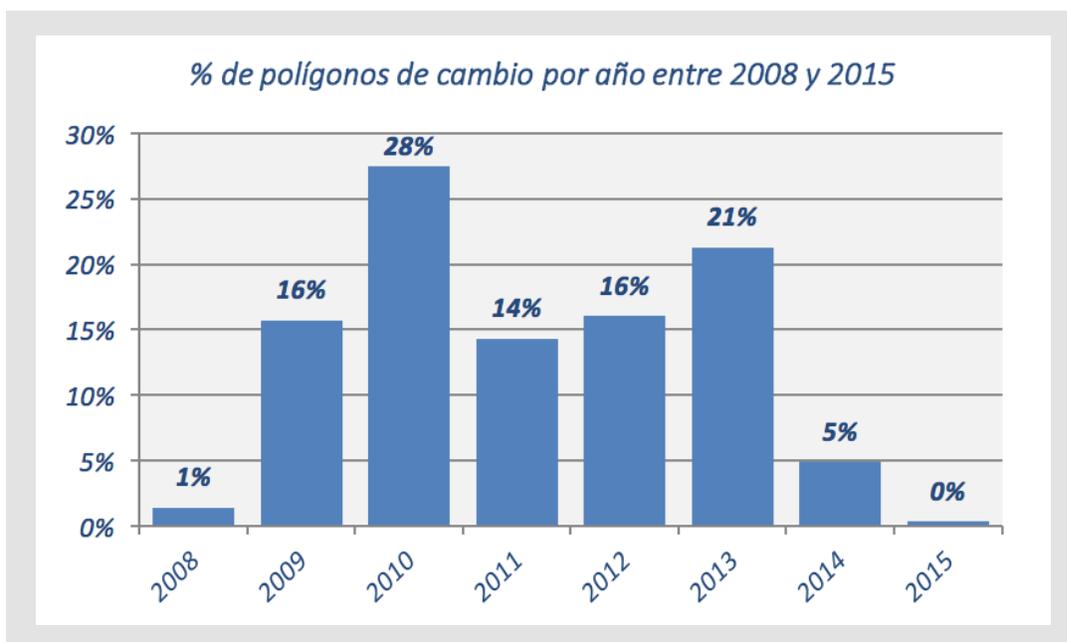


Figura 8. Porcentaje de polígonos de cambio por año entre 2008 y 2015 en las regiones del Maule y el Biobío.

ii. 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 que usa un enfoque basado en la información de las parcelas del Inventario Forestal Continuo junto con imágenes satelitales de Landsat 5 y 7.

La metodología genera mapas de contenido de carbono para aquellos años en que cuentan con mediciones de terreno del Inventario Forestal Continuo. Las parcelas registradas son extrapoladas a la totalidad del bosque permanente usando el método K-nn. La el primer ciclo de medición del Inventario Forestal Continuo corresponde al periodo 2001-2010, teniendo mediciones en los años referidos. La extrapolación fue aplicada sobre imágenes satelitales correspondientes a esos años, por lo tanto el periodo de referencia para estas actividades y sub-actividades corresponde al periodo 2001-2010.

d. Métodos para la estimación de emisiones y absorciones

De acuerdo con la estructura de actividades y sub-actividades, la construcción del NREF/NRF se ha desarrollado a través de dos metodologías diferentes: 1) actividades que impliquen un cambio de uso o sub-uso 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.

i. Cambios de uso o sub-uso de la tierra

Deforestación

La metodología para calcular el NREF de deforestación de Chile se basa en las ecuaciones del IPCC 2006³⁸ para tierras forestales convertidas a otras tierras, que también son utilizadas en el INGEI para el cálculo de emisiones de bosques convertidos a otros usos de la tierra. Se incluye los reservorios de biomasa aérea, biomasa subterránea y necromasa.

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

$$\text{FREL}_{Def} = \frac{\sum_t \Delta C_{B,t,Def}}{p} * \frac{44}{12}$$

Ec. 2

Dónde

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

ΔC_{B,t,Def} = cambio en las existencias de carbono en tierras forestales convertidas a no bosque en año *t* del periodo de referencia, en ton C. Se menciona los reservorios incluidos abajo

p = años del periodo de referencia

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

El Tier 3 de la metodología del IPCC es utilizado en las estimaciones de emisiones por deforestación, ya que las existencias de carbono en usos de la tierra antes y después de la conversión son específicos de Chile, y las áreas de conversión son desglosadas por tipo de cobertura del suelo original (Sidman *et al.*, 2015).



³⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.



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

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):

$$\Delta C_{B_t,Def} = \Delta C_{G_t} + \Delta C_{CONVERSION_t} - \Delta C_{L_t}$$

Ec. 3 (Ec. 2.15 IPCC, 2006)

Dónde

$\Delta C_{B_t,Def}$ = cambio anual de existencias de carbono en tierras forestales convertidas a no bosque 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 convertidas a no bosque en año t , en ton C

$\Delta C_{CONVERSION_t}$ = cambio inicial en existencias de carbono en biomasa en tierras forestales convertidas a no bosque 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 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 and ΔC_L) y la ganancia o pérdida neta debida directamente a la conversión ($\Delta C_{CONVERSION_t}$; 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 perdida por deforestación.

Ecuación 4 (Ecuación 2.16 del IPCC, 2006) calcula el parámetro $\Delta C_{CONVERSION}$ para inclusión en la Ecuación 3:

$$\Delta C_{CONVERSION_t} = \sum_i \{ (B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}) * \Delta A_{TOOTHERS_{i,t}} \} * CF$$

Ec. 4 (Ec. 2.16 IPCC, 2006)

Dónde

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

B_{AFTER_i} = existencia de biomasa en tipo de uso de la tierra no bosque *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 ($\Delta A_{TO_OTHERS_i}$), frecuentemente llamado datos de actividad (DA), y la cantidad de existencias de carbono emitida debida a la conversión ($B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}$), frecuentemente llamada factores de emisión (FE). Los parámetros B_{AFTER_i} y B_{BEFORE_i} incluyen solamente biomasa aérea y subterránea, así que la inclusión de necromasa se realiza mediante la adición del parámetro ΔC_{DOM} calculado de acuerdo con la Ecuación 5:

$$\Delta C_{DOM_t} = \frac{(C_n - C_o) * A_{on_t}}{T_{on}}$$

Ec. 5 (Ec. 2.23 IPCC, 2006)

Dónde

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 necromasa en el uso de la tierra no bosque después de la conversión, ton C año⁻¹

C_o = existencias de carbono de madera muerta y necromasa de bosque antes de la conversión a no bosque, 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 $\Delta A_{TOOTHERS_{i,t}}$, de acuerdo al parámetro de la ecuación 4, descrita arriba. Con el objetivo de simplificar la contabilización las emisiones de necromasa serán contabilizadas en el año de la conversión (que significa que se supone que T_{on} tiene un valor de 1).

Degradación por Sustitución

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

$$\Delta C_{Bt, DegFNF} = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

Ec. 6 (Ec. 2.8 IPCC, 2006)

Dónde

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

Se usa esta ecuación, debido a la decisión, justificada anteriormente, de incluir el matorral arborescente como bosque, lo que deriva en que los cambios identificados por catastro que transitan de bosque nativo a matorral arborescente sean considerados "degradación" y no "deforestación". Sin embargo, para contabilizar los flujos involucrados en estos cambios, se utiliza la metodología asociada con la conversión de uso de la tierra ya que se cuenta con registro de las actualizaciones de catastro que permiten identificar fehacientemente este proceso.

Restitución e Incremento de Superficie Forestal

Al igual que en las otras actividades, la metodología para el NRF de aumentos en otras tierras convertidas a bosques es congruente 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 en existencias de carbono en biomasa aérea y subterránea (los únicos reservorios que se incluyen en las estimaciones de aumentos) y en tierras convertida 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):

$$\Delta C_{Bt, ANFF} = \Delta C_{Gt} + \Delta C_{CONVERSIONt} - \Delta C_{Lt}$$

Ec. 7 (Ec. 2.15, IPCC 2006)

Dónde

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

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

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

ΔC_{Lt} = 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. Para el parámetro $\Delta C_{CONVERSION}$ se usa la Ecuación 2.16³⁹ del IPCC (2006):

$$\Delta C_{CONVERSIONt} = \sum_i \{ (B_{AFTERi} - B_{BEFOREi}) * \Delta A_{TOOTHERSi,t} \} * CF$$

Ec. 8 (Ec. 2.16 IPCC, 2006)

Dónde

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

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

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

$\Delta A_{TOOTHERSi,t}$ = 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



³⁹ 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 $\Delta C_{CONVERSION}$.



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

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, estas tierras pasan a la categoría de tierras que permanecen como tales, donde se contabilizan sus aumentos. En el NRF de aumentos, tiene que seguir contabilizando los aumentos que vienen de las áreas que se convierten en bosque durante el período de referencia para 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. En esta manera, los aumentos siguen acumulándose, siempre contabilizados bajo la actividad de aumentos de existencias, y no pasan a la categoría de bosques que permanecen como en el INGEI. Sin embargo, la próxima actualización del INGEI se contabilizará las capturas de áreas convertidas a bosque en años previos (hasta 20 años antes del año de contabilizado) bajo una categoría de "bosques en transición".

La Ecuación 2.9 del IPCC (2006) calcula aumentos en carbono anuales. Pero la ecuación 9 no considera las capturas que siguen acumulando en el estrato "i" convertidas en años anteriores. Así que es necesario modificar la ecuación 2.9 del IPCC (2006) de la siguiente forma para lograr la contabilidad correcta:

$$\Delta C_{G_t} = \sum_i \sum_x (A_{i,x} * G_{TOTAL_i} * CF)$$

Ec. 9 (adaptada de la Ec. 2.9 IPCC, 2006)

Dónde

$\Delta C_{G_{i,t}}$ = 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 toma en cuenta que para calcular $\Delta C_{G_{i,t}}$ en el año t , hay que sumar las capturas que vienen de áreas convertidas en cada año x antes de año t del periodo de referencia, junto con capturas que vienen de áreas convertidas en año t . En el caso de que un bosque llegue a la edad adulta y termine de capturar CO₂ de la atmosfera, se debería eliminar de la contabilidad de aumentos. Sin embargo, se supone que esto no ocurre durante el periodo corto como es el caso del periodo de referencia.

ii. Bosque permanente

Degradación en Bosque Permanente

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

$$\Delta C_{B,t, DegFF} = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

Ec. 10 (Ec. 2.8 IPCC, 2006)

Dónde

$\Delta C_{B,t, Deg}$ = 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 descrita en Bahamondez *et al.* (2009)⁴⁰. Esta metodología contabiliza las existencias de carbono en puntos de tiempo diferentes donde la diferencia de las existencias de carbono en tierras forestales es considerada degradación en caso de pérdidas. Por su parte, el INGEI utiliza un método ganancia-pérdida, Ecuación 2.7 del IPCC (2006) en vez del método de diferencia de existencia en la ecuación 2.8 del IPCC 2006, donde integra datos tabulares de INFOR 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 de bosque nativo y de plantaciones forestales. Según expertos nacionales, los datos sobre extracción de leña no son muy robustos y representativos de la degradación en una forma completa. La metodología utilizada en el NREF, permite alcanzar resultados de Enfoque 3, datos espacialmente explícitos, y se basa 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 10), se utiliza la ecuación 2.8 de IPCC:

$$C_t = A_{Deg} * EF * CF$$

Ec. 11 (IPCC, 2006 Ec. 2.8)



⁴⁰ Bahamóndez, C., Martín, M., Müller-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.



Dónde

$C_{t,i}$ = 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

Recuperación de Bosques Degradados

Se utilizó la metodología descrita en la sección de degradación en áreas de bosque permanente. Para el cálculo de aumentos de existencias anual se utilizó la ecuación 2.8 de IPCC (2006)

$$\Delta C_{Bt,AFF} = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

Ec. 12 (Ec. 2.8, IPCC 2006)

Dónde

$\Delta C_{Bt,AFF}$ = 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 inicio del periodo de referencia se encuentran por debajo del umbral o línea B.

Conservación Forestal

Como se explicó en los capítulos anteriores, el Nivel de Referencia para la Conservación forestal se estima 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.

$$\Delta C_{Bt,ConFF} = \Delta C_{Bt,AFF} - \Delta C_{Bt,DegFF}$$

Ec. 13

Dónde

$\Delta C_{Bt,C}$ = 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

Emisiones no-CO₂ De Incendios Forestales

La metodología de Bahamondez solo estima emisiones de CO₂, entonces para calcular las emisiones no-CO₂ de incendios forestales se utiliza la Ecuación 2.27 del IPCC (2006):

$$L_{fire} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^3$$

Ec. 14 (Ec. 2.27 IPCC, 2006)

Dónde

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 que es necesario para ecuación 2.12, se usa ecuación 15:

$$GEI_{fire} = L_{fire} * CF$$

Ec. 15

Dónde

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

e. Datos de Actividad

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

i. Cambios de uso o sub-uso de la tierra

Se estimó el área de bosque nativo convertido a otros usos (tierras agrícolas, pastizales y / o asentamientos) y sub-usos de la tierra (plantaciones forestales) así como las conversiones de otros usos y sub-usos de la tierra a bosques nativos usando mapas de cambio de uso de la tierra derivado de los cálculos del Catastro. Esta sección incluye la actividad de Deforestación y las sub-actividades de Sustitución, Restitución e incremento de superficie forestal descritas anteriormente.

Cada mapa del Catastro registra el uso de la tierra asociado de acuerdo con las categorías especificadas en el Manual del Catastro⁴¹, las cuales fueron reasignadas a diferentes usos y sub-usos de la tierra. De acuerdo con la estimación de cambio de uso y sub-uso de la tierra, las áreas afectadas fueron establecidas para cada actividad y sub-actividad REDD+ como se especifica en la Tabla 14.

Uso de la Tierra de Catastro	Uso Inicial	Uso Final	Sub-actividad	Actividad REDD+
Bosque Nativo Adulto	Bosque Nativo	Plantaciones	Sustitución	Degradación
Bosque Mixto		Otros usos de la Tierra	Deforestación	Deforestación
Matorral Arborescente		Bosque Nativo	N/A	N/A
Plantaciones	Plantaciones	Plantaciones	N/A	N/A
		Otros usos de la Tierra	N/A	N/A
		Bosque Nativo	Restitución	Aumento de existencias
Áreas Urbanas e Industriales	Otros usos de la Tierra	Bosque Nativo	Incremento superficie forestal	Aumento de existencias
Tierras agrícolas				
Matorral y Praderas				
Humedales		Plantaciones	N/A	N/A
Áreas desprovistas de vegetación				
Nieves y glaciares		Otros usos de la Tierra	N/A	N/A
Cuerpos de agua				

Tabla 14. Usos de la tierra registrados por el Catastro, reasignación de categorías y definición de actividad y sub-actividades REDD +.



⁴¹ Manual de Catastro <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/63-Anexo-Manual-Catastro-1995/file>

ii. Bosque permanente

Para estimar el área afectada por degradación en bosque permanente, recuperación de bosques degradados y conservación de bosques, se utilizó la metodología detallada en Bahamondez *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 Continuo para estimar existencias de carbono espacialmente explícitas para diferentes fechas coincidiendo con las mediciones de campo del Inventario Continuo.

Las parcelas de Inventario Continuo se localizan en un gráfico de densidad, o carta de stock, en base al número de árboles y área basal por hectárea. El gráfico de densidad considera varios umbrales o líneas que determinan, para diferentes tipos de bosque, su estado en el momento de la medición. Esta información identifica el estado de las parcelas, distinguiendo entre parcelas degradadas y no degradadas (Bahamondez, 2009).

En el caso de la metodología aplicada en el NREF/NRF, el umbral o línea B será el que permita identificar la degradación en bosque permanente y la recuperación de bosques degradados.

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). La delimitación de este umbral se estableció a través del trabajo de campo de expertos y es específico para cada tipo de bosque (INFOR, 2012). La Línea B es considerada el umbral de la resiliencia natural de un bosque. Las parcelas ubicadas debajo del umbral o línea B, no son recomendadas para el manejo productivo (Figura 9)⁴².

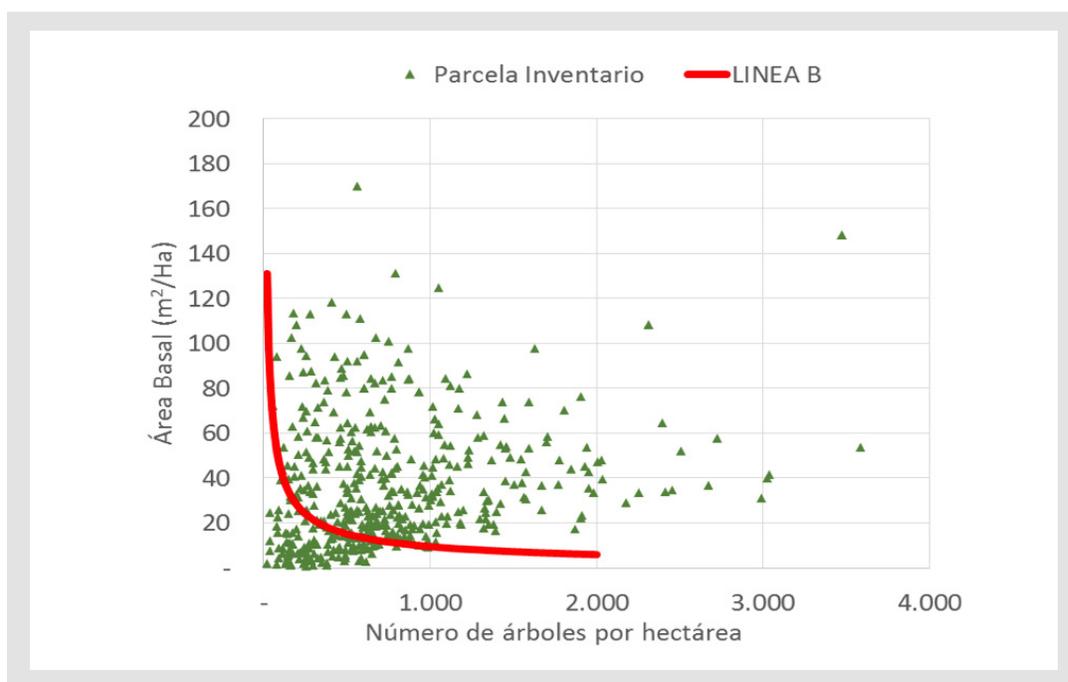


Figura 9. Gráfico de densidad y línea B. Basado en datos generados por mediciones de terreno del Inventario Forestal Continuo (INFOR) usados en el NREF/NRF.



⁴² Más información sobre los parámetros de la carta de densidad:
<http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/52-anexo-datos-inventario-continuo/file>



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

El gráfico 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 gráfico de almacenamiento 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 analiza 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 10, Tabla 15).

- 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 natural y las parcelas están dentro del umbral de resiliencia natural.

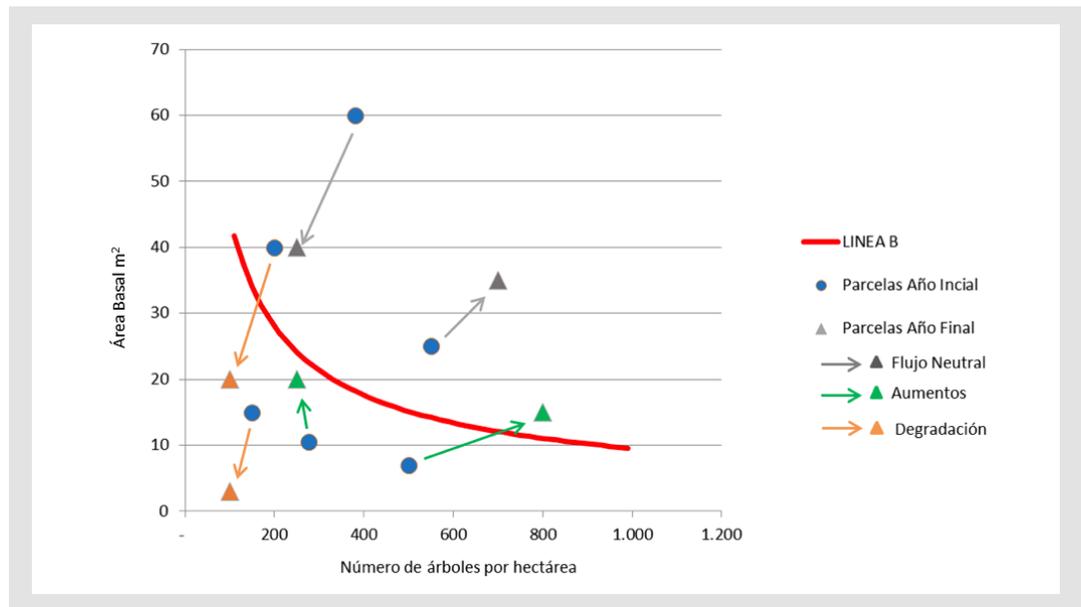


Figura 10. Ejemplo de flujos de carbono que representan aumentos (flecha verde) degradación (flecha roja) y flujo natural (flecha gris).

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 15. Posibles cambios en el gráfico de densidad entre los dos períodos de tiempo. Actividades REDD+ en las que son contabilizadas

En el momento de elaboración del estudio, solo se cuenta con la carta de stock asociada al tipo forestal Roble-Raulí-Coihue (Ro-Ra-Co) validada y publicada. Las cartas de stock de los tipos forestales Siempreverde y Lengua están siendo desarrolladas en la actualidad. Una vez estén completas, serán sometidas a validación mediante un taller técnico extendido. El estudio incluye versiones no validadas de Siempreverde y Lengua, la última de estas fue generada en base a información de bosques del sur de Argentina. En el caso del Siempreverde, el tipo forestal de mayor distribución, la carta de stock fue comparada con la carta del Ro-Ra-Co, ya validada en procesos anteriores.

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, 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 Euclideana $d_{pi,p}$ en el espacio de las variables auxiliares o explicatorias (bandas 1 a 5 de Landsat) 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):

$$d_{p_1,p}, \dots, d_{p_k,p}, (d_{p_1,p} \leq \dots \leq d_{p_k,p}), k \approx 5 - 10$$

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:



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

Ec. 17

Dónde

$ij(p)$ = 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:

$$y_{est} = \sum_{i=1,k} w_{i,p} y_i$$

Ec. 18

El procedimiento se aplica y luego los píxeles se remuestran a 1 hectárea para las imágenes de 2001 de Landsat 5 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 utilizan los mapas más recientes Catastro de cada región para identificar la superficie total de los bosques de alerce y araucaria. Los datos espaciales del SNASPE son aportados por el Sistema Integrado de Información Territorial de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile lo cuales se utilizan para identificar las superficies de las áreas protegidas públicas. Los datos regionales sobre las superficies de áreas protegidas privadas se toman de la Iniciativa Privada de Conservación.

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 2015. La fuente original de estos datos son las Estadísticas Históricas Forestales de CONAF/Empresas de 1985 a 2012. Los datos reportados incluyen las áreas anuales totales de incendios forestales en cada región entre 1971 y 2012. 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.

f. Factores de Emisión

i. Cambios de uso o sub-uso de la tierra

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 derivadas del inventario forestal continuo del INFOR para alcanzar una estimación de biomasa aérea viva *Tier 3*. Las estimativas son estratificadas a nivel regional, donde cada región de NREF subnacional tiene su propia estimación de contenidos de carbono previo a la deforestación. Mientras el Inventario Forestal Continuo provee datos por tipo forestal, CONAF es responsable de proveer información de uso y cambio de uso de la tierra para el INGEI. La información de cambio de uso de la tierra no incluye datos de tipos de bosque, solo incluye información del cambio de uso de la tierra de bosque nativo a otros usos y plantaciones forestales a otros usos. Como resultado, para ser consistente con el nivel de detalle de uso de la tierra, el INGEI utiliza los contenidos de carbono de bosque nativo para cada región y no así los contenidos de carbono por tipo forestal.

La biomasa aérea, subterránea (B_{BEFORE} de ecuaciones 4 y 8), y necromasa (C_0 de Ecuación 5) se obtienen del inventario forestal continuo de INFOR. Bajo la contabilización de deforestación, se supone 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 debidos a la deforestación y los debidos a la degradación.

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

En el INGEI, se utiliza valores por defecto del IPCC (2006) para B_{AFTER_i} , pero se supone que estos valores son el crecimiento del uso de la tierra no bosque que realmente corresponde a ΔC_G , no B_{AFTER_i} ⁴³. Para las estimaciones del NREF, se asumirá 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 2006⁴⁴). 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 enfoque de Nivel 2 o 3.



⁴³ En las calculaciones del INGEI, se calculó ΔC_G multiplicando B_{BEFORE_i} por la fracción de carbono en la biomasa seca (se utilizó el valor de 0.5). En manera similar, se calculó ΔC_L multiplicando B_{AFTER_i} por 0.5. Se supuso que los valores de B_{AFTER_i} son las existencias de carbono de los usos de suelo no bosque después de un año de crecimiento.

⁴⁴ Gayoso JA (2006) Inventario de carbon en praderas y matorrales para el estudio de línea de base Proyecto SIF Regiones VII y VIII. Universidad Austral de Chile, Valdivia.



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

- 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 Nivel 1.

También se supone que las pérdidas debidas a la cosecha de madera, extracción de leña, y disturbios (ΔC_L) es cero en áreas de deforestación, utilizando la misma suposición del INGEI.

Degradación por Sustitución

Para los factores de emisión de cambios de bosque nativo a plantación, se utilizan las estimaciones de existencias de carbono derivadas las parcelas de Inventario Forestal Continuo y otros estudios de existencias de carbono de otros usos de suelo. Las estimaciones de existencia de biomasa en las plantaciones es asumida como cero (0), ya que Chile no incluye plantaciones en su programa REDD+.

Restitución e Incremento de Superficie Forestal

En la ecuación 8, se supone que el valor de B_{AFTERi} es cero para terrenos agrícolas y áreas urbanas e industriales, 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 supone que el B_{AFTER} es igual al 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 usará informes científicos regionales o nacionales como Gayoso (2006) que han estimado existencias de carbono en usos de suelo no bosque.

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

$$G_{TOTAL} = \sum_i (I_{Vi} \cdot BCEF_i \cdot (1+R_i))$$

Ec. 19 (Ec. 2.10 IPCC, 2006)

Dónde

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, $m^3 ha^{-1} año^{-1}$

$BCEF_i$ = 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 (m^3 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 recopilan en el conjunto de datos del INGEI, basado en datos del inventario forestal del INFOR, que estima valores para los tipos forestales: Alerce, Ciprés de las Guaitecas, Araucaria, Ciprés de la Cordillera, Lengua, Coihue de Magallanes, Roble Hualo, Roble-Raulí-Coihue, Coihue-Raulí-Tepa, Esclerófilo, y Siempreverde. Para calcular $BCEF_i$, se usa Ecuación 20:

$$BCEF_i = BEF_i \cdot D_i$$

Ec. 20

Dónde

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 , proceden del conjunto de datos del INGEI, existiendo un valor de BEF_i para bosques nativos, no desglosado por tipo forestal, de Gayoso *et al* (2002). De igual forma, sólo hay un valor de densidad de la madera para especies nativas, sin que el INGEI defina la fuente de origen, el cual se utiliza para asegurar congruencia con el INGEI.

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

ii. Bosque permanente

Los factores de emisión para degradación en bosques que permanecen bosques, aumento de contenido de carbono por recuperación de bosques degradados así como para conversión de los bosques usan la misma metodología.

Los factores de emisión vendrán del inventario forestal continuo de INFOR, que es la base para la metodología. La metodología determina un 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

Dónde

Vol = Volumen de arboles en bosque, metros cubicos ha^{-1}

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

K = constante, valor de 2,9141

β = constante, valor 1,2478

Para convertir volumen a CO2 para uso en la ecuación 22:

$$EF = Vol * D * BEF$$

Ec. 22

Dónde

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

Vol = Volumen de arboles en bosque, metros cubicos 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 (m³ de incremento anual promedio)⁻¹

g. 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, hay algunas sub-actividades que se contabiliza usando la metodología de conversión de uso de la tierra y otras que se contabiliza 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.

i. Degradación Forestal

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

1. Degradación en bosque permanente.
2. Degradación por Sustitución.

Para cada tipo de sub-actividad se utilizan 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:

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

Ec. 23

Dónde

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

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

$\Delta C_{Bt, DegFNF}$ = cambio en las existencias de carbono en tierras forestales que se convierten a matorral arborescente o 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

ii. Aumento de Existencias de Carbono Forestal

Bajo la categoría de aumentos de existencias, se contabilizan las capturas asociadas con las áreas que tienen un cambio 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. Rstitución e incremento de superficie forestal.
2. Recuperación de bosques degradados

De igual forma que para el NREF de degradación, el dato de actividad NRF de aumento de existencias de carbono forestal se estima utilizando metodologías diferenciadas para bosques que permanecen bosques y para la identificación de áreas no bosques convertidas a bosques.

$$FRL_A = \frac{(\sum_t \Delta C_{Bt, ANFF} + \sum_t \Delta C_{Bt, AFF}) * \frac{44}{12}}{p}$$

Ec. 24

Dónde

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

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

$\Delta C_{Bt, AFF}$ = 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

a. Datos de Actividad

i. Cambios de uso o sub-uso de la tierra⁴⁵

Deforestación

Como se puede apreciar en la Tabla 16, destaca la gran superficie deforestada en el Biobío y La Araucanía en el Periodo 1, y en el Maule en el Periodo 2. Estas grandes superficies de deforestación son el 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.

Cabe destacar que la superficie deforestada en el total del periodo de referencia para Los Lagos Sur, 1997–2012, corresponde a 14.164 hectáreas, de las cuales 10.711 hectáreas corresponde a bosques que se convirtieron a terrenos desprovistos de vegetación y bosques se transformaron en praderas y matorrales, producto de la erupción del volcán Chaitén en mayo de 2008 y la potencial recuperación post erupción.

Región	Deforestación Periodo 1 (ha/año)	Deforestación Periodo 2 (ha/año)	Área Interpolada (ha/año)
Maule	575	1.464	872
Biobío	1.994	607	1.416
La Araucanía	2.922	339	1.630
Los Ríos	851	679	751
Los Lagos Norte	996	291	585
Los Lagos Sur*	1.216		1.216
Total	8.555	4.596	6.470

* Los *Lagos Sur* tiene información para un único periodo.

Tabla 16. Superficie deforestada por año y región.

Degradación Por Sustitución

La Tabla 17 desagrega la superficie por región y año, afectada por sustitución de bosque nativo, sub-actividad incluida en la actividad de degradación forestal. La sustancial reducción de área de bosque nativo transformada a plantación forestal, entre los dos periodos, coincide con la aprobación de la Ley 20.283 en 2008, la cual penaliza esta práctica. 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.



⁴⁵ Información espacial en el siguiente link: <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/67-Mapas-cambio-uso/file>

Región	Sustitución Período 1 (ha/año)	Sustitución Período 2 (ha/año)	Área Interpolada (ha/año)
Maule	3.912	1.687	3.170
Biobío	6.004	2.561	4.570
La Araucanía	4.085	965	2.525
Los Ríos	1.685	373	920
Los Lagos Norte	533	406	459
Los Lagos Sur*	277		277
Total	16.496	6.269	11.921

* Los *Lagos Sur* tiene información para un único periodo.

Tabla 17. Superficie de degradación por sustitución por año y región.

Restitución e Incremento de Superficie Forestal

En el caso de la Restitución de bosque nativo, sub-actividad incluida en la actividad Aumento de contenido de carbono, la Tabla 18 muestra que esta transformación se produce principalmente en el primer periodo de análisis. Una de las causas potenciales puede ser la mejora tecnológica que deriva en un incremento de la resolución espacial de las imágenes satelitales utilizadas y que permiten la identificación de pequeños bosques nativos principalmente ubicados en fondos de quebrada y áreas entorno a plantaciones forestales que no pudieron ser identificados en la línea base del Catastro de 1997 pero sí en las actualizaciones posteriores.

La mayor parte del aumento de áreas de bosque son producidos por el desarrollo de bosques en áreas de pastizales y arbustos que resultan en la transformación a matorral arborescente y bosque nativo. Como se puede percibir, hay un incremento de la superficie de transformación desde las regiones del sur hacia el norte, en estrecha relación con la distribución de matorrales nativos.

Región	Restitución Período 1 (ha/año)	Restitución Período 2 (ha/año)	Restitución Período de Referencia (ha/año)	Aumento de bosques Período 1 (ha/año)	Aumento de bosques Período 2 (ha/año)	Aumento de bosques Período de Referencia (ha/año)	Área Total (ha/año)
Maule	1.165	474	934	8.026	4.793	6.949	7.883
Biobío	2.342	206	1.452	3.542	1.673	2.763	4.215
La Araucanía	969	28	499	3.628	1.431	2.530	3.028
Los Ríos	405	634	222	855	572	690	912
Los Lagos Norte	199	-	83	1.132	245	615	698
Los Lagos Sur*	0		-	283		283	283
Total	16.496	6.269	3.190	17.467	8.999	13.830	17.020

* Los *Lagos Sur* tiene información para un único periodo.

Tabla 18. Superficie anual de restitución y aumento de bosque nativo por periodo y para el periodo de referencia completo, por región.



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

El mapa de la Figura 11 muestra la distribución de actividades y sub-actividades correspondiente a las actividades que relacionadas con cambios de uso y sub-uso de la tierra.

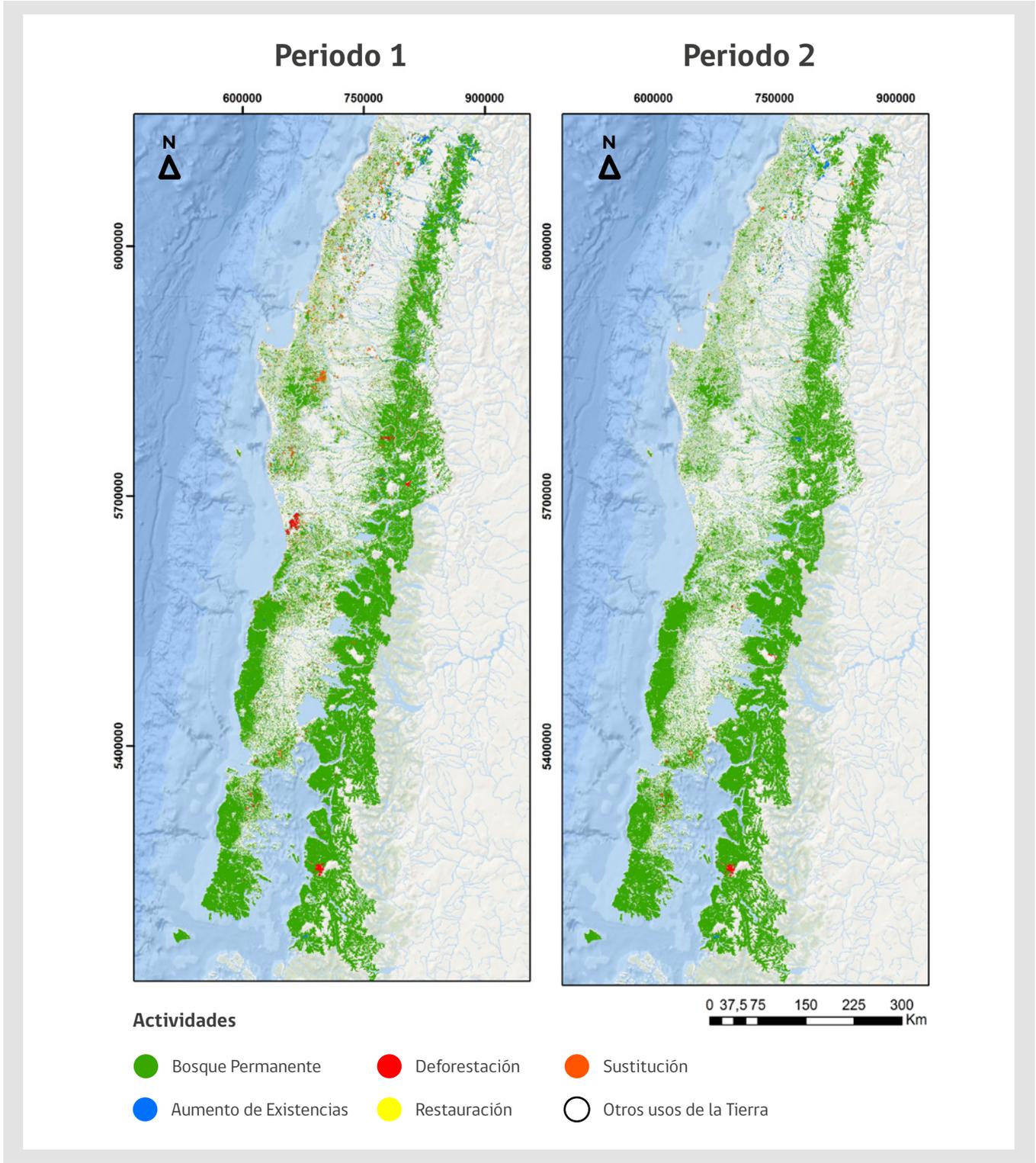


Figura 11. Mapa de actividades y sub-actividades REDD+

i. Bosque permanente⁴⁵**Degradación en Bosque Permanente**

La Tabla 19 desagrega la información sobre área degradada por región durante el periodo 2001-2010. Se destaca el área sujeta a degradación en la región de Los Lagos, coincidiendo con una fuerte intervención informal en los bosques de la Provincia de Chile, la cual no fue registrada a tiempo por las herramientas de monitoreo existentes (Catastro). Adicionalmente, el volcán Chaitén, causó un gran impacto en esta región durante el periodo de referencia.

Región	Área (ha)
Maule	53.666
Biobío	62.399
Araucanía	34.183
Los Ríos	42.905
Los Lagos	268.078
Total	461.231

Tabla 19. Superficie de bosque permanente degradado por región entre 2001 y 2010.

Recuperación de Bosques Degradados

La Tabla 20 desagrega la superficie de bosques degradados recuperados durante el periodo 2001-2010.

Región	Área (ha)
Maule	34.903
Biobío	417.846
Araucanía	118.176
Los Ríos	17.468
Los Lagos	89.276
Total	677.669

Tabla 20. Aumento de carbono en bosque permanente por región entre 2001 y 2010.



⁴⁶ Información espacial disponible en el link: <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/64-Mapas-bosque-permanente/file>

Conservación Forestal

La Tabla 21, desagrega el total de área de conservación y la superficie degradada y recuperada dentro de las áreas de conservación. Se puede observar una relación directa entre la superficie degradada y recuperada con el total de la superficie de conservación.

Región	Área Total (ha)	Área Degradada (ha)	Área Recuperada (ha)
Maule	17.803	476	1.890
Biobío	97.255	4.099	11.813
Araucanía	164.340	9.883	18.553
Los Ríos	225.862	14.702	32.998
Los Lagos	930.671	76.473	101.401
Total	1.435.931	105.633	166.655

Tabla 21. Área total, degradada y recuperada en bosques de áreas de conservación por región entre 2001 y 2010.

Emisiones No Co₂ por Incendios Forestales

En la Tabla 22 se desagrega la información de superficie degradada región para el periodo de referencia completo, 2001-2010. En la Figura 12 se representan las áreas afectadas por degradación forestal.

	2001-2010	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Región	ha/año	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Maule	599	26	147	504	171	140	62	9	464	4.030	432
Biobío	1.237	89	7.560	159	211	396	148	947	267	958	1.635
Araucanía	2.116	64	18.765	226	369	212	74	41	351	1.012	42
Los Ríos	151	1	904	3	184	19	7	5	119	271	1
Los Lagos	782	9	2.552	28	91	47	207	52	4.234	598	1
Total	4.884	189	29.928	920	1.026	814	498	1.054	5.435	6.869	2.110

Tabla 22. Superficie afectada por incendios forestales por región entre 2001 y 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, M.E. *et al*, 2010)⁴⁷ 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 días⁴⁸.



⁴⁷ http://www.bosquenativo.cl/descargas/Revista_Bosque_Nativo/RBN_46_art_tec2web.pdf

⁴⁸ <http://www.lignum.cl/2015/02/17/grandes-e-historicos-incendios-forestales-que-debes-conocer/>

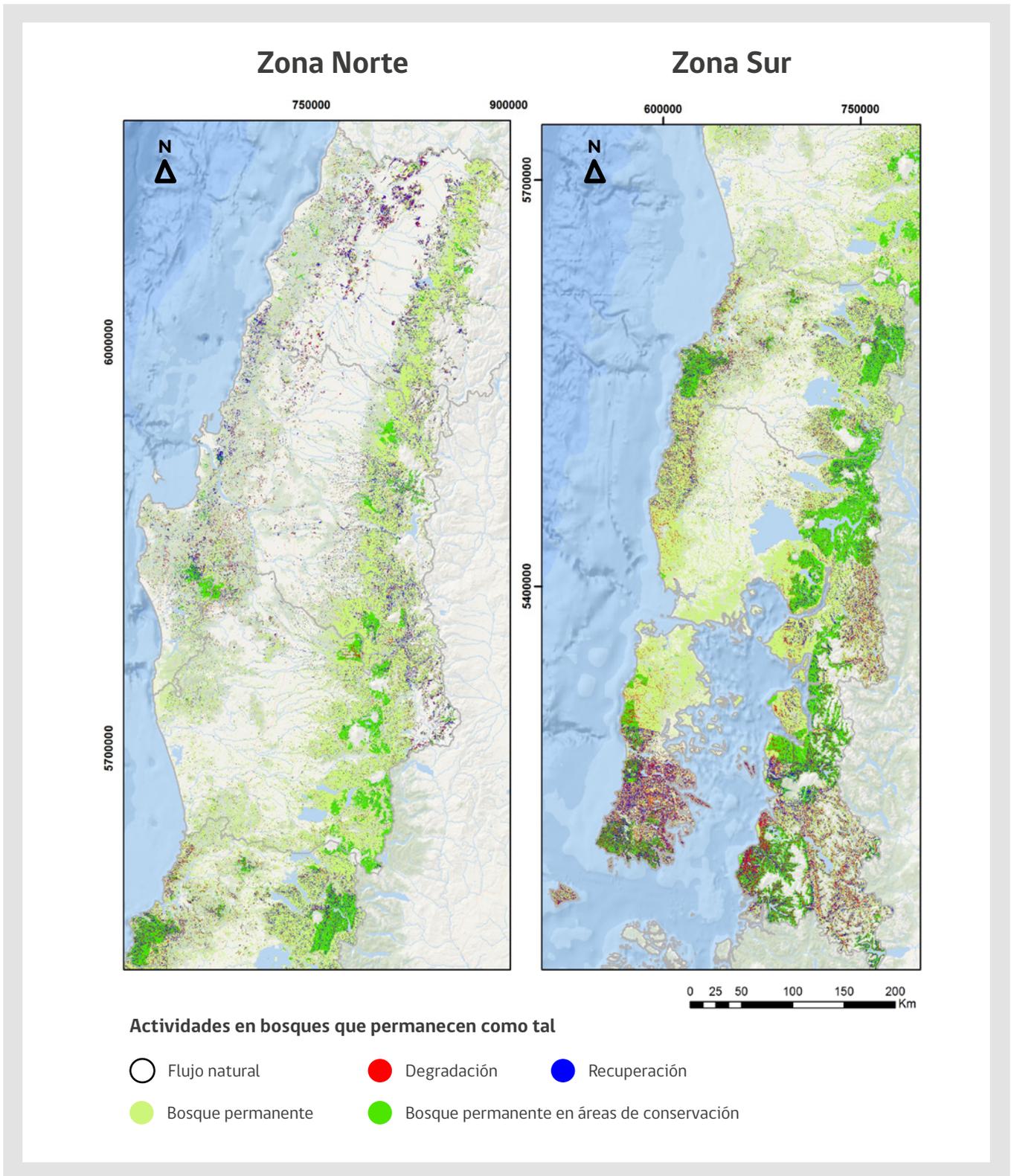


Figura 12. Mapa de actividades y sub-actividades REDD+ en bosque permanente.

b. Factores de emisión

i. Cambios de uso o sub-uso de la tierra

Deforestación y Degradación por Sustitución

Los factores de emisión aplicados en el NREF de Deforestación y de degradación por sustitución fueron derivados en base a una combinación de datos de diferentes niveles. Para la biomasa aérea se utilizaron factores de emisión de Nivel 3 procedentes de la estimación de biomasa aérea del Inventario Forestal Continuo que presenta diferentes contenidos de carbono por región, de forma congruente con el INGEI.

La biomasa subterránea es resultado de la aplicación de la relación raíz-tallo a la biomasa aérea (Gayoso, 2002)⁴⁹.

Para la materia orgánica muerta, se usaron factores de emisión regional Nivel 2 pertenecientes al INGEI del 2015 y a la vez fueron basados en el Inventario Forestal Continuo.

En la Tabla 23 se detallan los Factores de emisión utilizados para el NREF de Deforestación y Degradación por sustitución, por región y reservorio.

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

Tabla 23. Factores de emisión regionales desglosados por reservorios de carbono considerados en el análisis.



⁴⁹ 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 estimados aéreos.

Restitución e Incremento de Superficie Forestal

Los factores de absorción del Nivel 3 para los diferentes tipos de bosques fueron derivados del INGEI, los cuales, con excepción de bosques de Araucaria, proceden de datos del Inventario Forestal Continuo (Tabla 24). La tasa de crecimiento de La Araucaria viene de datos regionales de una disertación sobre *Araucaria auracana* en el sur de Chile (Mujica, 2000).

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.

Las tasas de crecimiento para bosques adulto esclerófilos fueron aplicados a los matorrales arborescentes, puesto que ellos son más similares fisionómicamente a sus tipos de bosque. Esto también es una suposición conservacionista, debido a que los bosques adulto esclerófilos tienen unas de las tasas más bajas de crecimiento de todos los tipos de bosque. 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 de Bosque	Renoval	Adulto
	(m ³ /ha/año)	
Alerce	0,45	0,45
Ciprés de Las Guaitecas	3,9	3,9
Araucaria	4,6	4,6
Ciprés de La Cordillera	4,7	3,9
Lenga	6,0	5,2
Coihue de Magallanes	6,1	4,6
Roble Hualo	4,6	3,0
Roble-Raulí-Coihue	6,1	5,0
Coihue-Raulí-Tepa	5,1	4,0
Esclerófilo	2,2	1,9
Siempreverde	5,8	3,2

Tabla 24. Incremento promedio anual por tipo de bosque. Fuentes: Anexo no publicado de INGEI.



ii. Actividades en bosque permanente

Para estos valores, el volumen y luego la existencia de carbono son estimados para cada pixel en las imágenes de 2001 y 2010. Estas existencias se convierten en factores de emisión, utilizando un enfoque de diferencia de existencia (stock-difference) para determinar la emisión específica de cada pixel 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 2010, 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.

Emisiones No-CO₂ de incendios forestales

Los factores de emisión para la biomasa disponible para la combustión son los mismos que se describen como factores de emisión del NREF de Deforestación. Los factores de combustión, emisión y conversión son factores por defecto del IPCC (2006), según se muestra en la Tabla 25.

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

7. NREF/NRF Subnacional de Chile

a. Deforestación⁵⁰

Las emisiones anuales promedio por deforestación en el NREF subnacional propuesto suponen cerca de 3,5 millones t CO₂ año⁻¹ (Tabla 26).

NREF Deforestación				
Región	Area deforestada (ha/año ⁻¹)	Biomasa (tCO ₂ e año ⁻¹)	Necromasa (tCO ₂ e año ⁻¹)	Total (tCO ₂ e año ⁻¹)
Maule	872	77.632	7.351	84.982
Biobío	1.416	370.682	25.963	396.645
La Araucanía	1.630	918.816	140.251	1.059.067
Los Ríos	751	483.105	161.591	644.696
Los Lagos Sur	585	326.822	74.408	401.230
Los Lagos Norte	1.216	711.578	154.687	866.265
Total	6.470	2.888.634	564.251	3.452.885

Tabla 26. Total de emisiones por deforestación en el área del NREF subnacional de Chile.

b. Degradación Forestal

Se considera de forma independiente los cálculos de las emisiones producidas en los bosques que permanecen bosques, aquellos derivados de la transformación de Bosque Nativo a Matorral Arborescente (según Catastro), la sustitución de Bosque Nativo y Matorral Arborescente 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 9,1 millones de tCO₂e año⁻¹ (Tabla 27).



⁵⁰ La herramienta utilizada para la estimación de emisiones por deforestación se encuentra disponible en: <http://www.encrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/56-Herramienta-Deforestaci%C3%B3n/file>

NREF Degradación				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total tCO ₂ e
Maule	604.393	3.008	1.576	608.976
Biobío	1.192.046	11.712	6.132	1.209.890
La Araucanía	1.848.728	38.473	20.143	1.907.344
Los Ríos	1.366.994	3.994	2.091	1.373.080
Los Lagos	4.026.126	15.738	8.240	4.050.103
Total	9.038.288	72.924	38.181	9.149.392

Tabla 27. 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:

i. Degradación por Sustitución⁵¹

Las emisiones totales anuales provenientes de los bosques nativos convertidos en plantaciones y matorral arborescente son aproximadamente 4,1 millones tCO₂e, como se muestra en la Tabla 28, con mayor contribución por parte de las regiones de Biobío y La Araucanía, donde existe mayor presencia de plantaciones exóticas.

NREF Degradación por Sustitución				
Región	Área Degradada (ha año ⁻¹)	Emisiones biomasa viva (ha año ⁻¹)	Emisiones necromasa (tCO ₂ e year ⁻¹)	Emisiones Total (tCO ₂ e year ⁻¹)
Maule	3.170	407.951	26.743	434.685
Biobío	4.570	894.837	83.781	978.618
La Araucanía	2.525	1.196.118	217.196	1.413.313
Los Ríos	920	576.777	197.845	774.622
Los Lagos Sur	459	146.281	35.276	181.556
Los Lagos Norte	277	234.833	58.413	293.246
Total	11.921	3.456.797	619.254	4.076.040

Tabla 28. Emisiones debido a conversión de bosques nativos en plantaciones exóticas en el área del NREF/ NRF subnacional de Chile.



⁵¹ La herramienta utilizada para la estimación de emisiones de degradación por sustitución está disponible en: <http://www.encrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/60-Herramienta-Sustituci%C3%B3n/file>

ii. Degradación en Bosque Permanente⁵²

Las emisiones totales anuales de los bosques nativos que permanecen como tal (por ejemplo de recolección de leña, extracción de madera selectiva, etc.) son aproximadamente 5,0 millones tCO₂e como lo muestra la Tabla 29.

Región	Área (ha)	Emisiones (tCO ₂ e año ⁻¹)
Maule	53.666	169.708
Biobío	62.399	213.428
La Araucanía	34.183	435.415
Los Ríos	42.905	592.373
Los Lagos	268.078	3.551.324
Total	461.231	4.962.248

Tabla 29. Emisiones anuales de bosques nativos que permanecen como tal por región.

iii. Emisión de no CO₂ por incendios forestales⁵³

Las emisiones anuales de gases no-CO₂ de incendios forestales son aproximadamente 0,1 millón tCO₂e, como lo muestra en la Tabla 30. Esta cifra es aparentemente pequeña porque solo considera emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), una vez 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.

Degradación por Incendios (Gases no-CO ₂)		
Región	Región	Región
Maule	599	4.582
Biobío	1.237	17.843
La Araucanía	2.116	58.616
Los Ríos	151	6.085
Los Lagos	782	23.977
Total	4.884	111.103

Tabla 30. Emisiones de Gases No-CO₂ por Región.



⁵³ La herramienta utilizada para la estimación de emisiones por incendios forestales está disponible en: <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/57-Herramienta-Incendios/file>



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

La distribución anual de los datos de incendios (Figura 13) permite identificar el fuerte impacto producido en el año 2002, muy por encima del resto de años del periodo de referencia.

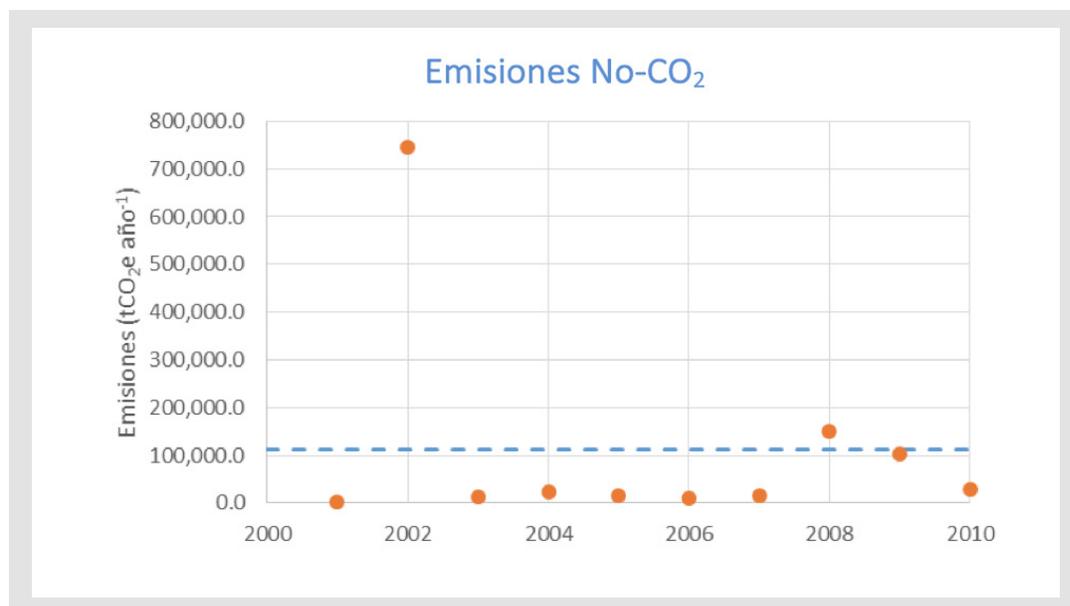


Figura 13. Emisiones por gases no-CO₂ representadas por año.

c. Aumento de Existencias de Carbono Forestal

Se considera 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 y Matorral Arborescente (según Catastro). Las diferentes fuentes se suman para integrar el NRF de Aumento de existencias de carbono forestal, equivalente a 10,0 millones de tCO₂e año⁻¹ (Tabla 31).

Región	Otras tierras a bosques	Bosques que permanecen bosques	Total
	ton CO ₂ e año ⁻¹	ton CO ₂ e año ⁻¹	ton CO ₂ e año ⁻¹
Maule	-391.180	-790.982	-1.182.162
Biobío	-202.770	-1.079.374	-1.282.143
La Araucanía	-189.330	-1.328.564	-1.517.894
Los Ríos	-53.356	-1.968.685	-2.022.041
Los Lagos Sur	-38.354	-3.953.636	-4.007.772
Los Lagos Norte	-15.782		
Total	-890.773	-9.121.239	-10.012.012

Tabla 31. Absorciones por Aumentos de existencias en el área del NRF subnacional de Chile.

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

i. Restitución e incremento de superficie forestal⁵⁴

Las absorciones anuales promedio por aumento de existencias a causa de otras tierras convertidas a bosques, y la transformación de Plantación Forestal a Bosque Nativo y Matorral Arborescente son aproximadamente 890 mil tCO₂año⁻¹ (Tabla 32).

Región	Área de Aumento (ha año ⁻¹)	Toneladas de CO ₂ e año ⁻¹
Maule	7.883	-391.180
Biobío	4.215	-202.770
Araucanía	3.028	-189.330
Los Ríos	912	-53.356
Los Lagos Sur	283	-15.782
Los Lagos Norte	698	-38.354
Total	17.020	-890.773

Tabla 32. Absorciones debido a la conversión de tierras no forestales a bosques en el área del NRF subnacional de Chile.

ii. Recuperación de bosques degradados⁵⁵

El promedio anual de absorción por el aumento de contenido de carbono en bosques que permanecen bosques es aproximadamente 9,1 millones t CO₂ año⁻¹, La mayoría de estas absorciones surgen de las regiones de Los Lagos y Los Ríos (Tabla 33).

Región	Área (ha)	Aborciones (tCO ₂ e año ⁻¹)
Maule	34.903	-790.982
Biobío	417.846	-1.079.374
Araucanía	118.176	-1.328.564
Los Ríos	17.468	-1.968.685
Los Lagos	89.276	-3.953.636
Total	677.669	-9.121.239

Tabla 33. Absorciones por bosques que se mantienen como tales en el área del NRF subnacional de Chile.



⁵⁴ La herramienta utilizada para la estimación de absorciones por restitución está disponible en el link: <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/54-Herramienta-Aumentos/file>

⁵⁵ La estimación de absorciones en bosque permanente se incluye en "Herramienta Bosque permanente".

d. Conservación forestal⁵⁶

El NREF/NRF de Conservación de existencias de carbono consistente en el flujo neto de absorciones y emisiones producidas en áreas de conservación resulta en un aproximadamente 2,4 millones de tCO₂e de absorción anual (Tabla 34).

Región	Área total (ha)	Flujo (tCO ₂ e año ⁻¹)
Maule	17.803	-14.780
Biobío	97.255	-72.359
La Araucanía	164.340	-334.741
Los Ríos	225.862	-710.081
Los Lagos	930.671	-1.298.478
Total	1.435.931	-2.430.439

Tabla 34. Conservación de existencias forestal de carbono NREF/NRF desglosado por región.

El total anual de emisiones en bosques que se mantienen como tal que ocurre dentro de áreas de conservación es aproximadamente 1,3 millón tCO₂e (Tabla 35).

Región	Área total (ha)	Flujo (tCO ₂ e año ⁻¹)
Maule	476	2.670
Biobío	4.099	11.090
La Araucanía	9.883	116.065
Los Ríos	14.702	187.292
Los Lagos	76.473	969.464
Total	105.633	1.286.581

Tabla 35. Emisión de bosques dentro de áreas de conservación por región.



⁵⁶ La estimación del Nivel de Referencia de Conservación forestal se incluye "Herramienta Bosque permanente".

La cantidad de absorciones anuales de GEI que ocurre dentro de estas áreas de conservación es superior a 3,7 millones de tCO₂e (Tabla 36).

Región	Área total (ha)	Flujo (tCO ₂ e año ⁻¹)
Maule	1.890	-17.450
Biobío	11.813	-83.448
La Araucanía	18.553	-450.806
Los Ríos	32.998	-897.373
Los Lagos	101.401	-2.267.942
Total	166.655	-3.717.019

Tabla 36. Absorción de carbono de los bosques dentro de las áreas de conservación por región.

e. NREF/NRF de bosque nativo subnacional de Chile⁵⁷

Según lo expresado anteriormente Chile presenta el NREF/NRF de bosque nativo y alcance subnacional para cuatro actividades REDD+ con emisiones anuales de 3,4 millones de tCO₂e por Deforestación, 9,1 millones de tCO₂e por Degradación y absorciones anuales de -2,4 millones de tCO₂e por Conservación de existencias y -10,0 millones de tCO₂e por Aumento de existencia de carbono forestal, como se muestra en la Tabla 37.

NREF/NRF					
Actividad REDD+	Deforestación	Degradación	Conservación	Aumentos	Total
Maule	84.982	608.976	-14.780	-1.182.162	-502.985
Biobío	396.645	1.209.890	-72.359	-1.282.143	252.033
La Araucanía	1.059.067	1.907.344	-334.741	-1.517.894	1.113.776
Los Ríos	644.696	1.373.080	-710.081	-2.022.041	-714.346
Los Lagos	1.267.494	4.050.103	-1.298.478	-4.007.772	11.348
Total	3.452.885	9.149.392	-2.430.439	-10.012.012	159.826

Tabla 37. NREF/NRF subnacional de Chile.



⁵⁷ La herramienta utilizada para estimar el NREF/NRF se encuentra disponible en: <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/66-total-frel-frl/file>

8. Cálculo de Incertidumbre⁵⁸

La incertidumbre constituye un elemento esencial en los NREF/NRF porque las estimaciones de emisiones y absorciones difieren del valor real subyacente. Algunas causas de incertidumbre como errores de muestreo, exactitud de los instrumentos, y varianza estadística de los modelos son bien definidas y relativamente fáciles de caracterizar para la inclusión en la cuantificación de incertidumbre. Otras causas, tales como el sesgo, son más complicadas.

a. Datos de actividad

i. Cambios de uso o sub-uso de la tierra⁵⁹

Las actividades y sub-actividades REDD+ bajo esta categoría son:

- Deforestación
- Degradación por sustitución
- Aumentos de carbono forestal y transiciones de no-bosque a bosque

Los datos de actividad para cambios de uso de la tierra son derivados del Catastro. En el proceso de mapeo y elaboración de la cartografía digital, se genera una capa actualizada del Catastro. La generación de la cartografía de actualización utiliza Spot 6 y 7 con resolución de 5 metros, imágenes Landsat 8 sensor OLI con resolución de 30 metros, y en Los Lagos imágenes de RapidEye con resolución de 10 metros.

Posteriormente, el equipo ejecutor procede a verificar en terreno si la fotointerpretación es correcta. Existe una verificación en terreno del 30% de polígonos de todos los usos del suelo de la tierra para cada actualización. Del 30% verificado, el 90% se utiliza para verificar principalmente las superficies de bosque nativo que se ubican en polígonos de cambios y polígonos extrapolados o corregidos del catastro original. El restante 10% del 30% se utiliza para verificar la calidad de la interpretación visual de los otros usos de la tierra. A partir de esta verificación se corrige la extrapolación de la cartografía final, y se reconstruyen los mapas finales. La validación de la cartografía final de la actualización del catastro se realiza post-proceso mediante una matriz de confusión (el 3% de los polígonos finales de la cartografía).

Los errores relacionados con el uso y sub-uso según la caracterización de Catastro, son calculados siguiendo las de buenas prácticas para estimación de la precisión de cambio de uso descritas en Olofsson *et al.*, (2014)⁶⁰. Para emplear este enfoque, las clases de cambio de uso fueron validadas



⁵⁸ La herramienta utilizada para estimar la incertidumbre se encuentra en: <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/59-Herramienta-Incertidumbre/file>

⁵⁹ Las matrices de confusión de los mapas de cambio de uso de la tierra se encuentran disponibles en: <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/61-Anexo-Incertidumbre-mapas-de-cambio/file>

usando Collect Earth⁶¹, validando mediante esta herramienta online las categorías de un total de 4.519 polígonos que representan una superficie total de 92.676 ha. La Tabla 38 muestra la distribución del número de polígonos y área utilizada para la validación por periodo y región considerados en el nivel de referencia.

Región	Periodo 1		Periodo 2	
	# of polígonos	ha	# of polígonos	ha
Maule	475	7.221	425	6.061
Biobío	450	3.260	400	3.531
La Araucanía	450	11.148	359	9.602
Los Ríos	425	5.922	360	9.319
Los Lagos Norte	425	11.960	350	12.549
Los Lagos Sur	400	12.102	n.a.*	n.a.*

* Solamente se dispone de información del periodo 1997-2013 para Los Lagos Sur.

Tabla 38. Número de polígonos y área mapeada por región y periodo utilizando Collect Earth.

Producto de esta validación, se crearon matrices de confusión de cambios de uso por periodo y región para el periodo de referencia, y se estimó el intervalo de confianza al 95% para cada categoría de cambio de uso. Posteriormente el error fue estimado por clase y se incluye in el cálculo de propagación de la incertidumbre por sub-actividad y actividad

Región	Región / Periodo	Maule	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos Norte	Los Lagos Sur
Deforestación	Periodo 1	32,49%	46,52%	2,81%	11,67%	4,99%	8,08%
	Periodo 2	70,06%	132,59%	3,78%	119,21%	26,81%	N/A
Sustitución	Periodo 1	4,79%	4,48%	7,77%	9,85%	5,87%	3,38%
	Periodo 2	5,40%	42,01%	69,91%	8,04%	2,23%	N/A
Restitución	Periodo 1	6,56%	6,15%	3,55%	57,52%	4,81%	N/A
	Periodo 2	409,55%	5,18%	6,26%	59,88%	N/A	N/A
Incremento de bosques	Periodo 1	8,06%	130,61%	13,38%	54,58%	5,59%	87,70%
	Periodo 2	24,49%	219,62%	2,49%	67,25%	588,47%	N/A
Bosque permanente	Periodo 1	2,74%	6,56%	1,14%	0,49%	1,13%	0,31%
	Periodo 2	6,56%	2,01%	0,95%	1,61%	1,61%	N/A
Otros usos permanentes	Periodo 1	0,59%	2,91%	0,57%	0,66%	1,02%	0,55%
	Periodo 2	1,90%	1,12%	0,43%	1,59%	0,87%	N/A

Tabla 39. Incertidumbre por tipo de cambio, periodo y región.



⁶⁰ 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.

⁶¹ Más información en: <http://www.openforis.org/tools/collect-earth.html>



ii. Bosque permanente

Existen cuatro fuentes de error que afectan a los datos de actividad estimados en bosque permanente: 1) error procedente del mapeo de bosque permanente de Catastro, 2) error relacionado con el desempeño radiométrico y geométrica de las imágenes satelitales utilizadas, 3) error procedente de la interpolación del área basal utilizado para la aplicación del algoritmo K-nn, y 4) error del mapeo de degradación en el área del programa de reducción de emisiones.

Mapeo de bosque permanente a través de Catastro

Las fuentes de este error se discutieron en la sección anterior detallando el proceso de validación de cambios de uso mediante Collect Earth. Es importante destacar que una de las clases validadas es la de bosque permanente, utilizada como máscara para la ejecución del K-nn. El error en bosque permanente se calculó utilizando la metodología de Olofsson *et al.*, (2014) siendo los resultados diferentes por región y periodo según (Tabla 40).

Región	Región / Periodo	Maule	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos Norte	Los Lagos Sur
Bosque Permanente	Periodo 1	2,74%	6,56%	1,14%	0,49%	1,13%	0,31%
	Periodo 2	6,56%	2,01%	0,95%	1,61%	1,61%	N/A

Tabla 40. Estimación de la incertidumbre de bosque permanente por región y periodo

Error de desempeño radiométrico y geométrico de las imágenes satelitales

Para la estimación de la incertidumbre relacionado con el desempeño geométrica de los equipamientos satelitales utilizados, se utilizaron las publicaciones científicas de Storey (2008⁶², 2014⁶³) resumidas en la Tabla 41.

Evaluación por tipo de desempeño	Precisión	Evaluación por tipo de desempeño	Precisión
Co-registro de bandas Absoluto Geodésica	3,00	4,1 (todas las bandas)	LE90
		3,4 (Sin la banda cirrus)	
Relativo Geodésica	45-190	0,18	CE90
Co-registro de imágenes	17,00		CE90
Geometría con corrección de terreno	10,50	6,60	LE90
Co-registro de bandas	15*	7-13	CE90

* Basada en todas las bandas, incluyendo cirrus. La precisión de la banda 9 es 3.4m

Tabla 41. Desempeño geométrica de Landsat 7 (Storey *et al.*, 2008) y Landsat 8 OLI (Storey *et al.*, 2014).



⁶² Storey *et al.*, 2008. J. Storey, K. Lee, M. Choate. Geometric performance comparison between the OLI and the ETM+. Proceedings of the PECORA 17 Conference (2008, November 18-20). 8pp

⁶³ Storey, J.; Choate, M.; Lee, K. Landsat 8 Operational Land Imager On-Orbit Geometric Calibration and Performance. Remote Sensing. 2014, Vol. 6, Núm. 11, pp 11127-11152.

En relación con la tabla anterior, el co-registro de bandas corresponde a la de ajuste o calce que se produce entre las diferentes bandas espectrales que forman una imagen, en otras palabras, lo bien que los datos registrados en las diferentes bandas se relacionan con cualquier observación de la misma escena. La precisión absoluta geodésica permite la determinación de la posición de los datos, derivada de los datos corregidos de manera sistemática y sin el uso de puntos de control; basado en posición, efeméride, y (cuando estén disponibles) datos de la plataforma GPS. La precisión de co-registro de la imagen compara la posición de los píxeles específicos para las capturas de dos o más fechas en la misma zona; por lo tanto, es relevante a la hora de hacer los estudios basados en series multi-temporales en que no se requiere una gran precisión absoluta. Finalmente, se obtiene la precisión geométrica con la corrección de campo para la corrección sistemática de los equipos, la cual utiliza puntos de control en el campo y, además, incorpora el uso de un modelo de elevación digital para corregir las variaciones en la escala de una escena.

En general, las representaciones geométricas reales de Landsat 7 y 8 para bandas pasivas exceden significativamente sus especificaciones técnicas de error circular y lineal, con intervalos de confianza del 90% (USGS, 1998⁶⁴. USDOJ, 2016⁶⁵).

Desempeño Radiométrico

El rendimiento radiométrico de las imágenes para la clasificación o cálculo de índices se puede hacer con aproximaciones absolutas o relativas. Las aproximaciones absolutas, a partir de modelos físicos de transferencia radiativa requieren una cantidad significativa de parámetros de entrada; que no siempre están disponibles. Por otro lado, las calibraciones relativas demuestran gran utilidad cuando no es necesario obtener los valores de naturaleza física sostenidos en el tiempo.

En términos de calibración absoluta, de acuerdo con estudios realizados en condiciones óptimas con el equipo de las plataformas Landsat 7 y Landsat 8, se puede ver que la calibración de los dos sensores en función de la radiancia registrada, es de aproximadamente 3 por ciento (Mishra *et al.*, 2014⁶⁶. Flood, 2014⁶⁷), con patrones similares para los valores de reflectancia TOA (Top of Atmosphere); con las mayores desviaciones presentes en la banda del infrarrojo cercano. Esto se encuentra dentro de los valores de umbral de incertidumbre para valores de radiancia establecidos para OLI, indicativo de una buena calibración, y también de una buena compatibilidad radiométrica entre las bandas espectrales de los dos sensores (Mishra *et al.*, 2014). Flood (2014) señala que algunas de las diferencias encontradas parecen ser sistemáticas, por lo que puede ser corregida.

De manera similar, las comparaciones de rendimiento absoluto hechas por Chander *et al.* (2003)⁶⁸ para Landsat 5 y Landsat 7 encontraron diferencias en el comportamiento radiométrico inferiores al 5% (USGS, 1998) con respecto mediante pre-cálculos de tablas de calibración. Se encuentran



⁶⁴ USGS, 1998. Landsat 7 Data Science Users Handbook. Revised edition. 207pp. descargado Julio 01, 2016 desde: https://landsat.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/2016/08/Landsat7_Handbook.pdf

⁶⁵ USDOJ, USGS, 2016. LSDS-174 Landsat 8 (L8) Data Users Handbook v2.0. Marzo 29, 2016. 98pp. descargado Julio 01, 2016 desde: <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>

⁶⁶ Mishra, N.; Haque, M.O.; Leigh, L.; Aaron, D.; Helder, D.; Markham, B. Radiometric Cross Calibration of Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). *Remote Sens.* 2014, 6, pp 12619–12638

⁶⁷ 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

⁶⁸ Chander, G.; Markham, B.; Micijevic, E.; Teillet, P.; Helder, D. Improvement in absolute calibration accuracy of Landsat-5 TM with Landsat-7 ETM+ data. *Proc. SPIE 5882. Earth Observing Systems X, 588209* (September 07, 2005). doi:10.1117/12.620136



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

grados acuerdo del 96% para las bandas ópticas y alrededor de 94% para las bandas del infrarrojo de onda corta. Por otra parte, en un análisis de los equipos digitales de TM y ETM+, Vogelmann (2001)⁶⁹ encontró un alto grado de similitud, lo que implica la posibilidad de monitoreo basado en estas fuentes.

En cuanto a los métodos de calibración relativos tales como los utilizados en este estudio, Hu *et al.* (2011)⁷⁰ encontraron que los métodos como la detección de alteraciones multi-variante pueden dar resultados de mayor calidad que los métodos absolutos. Esto evitaría la necesidad de la corrección atmosférica de imágenes. Por otro lado, los métodos más elementales pueden normalmente ofrecer resultados con errores cuadráticos medios en términos de cuentas digitales, cuyos valores oscilan entre 7 y 15 (Yang y Lo, 2000⁷¹).

Para evaluar el desempeño de las correcciones radiométricas relativas realizadas en las imágenes utilizadas en este estudio, se utilizaron escenas de referencia ubicadas en la región de la Araucanía. Con este fin, el equipo con la designación P232R87 fue utilizado por la serie de satelital Landsat. Las escenas utilizadas correspondían con el siguiente par:

Identificador	Plataforma	Sensor	Fecha de captura
LE72320872001342EDC01	Landsat 7	ETM+	08-12-2001
LT52320872009004COA01	Landsat 5	TM	04-01-2009

Si bien estas imágenes pertenecen a dos sensores diferentes, fueron llevadas a un marco común. Esto se llevó a cabo a través de un cálculo de sus valores de radiancia, calibrados entre sí mediante la técnica de equalización de histograma.

Para determinar el rendimiento de la corrección, se seleccionó un área de cerca de un millón y medio de hectáreas de la zona montañosa y pies de montaña con alta presencia de bosques nativos, así como zonas sin vegetación y con menor representación plantaciones forestales, cultivos agrícolas y la zona de pastos. Para esta muestra, se calcularon las diferencias entre la imagen de referencia y la imagen ajustada (tiempos t0 y t1) a nivel de cada banda. Luego de esto, se calculó el error cuadrático medio como se muestra en la siguiente ecuación:

$$RMSE_b = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (EA'_b - ER_b)^2}$$

Ec. 25



⁶⁹ Vogelmann, J.; Helder, D.; Morfitt, R.; Choate, M.; Merchant, J.; Bulley, H. Effects of Landsat 5 Thematic Mapper and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus radiometric and geometric calibrations and corrections on landscape characterization, Remote Sensing of Environment, Vol. 78, Núm. 1-2, October 2001, pp 55-70

⁷⁰ Hu, Y.; Liu, L.; Liu, L.; Jiao, Q. Comparison of absolute and relative radiometric normalization use Landsat time series images. Proc. SPIE 8006. MIPPR 2011: Remote Sensing Image Processing, Geographic Information Systems, and Other Applications. 800616 (November 23, 2011); doi:10.1117/12.902076

⁷¹ Yang, X., Lo, C.P. Relative Radiometric Normalization Performance for Change Detection from Multi-Date Satellite Images, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 66, Núm. 8, Agosto 2000, pp 967-980

Dónde

$RMSE_b$ = Error cuadrático medio de la banda b

EA'_b = Valor del pixel ajustado de la banda b

ER_b = Valor del pixel de referencia de la banda b

n = número de píxeles de la muestra

Los resultados obtenidos de este ejercicio se muestran en la Tabla 42, donde los valores del error cuadrático medio oscilan entre 1.27 y 8.39 $W * m^{-2} * sr^{-1} * \mu m^{-1}$, con un error cuadrático medio en términos de porcentaje de 16.37%.

Banda	Rango espectral	Suma de los cuadrados	Número de píxeles	Error cuadrático Medio ($W * m^{-2} * sr^{-1} * \mu m^{-1}$)	Error cuadrático Medio (%)
1	Azul	1.231.313.084	17.477.169	8,39	16,23
2	Verde	1.189.376.347	17.477.169	8,25	18,44
3	Rojo	1.002.400.029	17.477.169	7,57	20,66
	Infrarrojo cercano	1.179.447.720	17.477.169	8,21	13,43
5	Infrarrojo de onda corta	28.248.691	17.477.169	1,27	13,09
Error Promedio:				6,74	16,37

Tabla 42. Desempeño radiométrico basado en imágenes de referencia utilizadas en el estudio.

A partir de esto, y suponiendo un sesgo de 0,0, se calculó el intervalo de confianza del 95%, y la incertidumbre del error radiométrico como porcentaje de la media estimada en 0,05%. El valor del error cuadrático medio (RMSE) es calculado en base a:

$$\sigma_{y_{est}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1,k} (y_{est} - y)^2}{k}}$$

Ec. 26

Con un sesgo de acuerdo a:

$$e_{y_{est}} = \frac{\sum_{i=1,k} (y_{est} - y)}{k}$$

Ec. 27



En este caso concreto, el error de estimación típica para todo el territorio alcanza un error al cuadrático medio de 13,7 m² con una precisión de 3,64 m² para un promedio observado de 29,0 m². Sobre la base de estos valores, el intervalo de confianza al 95% se calculó a $\pm 0,48$ m², y la incertidumbre como porcentaje de la media estimada en 1,6%.

Mapeo de degradación en el área del programa de reducción de emisiones

La validación de los polígonos que aparecen como degradados en el análisis de degradación fue realizada mediante la selección de 612 puntos y la verificación de signos de degradación en imágenes multitemporales de Google Earth (Figura 14). Este análisis resulta en un coeficiente Kappa Cohen de 0.58, y como resultado una incertidumbre del 42%.



Figura 14. Imagen de Google Earth utilizada para validación del mapeo de degradación.

Superficie de incendios forestales

La superficie de incendios forestales es reportada por las brigadas de combate de incendios de terreno de CONAF. La incertidumbre de la superficie impactada por incendios forestales, del 15%, procede de las bases de datos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

b. Factores de emisión

Esta sección no se divide entre cambios de uso de la tierra y bosques que permanecen bosques porque todos los factores de emisión son derivados de 3 fuentes principales:

- Inventario Forestal Continuo de INFOR
- Inventario de Biomasa de la CONAF
- Factores por defecto del IPCC (2006)

Todas las fuentes de incertidumbre relacionadas a los factores de emisión de las diferentes actividades REDD+ pueden ser encontrados en "Herramienta_incertidumbre"⁷².

Errores en contenido de carbono

La incertidumbre de la biomasa aérea en bosques nativos se debe a errores de medición de campo, errores en las funciones para el cálculo de volumen individual de especies de árboles, error en el factor de expansión de la biomasa, y el error en el valor de densidad básica de la madera de los bosques nativos:

Incertidumbre debido a mediciones de campo del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Sobre la base de una muestra de control de las mediciones de DAP, que consiste en 30 árboles cada uno con 10 mediciones, se calculó el error estándar de la estimación (SEE) de acuerdo con la siguiente ecuación (Berger *et al.* 2014⁷³):

$$SEE = \frac{1}{n-1} \sqrt{([Dif_1] - [Dif_1])^2}$$

Ec. 28

Dónde

SEE = Error estándar de la estimación

Dif₁ = Promedio de la diferencia entre el DAP observado y el DAP medido

De acuerdo con este modelo, el SEE utiliza una regresión no lineal basada en diferentes valores de clase mediante la siguiente ecuación:

$$\widehat{SEE} = \beta_1 + \beta_2 [1 - e^{(\beta_3 DAP)}]$$

Ec. 28

Dónde

$$\beta_1 : -0.02 \quad \beta_2 : 0.077 \quad \beta_3 : -0.066$$



⁷² <http://www.enccrv-chile.cl/descargas/nivel-de-referencia/59-Herramienta-Incertidumbre/file>

⁷³ Berger, A., Gschwantner, T., McRoberts, R.E. and Schadauer, K., 2014. Effects of measurement errors on individual tree stem volume estimates for the Austrian National Forest Inventory. *Forest Science*, 60(1), pp.14-24.



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

DBH(cm)	SEE (cm)
<= 10	0,012164
12	0,015644
16	0,021366
20	0,025760
24	0,029135
28	0,031727
32	0,033717
36	0,035246
40	0,036420
44	0,037321
48	0,038014
>= 52	0,038545

Tabla 43. SEE basado en mediciones de error corregida por $\sqrt{2}$.

Teniendo en cuenta todos los arboles medidos en el inventario, la estimación del peso de SEE por la densidad de medición de DAP es 0.03384 cm, con una media de DAP 32.8 cm (Tabla 44).

DAP	Densidad (arb/ha)	DAP	Densidad (arb/ha)
10	326	58	27
13	237	61	26
16	183	64	25
19	154	67	26
22	134	70	24
25	75	73	25
28	44	76	24
31	39	79	24
34	35	82	22
37	33	85	25
40	32	88	24
43	31	91	24
46	28	94	24
49	29	97	24
52	28	100	27
55	26		

Tabla 44. Relación entre DAP y número de árboles. Relación entre DAP y número de árboles

Por lo tanto, teniendo en cuenta el error estándar de la estimación ponderada, el DAP promedio, el tamaño de la muestra de 300, el porcentaje de incertidumbre debido a las mediciones de DAP es de 0,20%.

Función volumétrica para la estimación de la biomasa (excluye factor de área basal)

Los errores estándar de la estimación (S_{yx}) de las ecuaciones volumétricas de árboles individuales se tomaron de la base de datos del Inventario Forestal Continuo de Infor. La incertidumbre asociada con el uso de las ecuaciones volumétricas se estima en este inventario. Para el cálculo de esta incertidumbre, se realiza el procedimiento identificado en la Figura 15.

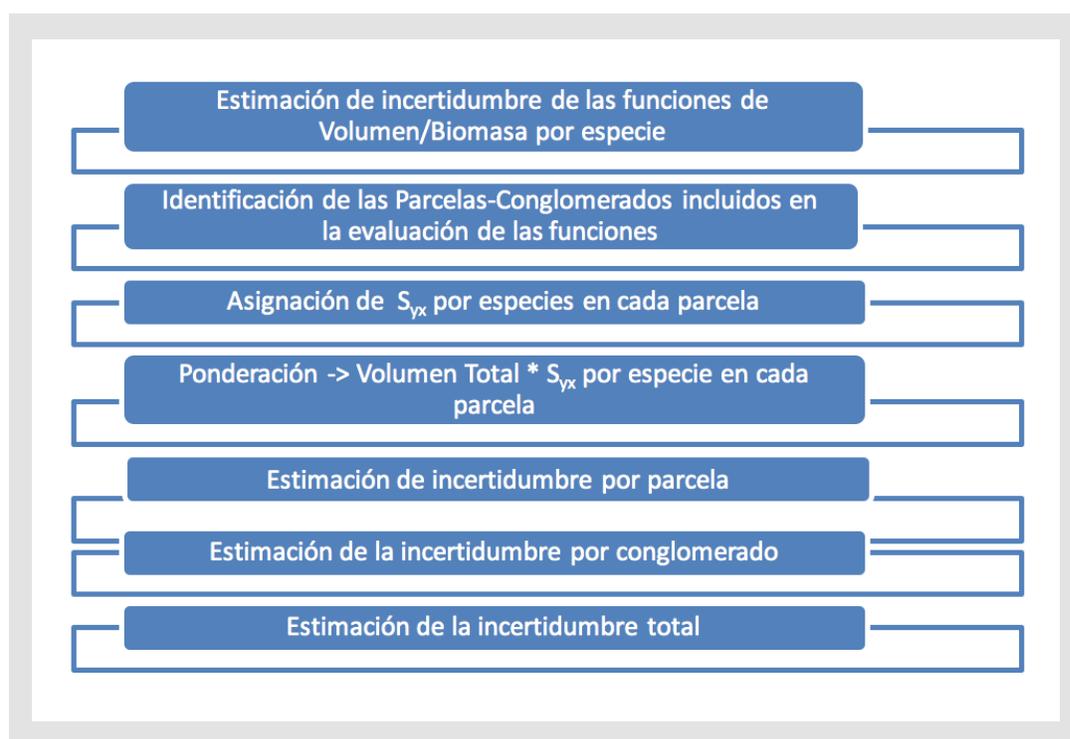


Figura 15. Procedimiento para estimar la incertidumbre producto de la aplicación de funciones volumétricas



La incertidumbre por hectárea y por el árbol se describe en la Tabla 45.

Número de árboles	6,96
Número de especies	52,00
Clúster usados	244,00
Desviación estándar (m3/arboles)	0,01
Desviación estándar (m3/ha)	3,90
Media (m3/arboles)	0,31
Media (m3/ha)	122,27

Tabla 45. Variables en la estimación e incertidumbre relativa al uso funciones volumétricas

Teniendo en cuenta los datos presentados en la tabla anterior la incertidumbre estimada (en el intervalo de confianza del 95%) para la estimación de los volúmenes de árbol es 0,07%.

Factor de expansión de bosque nativo

El factor de expansión de bosque nativo que amplía el volumen comercializable a un total de volumen de la biomasa aérea, se estimó sobre la base de Gayoso (2002)⁷⁴. La incertidumbre para el factor de expansión de bosque nativo es 18% y se calculó de la base de datos estadísticos del Inventario de biomasa de CONAF.

Densidad básica de las especies nativas

El error de la estimación de densidad básica de las especies nativas es 5,6%. Se calcula utilizando los datos de densidad básica de la madera, compilados para las especies que crecen en Chile.

Ratio raíz (factor R) para bosque nativo

El error de esta proporción es del 40% y se calculó de la base de datos estadísticos del Inventario de Biomasa de CONAF a cargo de la Universidad Austral de Chile. El factor R es el resultado del diseño de muestreo del inventario Biomasa de CONAF. El muestreo se realizó proporcional al área de superficie de cada estrato con una distribución al azar de las parcelas de medición de 500 m². El estrato utilizado fue subpoblación de tipo forestal y sub-tipo y la estructura de los bosques en cada región. El cálculo de error incluye las variaciones del estrato en la biomasa y el carbono, la prueba t de Student para obtener un 90% de certeza estadística y, como denominador, el número de parcelas por estrato.



⁷⁴ 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.

Necromasa

Los errores detectados necromasa surgen como resultado de las diferencias en las medias de muestreo (es decir, error de muestreo) de inventario continuo de Infor. Estos promedios son estimadores de muestreo insesgado de varianza de la población. El muestreo estratificado no se llevó a cabo con el fin de obtener predicciones según las regiones.

Biomasa de matorral arborescente

La Incertidumbre asociada con la biomasa aérea de matorral arborescente, pastizales, matorral-pastizal, matorral, matorral con Suculentas, Suculentas, y la plantación de arbustos, así como su relación raíz-brote, fue el resultado de un error de muestreo aleatorio (Gayoso 2006)⁷⁵.

Función volumétrica para la estimación de biomasa en bosque permanente (incluye factor de área basal)

Para los análisis de la incertidumbre de la estimación de biomasa en bosque permanente, los errores descritos anteriormente a partir de mediciones de campo, factor de expansión y la densidad básica de la madera están incluidos, así como el error de la función volumétrica $Vol = AExp(B * Basal Area)$. La estimación del error de estas funciones volumétricas utiliza los siguientes parámetros describe en la Tabla 46.

Parámetro	Valor
N	417
A	2,91
B	1,24
Desviación estandar estimada (m3/ha)	111,69
Media (Vol/ha)	320,52

Tabla 46. Parámetros utilizados para estimar el error de las funciones volumétricas

Sobre la base de estos parámetros, fue calculado el intervalo de confianza del 95% en $\pm 218,91$ m³/ha, y la incertidumbre como porcentaje de la media estimada en el 68,3%.



⁷⁵ Gayoso, J. 2006. INVENTARIO DE CARBONO EN PRADERAS Y MATORRALES PARA EL ESTUDIO DE LINEA DE BASE. PROYECTO SIF Sociedad Inversora Forestal S.A. REGIONES VII Y VIII

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

Ítem	Error (%)	Fuente
Diámetro a la altura del pecho	0,20	Inventario Forestal Continuo INFOR
Ecuaciones volumétricas	0,07	Inventario Forestal Continuo INFOR
Factor de expansión de la biomasa	18,00	Inventario de biomasa CONFA
Densidad básica para especies nativas	5,60	Inventario Forestal Continuo INFOR
Ratio Raíz-planta para especies nativas	40,00	Inventario de biomasa CONFA
Materia orgánica muerta (biomasa muerte en pie)	28,00	Error estimado en las parcelas permanentes del Inventario Forestal Continuo INFOR.
Materia orgánica muerta (Residuos en el suelo)	24,00	Error estimado en las parcelas permanentes del Inventario Forestal Continuo INFOR.
Biomasa aérea matorral arborescente	22,42	Gayoso, J. 2006. INVENTARIO DE CARBONO EN PRADERAS Y MATORRALES PARA EL ESTUDIO DE LINEA DE BASE PROYECTO SIF Sociedad Inversora Forestal S.A. REGIONES VII Y VIII. Universidad Sudaustral.
Ratio Raíz-planta para matorral arborescente	48,27	Gayoso, J. 2006.
Biomasa aérea de tierras agrícolas	75,00	INGEI
Biomasa aérea de pastizales	27,70	Gayoso, J. 2006.
Biomasa aérea de matorral-pradera	34,60	Gayoso, J. 2006.
Biomasa aérea de matorral	34,60	Gayoso, J. 2006.
Biomasa aérea de matorral con suculentas	34,60	Gayoso, J. 2006.
Biomasa aérea de suculentas	27,70	Gayoso, J. 2006.
Plantaciones arbustivas	34,60	Gayoso, J. 2006.
Áreas urbanas e industriales	95,00	INGEI
Plantaciones	8,00	INGEI
Área basal estimada	1,60	Calculo basado en un área basal promedio de (29.0 m2) y un error de estimación (13.7 m2).
Funciones volumétricas para estimación de biomasa	0,10	Inventario Forestal Continuo INFOR
Funciones volumétricas de biomasa en bosque permanente (basada en área basal)	68,30	Inventario Forestal Continuo INFOR
Factor de combustión, Regiones	36,00	Error pronosticado utilizando la desviación estándar y promedio por defecto de los factores de combustión de GL-2006.
Factor de emisión CH4	29,00	Error pronosticado utilizando la desviación estándar y promedio por defecto de los factores de emisión IPCC (2006).

Tabla 47. Fuentes de incertidumbre relacionada con los factores de emisión.

8. Cálculo de Incertidumbre

Ítem	Error (%)	Fuente
Factor de emisión N2O	43,80	Error pronosticado utilizando la desviación estándar y promedio por defecto de los factores de emisión IPCC (2006).
Incremento promedio anual Alerce renoval	58,47	Por falta de datos específicos se asume el error de IPA más alto de forma conservadora.
Incremento promedio anual Alerce adulto	50,47	Por falta de datos específicos se asume el error de IPA más alto de forma conservadora
Incremento promedio anual Ciprés de la Guaitecas renoval	12,02	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Ciprés de la Guaitecas adulto	50,47	Por falta de datos específicos se asume el error de IPA más alto de forma conservadora
Incremento promedio anual Araucaria renoval	58,47	Por falta de datos específicos se asume el error de IPA más alto de forma conservadora
Incremento promedio anual Araucaria adulto	50,47	Por falta de datos específicos se asume el error de IPA más alto de forma conservadora
Incremento promedio anual Ciprés de la cordillera renoval	9,97	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Ciprés de la cordillera adulto	15,83	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Lengua renoval	58,47	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Lengua adulto	50,18	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Coihue de Magallanes renoval	7,68	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Coihue de Magallanes adulto	13,42	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Roble Hualo renoval	10,19	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Roble Hualo adulto	20,58	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Roble raulí coihue renoval	11,60	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Roble raulí coihue adulto	28,75	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Coihue raulí tepa renoval	9,19	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Coihue raulí tepa adulto	20,51	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Esclerófilo renoval	21,31	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Esclerófilo adulto	32,49	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Siempreverde renoval	11,50	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Siempreverde adulto	21,91	Inventario Forestal Continuo INFOR
Incremento promedio anual Matorral arborescente	11,13	Gayoso (2006)
Incremento promedio anual Bosque Mixto	27,57	Se asume el promedio de todos los tipos forestales por la falta de datos específicos

c. Cuantificación de la incertidumbre en el ajuste del nivel de referencia

i. Estimación de la incertidumbre

Las incertidumbres de los NREF/NRF de deforestación, degradación, y aumentos de contenido de carbono fueron estimadas según el método de propagación de errores descrito en la ecuación 3.1 y 3.2 del IPCC (2006) (Ecuación 30 y 31 respectivamente).

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Ec. 30 (Ec. 3.1 IPCC, 2006)

Dónde

U_{total} = porcentaje de incertidumbre del producto de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95 por ciento, dividido por el total y expresado como porcentaje);

U_i = porcentaje de incertidumbre asociado con cada una de las cantidades.

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 + \dots + (U_n * x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Ec. 31 (Ec. 3.2 IPCC, 2006)

Dónde

U_{total} = porcentaje de incertidumbre de la suma de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95 por ciento, dividido por el total (es decir, la media) y expresado como porcentaje). El término «incertidumbre» se basa en el intervalo de confianza del 95 por ciento

x_i y U_i = incertidumbre absoluta y porcentaje de incertidumbres asociado, respectivamente

La propagación de errores sin ponderación (ecuación 30) fue utilizada cuando los parámetros eran directamente multiplicados para estimar el resultado final (por ejemplo: para estimación de emisiones por deforestación se realiza una multiplicación directa de pérdida de bosque por el factor de emisión resultante de este cambio de uso y cobertura del suelo). Mientras la propagación de errores ponderada fue utilizada cuando los parámetros eran sumados para estimar el resultado final (por ejemplo: remociones por aumentos de carbono forestal resultado de la suma directa de los aumentos por conversión de no-bosque a bosque, y aumentos en bosques que permanecen como tales).

Se utilizó este método porque la incertidumbre en las emisiones y absorciones reportadas en el NREF/NRF de Chile pueden ser propagadas en base a las incertidumbres en los datos de actividad y factores emisión. Más allá, los rangos relativos de la incertidumbre de estos parámetros permanecen estables durante el periodo histórico de referencia, y se espera lo mismo durante el periodo de desempeño.

Se estimó la incertidumbre para cada fuente o sumidero de emisiones considerada en los NREF/NRF por actividad REDD+ individualmente, y la propagación de errores a través de diferentes actividades para una integración final de la incertidumbre total.

Deforestación

El primer paso de la propagación de errores por deforestación fue la estimación de incertidumbre de contenido de carbono para los diferentes sumideros de bosque nativo, bosque mixto, (biomasa aérea, biomasa subterránea, y necromasa en pie y materia orgánica muerta) y matorral arborescente (biomasa aérea, biomasa subterránea). El total de incertidumbre de los factores de emisión para cada región fue calculado ponderando en primer lugar la incertidumbre de cada reservorio.

Componentes	Error (%)	Fuente
Biomasa aérea para bosque nativo y bosque mixto	18.90	Error de medición, error de ecuación volumétrica, Factor de expansión de error, y error básico densidad de la madera
Biomasa aérea para bosque nativo y bosque mixto	44.20	Error de medición, error de ecuación volumétrica, Factor de expansión de error, y error básico densidad de la madera
Materia orgánica muerta (en pie)	28.40	Error estimado en parcelas del Inventario Forestal Continuo INFOR
Materia orgánica muerta (litter)	24.20	Error estimado en parcelas del Inventario Forestal Continuo INFOR
Matorral arborescente	34.00	Gayoso (2006)
Ratio raíz-planta para matorral arborescente	48.27	Gayoso (2006)

Tabla 48. Incertidumbre de factores de emisión de deforestación.



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

La incertidumbre total de los factores de emisión, de cada región, fueron calculados utilizando la ecuación 2, ponderando las toneladas de carbono por hectárea en cada reservorio y región.

Bosque Nativo y Mixto por Región	Error (%)
Maule	16,9
BioBio	16,8
La Araucanía	15,7
Los Ríos	14,4
Los Lagos	15,0

Tabla 49. Incertidumbre de factores de emisión de Deforestación para bosque nativo y bosque mixto por región.

Matorral Arborescente por Región	Error (%)
Maule	32,7
Biobío	31,3
La Araucanía	24,7
Los Ríos	19,2
Los Lagos	22,3
Matorral arborescente	32,7

Tabla 50. Incertidumbre de factores de emisión por región

Para los datos de actividad, se analizaron las matrices de confusión generadas utilizando Collect Earth siguiendo las buenas prácticas de definidas por Olofsson et al. (2014), y la estimación de incertidumbre al 95% para la clase de cambio de deforestación para cada periodo según se refleja en la siguiente tabla.

Región	Error (%)
Maule periodo 1: Deforestación	32,5
Maule periodo 2: Deforestación	70,1
Biobío periodo 1: Deforestación	46,5
Biobío periodo 2: Deforestación	132,6
Araucanía periodo 1: Deforestación	2,8
Araucanía periodo 2: Deforestación	3,8
Los Ríos periodo 1: Deforestación	11,7
Los Ríos periodo 2: Deforestación	119,2
Los Lagos Norte periodo 1: Deforestación	5,0
Los Lagos Norte periodo 2: Deforestación	26,8
Los Lagos Sur: Deforestación	8,1

Tabla 51. Incertidumbre de datos de actividad de deforestación por periodo.

La incertidumbre de los datos de actividad fue combinada para cada periodo obteniendo como resultado un valor de incertidumbre por región.

Región	Error (%)
Maule	43,9
Biobío	44,1
La Araucanía	2,6
Los Ríos	46,2
Los Lagos	5,7

Tabla 52. Incertidumbre de datos de actividad de deforestación por región

Utilizando el método no ponderado para combinar la incertidumbre de los factores de emisión por región con la incertidumbre de los datos de actividad por región, se estima la incertidumbre de las emisiones por región.

Región	Error (%)
Maule	57,3
Biobío	56,7
La Araucanía	29,3
Los Ríos	52,1
Los Lagos	27,5

Tabla 53. Incertidumbre por deforestación

Finalmente, la combinación de las incertidumbres para cada región se llevó a cabo mediante la ponderación de la incertidumbre de las emisiones regionales por las emisiones reales se produjeron en cada región, lo que resulta en una incertidumbre deforestación total de 22,2%.

Degradación Forestal

Las incertidumbres relativas a la degradación de los bosques fueron divididos por las incertidumbres de las siguientes sub-actividades: sustitución de bosques nativos por plantaciones, incendios forestales, y degradación en bosque permanente.

Degradación por sustitución

De manera similar a la deforestación, el primer paso es estimar la incertidumbre de la degradación por sustitución es mediante la estimación de la incertidumbre del factor de emisión por cada región mediante la ponderación de la contribución de cada depósito de carbono en la incertidumbre



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

factor de emisión. Se consideraron biomasa aérea, biomasa subterránea, y necromasa (de pie y acostado materia orgánica muerta) de bosques nativos y bosques mixtos de, mientras que para matorral arborescente, solamente biomasa sobre el suelo y la subterránea.

El siguiente paso es estimar la incertidumbre de los datos de actividad por región. Para esto, el enfoque descrito en Olofsson *et al.* (2014) se aplicó a la clase de cambio de uso del suelo sustitución de las matrices de confusión generado, dando los siguientes resultados.

Región	Error (%)
Maule	4,0
BioBio	8,7
La Araucanía	11,0
Los Ríos	8,5
Los Lagos	2,7

Tabla 54. Incertidumbre por región para los datos de actividad de sustitución

A partir de estos datos se obtiene la propagación de error no ponderada de factores de emisión y datos de actividad por región.

Región	Error (%)
Maule	37,0
BioBio	36,6
La Araucanía	31,2
Los Ríos	25,5
Los Lagos	27,0

Tabla 55. Incertidumbre de emisiones por sustitución por región.

Finalmente, la combinación de las incertidumbres para cada región se llevó a cabo mediante la ponderación de la incertidumbre de las emisiones regionales y las emisiones por de sustitución que se produjeron en cada región, lo que resulta en una **incertidumbre total de degradación por sustitución de 15,6%**.

Emisiones No-CO₂ de incendios forestales

Para incendios forestales, se estimó la incertidumbre de la masa disponible para la combustión, en base a la biomasa aérea y necromasa (de pie y acostado materia orgánica muerta) del bosque nativo. Como se mencionó anteriormente, las estimaciones regionales de biomasa son diferentes, por lo que también es necesario estimar la incertidumbre de la masa disponible para la combustión a nivel regional. Estas estimaciones se ponderan por la cantidad de biomasa en cada grupo considerado.

Región	Error (%)
Maule	17,9
BioBio	17,7
La Araucanía	16,2
Los Ríos	14,7
Los Lagos	15,5

Tabla 56. Incertidumbre de la masa disponible para combustión por región.

La incertidumbre de cada GEI liberado durante los incendios forestales (CH₄ y N₂O) se calcula mediante la propagación del error asociado con el factor de emisión de cada uno de estos gases de efecto invernadero y la ponderación de acuerdo a la cantidad de emisiones de CH₄ y N₂O (se supone que las emisiones de CO₂ son registradas según el algoritmo de k-nn, que no se discierne de la causa de la degradación, bajo la sub-actividad de degradación en bosque permanente).

Región	Error (%)
Maule	24,3
BioBio	24,3
La Araucanía	24,3
Los Ríos	24,3
Los Lagos	24,3

Tabla 57. Incertidumbre de emisiones GEI por incendios forestales y región.

Finalmente se combinó la incertidumbre la masa disponible para combustión por región y la incertidumbre de cada GEI liberado durante los incendios forestales para predecir la incertidumbre regional de los factores de combustión.

Región	Error (%)
Maule	46,9
BioBio	46,9
La Araucanía	46,3
Los Ríos	45,8
Los Lagos	46,1

Tabla 58. Incertidumbre de los factores de combustión por región.

La incertidumbre parcial estimada debida a los **incendios forestales fue de 27,4%**.

La superficie de bosques quemados reportados por la CONAF se expresa en forma de tabla sin ningún tipo de estimación de la incertidumbre asociada. Por lo tanto, la incertidumbre parcial de degradación debido a los incendios forestales no se combina con la incertidumbre de los datos de actividad.

Degradación en bosque permanente

La incertidumbre en bosque permanente es la combinación de los errores del mapeo de áreas degradadas con los errores de la estimación de contenido de biomasa perdido en el proceso de degradación.

El mapeo de las zonas degradadas se basa en la propagación no ponderada de los errores de estimación de del área basal para calibrar el algoritmo k-nn (igual a 1,6%), con el error del rendimiento radiométrico de las imágenes Landsat para generar los mapas temáticos utilizados para ejecutar el algoritmo k-nn (se estima que 0,05%). A continuación, se combina con los errores del mapeo de Catastro de bosque permanente, que requiere la aplicación del enfoque de Olofsson et al. (2014), y el error de mapeo de píxeles identificados como degradados utilizando el algoritmo de k-nn en los mapas temáticos Landsat sobre el área de bosque permanente (notificados al 42%).

Región	Error (%)
Error de área basal en la calibración del K-nn	1,6
Desempeño radiométrico de imágenes	0,1
Maule periodo 1: Deforestación	2,7
Maule periodo 2: Deforestación	6,6
Biobío periodo 1: Deforestación	6,6
Biobío periodo 2: Deforestación	2,0
Araucanía periodo 1: Deforestación	1,1
Araucanía periodo 2: Deforestación	1,0
Los Ríos periodo 1: Deforestación	0,5
Los Ríos periodo 2: Deforestación	1,6
Los Lagos Norte periodo 1: Deforestación	1,1
Los Lagos Norte periodo 2: Deforestación	1,6
Los Lagos Sur: Deforestación	0,3
Precisión de mapeo de degradación	42,0

Tabla 59. Factores de Incertidumbre en el mapeo de degradación

El error resultante del mapeo de degradación, estimado en 43,3% se combina con el error de la estimación de las reservas de carbono, que es el resultado de la propagación no ponderada del error de las mediciones de campo de DAP (0,2%), error de las funciones volumétricas que emplean áreas basales para la estimación de volumen del árbol (68,3%), factor de expansión para la estimación del volumen total del árbol (18%) y la densidad básica de la madera para la conversión de volumen en biomasa (5,6%).

Región	Error (%)
Medición de DAP	0,2
Función Volumétrica [Vol = AExp(B* Área Basal)]	68,3
Factor de expansión	18,0
Densidad básica de la madera	5,6

Tabla 60. Factores de incertidumbre en la estimación de reservas de carbono

El resultado de la propagación de error del mapeo de degradación y la estimación de las reservas de carbono resulta en una **incertidumbre estimada para la degradación en bosque permanente de 82,4%**.

Aumento de existencias de carbono forestal

Las incertidumbres relativas a la actividad aumento de existencias de carbono forestal se dividieron por las incertidumbres de las siguientes sub-actividades: Aumentos debido a la conversión de no-bosque en bosque y mejoras en el bosque permanente.

Restitución e incremento de superficie forestal

La incertidumbre de los aumentos por la conversión de otras tierras a bosque fue estimada en primer lugar estimando la incertidumbre de los potenciales factores de remoción para cada una de las 13 posibles categorías de conversión de no bosque que podrían convertirse a, tanto renoval como adulto, 13 tipos forestales existentes en el área de programa de reducción de emisiones (incluyendo matorral arborescente y bosque mixto).

Esto deriva en 312 posibles clases de conversión, cada una con su propio error estimado. Eso se debe a que cada clase no forestal tiene un error estimado de las reservas de carbono de pie, y cada uno de los 13 tipos de bosque tiene dos estimaciones de incremento periódico anual (IPA) (una para jóvenes y otra para adultos). Vale la pena señalar que, si bien hay 4 estructuras forestales asignadas por el Catastro para cada tipo de bosque (renoval, renoval/adulto, adulto, y achaparrado), con fines de conservadurismo, y debido a la falta de datos, el IPA de un bosque "renoval" se asumió por cada conversión a un "renoval/adulto", y el IPA para la estructura del bosque "adulto" se supuso para cada conversión de los bosques "achaparrados".

El error estimado de los datos de actividad para esta sub-actividad se calcula mediante la aplicación de las buenas prácticas recomendadas por Olofsson *et al.* (2014) a la clase de bosque permanente de los mapas de Catastro. Las matrices de confusión generadas a partir de la validación de los mapas Catastro reportaron resultados por aumentos y restitución, la combinación del error de cada una de estas dos clases estimadas mediante la aplicación del método de Olofsson fue llevado a cabo.



Región	Error (%)
Maule	12,0
BioBio	73,0
La Araucanía	8,9
Los Ríos	34,0
Los Lagos	59,7

Tabla 61. Incertidumbre de datos de actividad de No bosques convertidos a bosque por región

La combinación de los errores de los factores de absorción con los errores de los datos de actividad se llevó a cabo mediante la estimación del área de cada una de las 312 posibles transiciones en cada una de las regiones ponderada por el área respectiva. Esto dio lugar a la estimación de la incertidumbre de las absorciones por región.

Región	Error (%)
Maule	32,3
BioBio	77,3
La Araucanía	18,5
Los Ríos	39,8
Los Lagos	62,7

Tabla 62. Incertidumbre de las absorciones por región

La incertidumbre final para esta sub-actividad se estimó mediante la combinación de la incertidumbre regional de la absorción y la ponderación de los diferentes tipos de cambio sucedidos por cada región respectiva en conjunto con el total de las absorciones por conversión de no-bosque en bosque. Esto dio lugar a una **incertidumbre estimada a partir de la conversión de no-bosque en bosque del 23,4%**.

Recuperación de bosques degradados

La incertidumbre del aumento de existencias de carbono en bosque permanente se estima exactamente de la misma forma que la incertidumbre por degradación en bosque permanente. Por lo tanto, la incertidumbre de las áreas mapeadas como aumento de existencia se estiman a través de la combinación de errores (no ponderados) de los errores de estimación de del área basal para calibrar el algoritmo k-nn (igual a 1,6%), con el error del rendimiento radiométrico de las imágenes Landsat para generar los mapas temáticos utilizados para ejecutar el algoritmo k-nn (se estima que 0,05%). A continuación, se combina con los errores del mapeo de Catastro de bosque permanente, que requiere la aplicación del enfoque de Olofsson et al. (2014), y el error de mapeo de píxeles identificados como de aumento utilizando el algoritmo de k-nn en los mapas temáticos Landsat sobre el área de bosque permanente (notificados al 42%). Resultando en una incertidumbre de mapeo de aumento de existencias de carbono en bosque permanente del 42,0%.

8. Cálculo de Incertidumbre

Esta incertidumbre se combina después con el error de la estimación de los contenidos de carbono, derivado del error de las mediciones de campo de DAP (0,2%), error de las funciones volumétricas que emplea área basal para la estimación de volumen del árbol (68,3%), factor de expansión para estimación del volumen total del árbol (18%) y la densidad básica de la madera para la conversión de volumen en biomasa (5,6%). Por lo tanto resulta en una incertidumbre para la estimación de carbonos existencias de 70,9%.

El resultado de la propagación del error del mapeo de aumento de existencias en bosque permanente con los contenidos de carbono resulta en una **incertidumbre estimada en el 82,4%**.

Conservación forestal

La estimación de error para la conservación de carbono forestales se basa en el mismo factor que se ha descrito anteriormente en la degradación y aumentos de carbono forestal en los bosque permanente, debido a que la metodología aplicada es la misma. Las emisiones y/o absorciones que se producen en el interior de las áreas sometidas a procesos formales de conservación se asocian a continuación con la actividad de conservación de carbono forestal.

Sin embargo, dado que la actividad de conservación incluye degradación y aumentos de carbono forestal en el bosque permanente, los errores de estas dos actividades se combinan y se ponderan por el número absoluto de las emisiones y remociones que ocurrieron dentro de las áreas de conservación. Esto da lugar a una **incertidumbre estimada para la conservación de 64,8%**.

ii. Incertidumbre total

La incertidumbre total consiste en la propagación del error de las incertidumbres de las sub-actividades descritas anteriormente. La propagación del error fue ponderada de acuerdo a la emisiones/absorciones absolutas de cada actividad resultando en una incertidumbre total de 33,4% (Tabla 63).

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

Tabla 63. Incertidumbre total del NREF/NRF subnacional de Chile.

9. Relación entre el Nivel de Referencia y el Inventario Nacional de GEI

El NREF/NRF del bosque nativo de Chile presentado en este documento mantiene un alto nivel de congruencia con el INGEI de Chile. Sin embargo, es importante tener en cuenta las diferencias intrínsecas que existen entre un nivel de referencia y un inventario GEI.

Cabe destacar que la institución responsable del sector AFOLU para el INGEI de Chile es el Ministerio de Agricultura y que los responsables del cálculo específico del sector UTCUTS son CONAF e INFOR, ambas instituciones con responsabilidades en la elaboración del NREF/NRF del bosque nativo de Chile. Las variaciones presentadas en el NREF/NRF son mejoras derivadas de la mayor disponibilidad de datos y el uso de métodos más precisos que serán integrados en el informe bienal de actualización del INGEI de 2018.

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 promedias por actividad de REDD+ para comparar los resultados de NREF/NRF y del INGEI. Debe tenerse en cuenta que la actividad de Degradación y parte del Aumento de existencias estaría integrado como el cálculo de emisiones y absorciones producidas en el bosque que permanece como tal en el INGEI y por su parte la actividad de Deforestación y la parte restante de Aumento de existencias estaría vinculado al cambio de usos de la tierra de uso Forestal a Otros Uso y de Otros Usos a Forestal respectivamente. Para la actividad de Conservación de existencias se utilizan los mismos criterios y datos que en las actividades anteriores por lo que no se incluye un apartado específico.

Ya que el NREF/NRF sólo incluye estimaciones de las cinco regiones dentro del Programa de RE, se utilizó la base de datos del INGEI para sacar valores comparables del INGEI. Se calcularon los promedios de las emisiones/remociones anuales del INGEI de 2001 a 2010.

a. Deforestación

En el INGEI, la actividad deforestación incluye las siguientes categorías: tierras forestales convertidas en tierras de cultivo, tierras forestales convertidas en pastizales, tierras forestales convertidas en asentamiento, y tierras forestales convertidas 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 se utilizan la misma fuente de información, el Catastro, que en el INGEI. Sin embargo, las fechas de algunos de los mapas del Catastro eran diferentes en el desarrollo del INGEI que las fechas utilizadas para los mismos mapas en el NREF. Esto resulta en una diferencia en emisiones anuales cuando se divide el área de conversión entre todos los años del periodo entre actualizaciones del Catastro. Esta diferencia es debida a la confusión creada por los mapas más antiguos del Catastro que utilizaban un mosaico de imágenes aéreas de varios años. Entre la última actualización del INGEI y la elaboración del NREF se tomó la decisión de cambiar las fechas de los mapas, y la próxima actualización del INGEI no tendrá esa incongruencia de fechas con el NREF.

En cuanto a los Factores de Emisión:

- Se utilizaron los mismos datos que en el INGEI para determinar las existencias de carbono forestal antes de la deforestación.
- El INGEI y el NREF 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 utiliza valores específicos a Chile de Gayoso (2006) para matorral, matorral arborescente, pradera, y formaciones de suculentas para tener más factores de emisión específicos del país.
- En cuanto a la estimación de Cambios de existencias de carbono aparte del evento de deforestación, tanto en el INGEI como en el NREF se considera que las pérdidas debidas a la cosecha de madera, extracción de leña, y disturbios es cero en áreas de deforestación.

Emisiones medias anuales de deforestación según el NREF (tCO ₂ e)	Emisiones medias anuales de deforestación según el INGEI para los años 2001-2010 (tCO ₂ e)
3.452.885,00	1.057.992,00

Tabla 64. Comparación de estimaciones de emisiones de deforestación del NREF/NRF y del INGEI

b. Degradación Forestal

Las categorías del INGEI que corresponden con la actividad de degradación incluyen: 1) la cosecha de madera comercial de especies nativas y exóticas, 2) la cosecha de leña, e 3) incendios. Cabe destacar que en el NREF, se incluye la conversión de bosque nativo a matorral arborescente como degradación. El INGEI, esta conversión sería una subcategoría de tierras forestales convertidas a pastizales. Sin embargo, esta actividad se considera bajo la actividad deforestación ya que incluye otros usos de la tierra tales como matorrales y praderas.

Para contabilizar la degradación forestal el INGEI utiliza un método 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 utiliza datos tabulares procedentes de INFOR para remociones de bosque, y estadísticas de INFOR y MINENERGIA para la leña, y tablas de la superficie de incendios de bosque nativo y de plantaciones forestales de CONAF para disturbios.

Los datos sobre extracción de leña son de alta complejidad, ya que la mayor parte de las extracciones se realizan informalmente lo que hace de alta dificultad estimar la precisión y fiabilidad de esta información. Debido a esto, para la contabilización del nivel de referencia de degradación, se utiliza una metodología diferente, considerada más robusta.

Esta metodología no contabiliza las tres sub-actividades de forma separada, sino que contabiliza las existencias de carbono en los bosques en puntos de tiempo diferentes.

Para los GEI no CO₂ producto de la combustión por incendios forestales, se utiliza la misma contabilización del INGEI de Chile.

Otra razón que explica la diferencia entre las emisiones anuales es que el INGEI contabiliza el aumento de carbono en plantaciones forestales, mientras que en la sub-actividad de bosques nativos convertidos a plantaciones forestales en el NREF se supone la existencia de carbono en plantaciones cero.

Emisiones anuales de degradación (incluyendo en áreas de conservación) según el NREF (tCO ₂ e)	Emisiones anuales de degradación según el INGEI para los años 2001-2010 (tCO ₂ e)
10.239.334,46	938.197,00

Tabla 65. Comparación de estimaciones de emisiones de degradación forestal del NREF/NRF y del INGEI

c. Aumento de Existencias de Carbono Forestal

En el INGEI, aumentos de existencias incluyen las categorías 1) tierras convertidas a tierras forestales, 2) la expansión de biomasa en bosques que permanecen como tal, y 3) tierras en transición.

La estimación de remociones es mucho más grande en el INGEI es debido a la diferencia en la metodología aplicada para aumentos en bosque que permanece como tal y también porque el INGEI incluye los incrementos de biomasa de plantaciones forestales mientras que el NREF/NRF sólo incluye los incrementos de biomasa en los bosques nativos.

Para el incremento debido al crecimiento del bosque, el INGEI utiliza la Ecuación 2.9 del IPCC 2006 para cálculo Nivel 2-3. Sin embargo, el INGEI sólo la utiliza para las tierras convertidas a bosque en el año de conversión. Después, estas tierras pasan a la categoría de tierras en transición, donde se contabilizan sus aumentos.

En el NRF de Aumento de existencias sigue contabilizando las absorciones que vienen de las áreas que se convierten en bosque durante el período de referencia para 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, junto con los aumentos de las áreas sembradas/restauradas en el segundo año. En esta manera, los aumentos siguen acumulándose, siempre contabilizados bajo la actividad de aumentos de existencias.

En el INGEI, la estimación de los datos de actividad de aumento de áreas no bosque que se convierten a bosque y de bosque que permanece como tal proceden del Catastro de igual forma que para el NRF de Aumento.

Los valores de incremento anual neto promedio, utilizados como Factor de Absorción son los mismos que se utilizan en el INGEI, basados en datos de INFOR. Hay valores para los siguientes tipos forestales: Alerce, Ciprés de las Guaitecas, Araucaria, Ciprés de la Cordillera, Lengua, Coihue de Magallanes, Roble Hualo, Roble-Raulí-Coihue, Coihue-Raulí-Tepa, Esclerófilo, y Siempreverde.

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, procedentes del INGEI.

Remociones anuales de aumentos (incluyendo en áreas de conservación) según el NREF para los años 2001-2010 (tCO ₂ e)	Remociones anuales de aumentos según el INGEI para los años 2001-2010 (tCO ₂ e)
-13.729.032,00	-101.071.840,00

Tabla 66. Comparación de estimaciones de remociones de aumentos de existencias del NREF/NRF y del INGEI

10. Necesidades de creación de capacidades, áreas de mejora técnica futura y trabajos en desarrollo

a. Necesidades de creación de capacidades

Como es de su conocimiento, el Nivel de Referencia Subnacional de Chile, ha sido desarrollado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) con el apoyo de un Consorcio conformado por Winrock International, Instituto Forestal (INFOR) y Universidad Austral de Chile (UACH). De cara a las actividades relacionadas con la expansión a escala nacional del Nivel de Referencia, así como para la ejecución de los futuros eventos de Monitoreo, Reporte y Verificación, consideramos que es importante mejorar las capacidades técnicas institucionales y nacionales, formando una masa crítica al interior de las instituciones que pueda hacer frente a los compromisos, tanto en la CONAF con especial énfasis en el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales y la Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales, como en otras instituciones vinculadas a los recursos naturales pertenecientes al Gobierno de Chile y en ámbito académico. Para ello resulta clave la colaboración que la Convención pueda brindar en la organización de talleres regionales y nacionales y el apoyo a la asistencia de expertos distribuidos a lo largo del país a estas instancias y a nivel internacional.

Las mayores dificultades experimentadas en el desarrollo del Nivel de Referencia han sido identificadas en el área de estimación de la incertidumbre, y en una cartografía de mayor detalle, para uso local a nivel de propietario y su control territorial, por lo que consideramos importante desarrollar mayores capacidades en la formación de profesionales, integrando expertos en inventarios forestales y principalmente estadística de muestreo forestal dentro del equipo técnico y, en la estimación de error e incertidumbre de la información base, en la cual aún se advierte algunas brechas.

Es de especial interés el análisis de nuevas tecnologías satelitales activas (RADAR y LIDAR) para el análisis de flujos de carbono en bosque permanente en áreas con alta probabilidad de cobertura nubosa (macrozona Austral de Chile) y fuertes variaciones fenológicas en la vegetación.

La construcción del Nivel de Referencia de manejo sustentable de los bosques representa una serie de desafíos en cuanto a la diferente escala de las acciones y resultados que deberá ser analizado en detalle y para el cual se considera importante el apoyo de la Convención.

Junto con los puntos anteriores, se considera una necesidad importante el apoyo para la generación del Anexo REDD+ que deberá ser incluido en el próximo BUR de Chile que se presentará en 2018.

b. Áreas de mejora técnica futura

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

- Desarrollo de herramientas y metodologías para la actualización bienal del Catastro, como fuente de información primaria para la estimación de datos de actividad vinculados a Cambios de Uso/Sub-uso de la Tierra.
- Desarrollo de procesos de automatización para el pre-procesamiento de imágenes satelitales que apoyen a la estimación de flujos de carbono en bosque permanente.
- Desarrollo de nuevas cartas de stock para tipos forestales relevantes.
- Análisis de metodologías para la estimación de flujos de carbono en bosques australes.
- Generación de una plataforma integrada de que permita el almacenamiento, generación semiautomatizada de reportes, visualización de resultados y difusión de información tanto espacial como de bases de datos.
- Desarrollo de factores de emisión y datos de actividad vinculados a los flujos de carbono orgánico del suelo.
- Se debe seguir investigando acerca de degradación forestal, mediante el uso intensivo del sistema de monitoreo de biomasa y carbono

c. Trabajos relevantes en desarrollo

En la actualidad, a través de diversos apoyos internacionales enmarcados en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales, se están desarrollando una serie de trabajos orientados a reducir las brechas y necesidades identificadas en el proceso de generación de los Niveles de Referencia.

- Con el objetivo de generar actualizaciones bienales nacionales del Catastro se están desarrollando una serie de iniciativas orientadas a la identificación de metodologías y herramientas adecuadas para la gestión:
 - Se cuenta con el apoyo de cuatro profesionales designados a estas labores que trabajarán integrados en el Departamento de Monitoreo de CONAF durante los próximos tres años.
 - Se están analizando fuentes de información y desarrollando algoritmos semiautomatizados para el procesamiento de imágenes satelitales ópticas tanto a través de Google Earth Engine como de sistemas externos basados en software libre.
 - Se está trabajando con Collect Earth (herramienta Open Foris), como uno de los elementos para aumentar la frecuencia de actualización del Catastro a Nivel de Uso del suelo, especialmente como herramienta para la generación de matrices de confusión.



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

- Se está trabajando en la especialización de los planes de manejo, para incluir a futuro los datos de actividad de manejo forestal sustentable.
- En los próximos meses se finalizará el proceso para la expansión del Nivel de Referencia a las regiones de la macrozona Mediterránea de Chile (3 Regiones en el límite Norte del área subnacional consignada), de forma paralela se ha realizado el análisis de brechas para las regiones de la macrozona Austral (2 Regiones en el límite Sur del área subnacional consignada) y se pretende obtener los primeros avances para finalizar en la consignación del Nivel Referencia Nacional durante 2018.
- Durante 2016, a través del Fondo de Investigación de la Ley de Bosque Nativo se ha desarrollado y será validada la Carta de stock para el Tipo Forestal Lenga, posteriormente se desarrollarán Cartas de stock para los principales Tipos Forestales del país.
- De forma paralela, se están realizando capacitaciones específicas en:
 - Curso de Capacitación en Inventario de GEI y Niveles de Referencia: Octubre de 2016, por Aether España y GHG Institute.
 - Google Earth Engine: Noviembre de 2016, por expertos de la Universidad de Gottingen.
 - SEPAL/Google Earth Engine: planificada para Enero de 2017, por expertos de FAO.
- Durante Noviembre de 2016 se han realizado actividades de intercambio de experiencias con expertos internacionales del área de monitoreo forestal en el marco del Congreso Internacional ForestSAT2016, donde participó parte del equipo técnico de CONAF.
- Participación en National Forest Monitoring Systems For REDD+ Reporting Capacity Building Workshop Roma 28-noviembre al 02 de diciembre 2016.

10. Necesidades de creación de capacidades, áreas de
mejora técnica futura y trabajos en desarrollo



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.
- Bahamondez C and Thompson ID (2016) Determining forest degradation, ecosystem state and resilience using a standard stand stocking measurement diagram: theory into practice. Forestry: 0, 1-11.
- Berger, A., Gschwantner, T., McRoberts, R.E. and Schadauer, K., 2014. Effects of measurement errors on individual tree stem volume estimates for the Austrian National Forest Inventory. Forest Science, 60(1), pp.14-24.
- Cabaña, C. 2011. Reseña histórica de la aplicación del DL701, de 1974, sobre Fomento Forestal. CONAF.
- Chander, G.; Markham, B.; Micijevic, E.; Teillet, P.; Helder, D. Improvement in absolute calibration accuracy of Landsat-5 TM with Landsat-7 ETM+ data. Proc. SPIE 5882. Earth Observing Systems X, 588209 (September 07, 2005). doi:10.1117/12.620136
- 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, 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, 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, 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, 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, 2015. Chile, Criterios e Indicadores para la Conservación y el Manejo Sustentable de los Bosques Templados y Boreales. El proceso de Montreal. Segundo Reporte Nacional, Periodo 2003–2015.
- CONAFOR, 2015. Propuesta del Nivel de Referencia de las Emisiones Forestales de México.
- Donoso C., 2015. Estructura y dinámica de los bosques de 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.
- FAO, 2007. Definitional issues related to reducing emissions from deforestation in developing countries.
- 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. Medicion de la capacidad de captura de carbono en bosques de chile y promocion en el mercado mundial. Informe Técnico. Universidad Austral de Chile.
- Gayoso, J. 2006. Inventario de carbono en praderas y matorrales para el estudio de linea 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, 2009. Análisis del potencial impacto de la ley 20.283 de recuperación de bosque nativo y fomento forestal, sobre el uso de biomasa para la generación de energía. Tesis de magíster, U.Mayor.
- 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).
- Hu, Y.; Liu, L.; Liu, L.; Jiao, Q. Comparison of absolute and relative radiometric normalization use Landsat time series images. Proc. SPIE 8006. MIPPR 2011: Remote Sensing Image Processing, Geographic Information Systems, and Other Applications. 800616 (November 23, 2011); doi:10.1117/12.902076.
- 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.



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

- 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.
- Lubert F., P Pliscoff P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Libro Editorial Universitaria.
- MAPSChile, 2013. Escenarios Referenciales para la Mitigación del Cambio Climático. Línea Base 2007-2030 y Dominio Requerido por la Ciencia en Chile.
- MAPSChile, 2014. Opciones de Mitigación para Enfrentar el Cambio Climático. Línea Base 2007-2030 y Dominio Requerido por la Ciencia en Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente y Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil, 2014. Brazil's submission of a Forest reference Emission Level (FREL) for reducing emissions from deforestation in the Amazonia biome for REDD+ results-base payments under the UNFCCC.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2014. Propuesta de nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en el Bioma Amazónico de Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC.
- Mishra, N.; Haque, M.O.; Leigh, L.; Aaron, D.; Helder, D.; Markham, B. Radiometric Cross Calibration of Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Remote Sens. 2014, 6, pp 12619-12638.
- Montreal Process, 2015. Criteria and Indicators for the Conservation and Sustainable Management of Temperate and Boreal Forests.
- Naciones Unidas 1998. 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.
- Palma V., 2004. Legislación forestal: un análisis al sistema de responsabilidad. Memoria para optar al grado de licenciada en ciencias jurídicas y sociales. Universidad de Chile, Facultad de derecho.

- Pliscoff, P., Barra, C., Rovira, J. 2015. Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile.
- Rojas, Y., Loguercio, G., Nieto, V., Bahamondez, C. 2014. Análisis de la degradación forestal en el marco REDD+. Saelzer F., 1973. La Evolución de la Legislación Forestal Chilena. Libro UACH.
- Sartori, A. 2014. Decisiones de REDD+ en la CoP19_ Alcances en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) de Chile. Documento Técnico N°219. CONAF.
- Sartori, A. and Colmenares, M. V. 2015. Sistemas de estandarización, certificación y orientaciones metodológicas con alcance en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) de Chile Santiago, Chile: CONAF, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- 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]).
- Storey et al., 2008. J. Storey, K. Lee, M. Choate. Geometric performance comparison between the OLI and the ETM+. Proceedings of the PECORA 17 Conference (2008, November 18–20). 8pp.
- Storey, J.; Choate, M.; Lee, K. Landsat 8 Operational Land Imager On-Orbit Geometric Calibration and Performance. Remote Sensing. 2014, Vol. 6, Núm. 11, pp 11127–11152.
- 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>.
- Torrealba, J. A., Sartori, A., Emanuelli, P. and Aguilera, G. 2014. Planteamientos iniciales sobre los derechos del carbono forestal en Chile. Santiago, Chile: CONAF, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- 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+.
- USDOJ, USGS, 2016. LSDS-174 Landsat 8 (L8) Data Users Handbook v2.0. Marzo 29, 2016. 98pp. descargado Julio 01, 2016 desde: <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>.
- USGS, 1998. Landsat 7 Data Science Users Handbook. Revised edition. 207pp. descargado Julio 01, 2016 desde: https://landsat.gsfc.nasa.gov/wp-content/uploads/2016/08/Landsat7_Handbook.pdf.
- Vogelmann, J.; Helder, D.; Morfitt, R.; Choate, M.; Merchant, J.; Bulley, H. Effects of Landsat 5 Thematic Mapper and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus radiometric and geometric calibrations and corrections on landscape characterization, Remote Sensing of Environment, Vol. 78, Núm. 1–2, October 2001, pp 55–70.
- Yang, X., Lo, C.P. Relative Radiometric Normalization Performance for Change Detection from Multi-Date Satellite Images, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 66, Núm. 8, Agosto 2000, pp 967–980.







Corporación Nacional Forestal

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

www.enccrv-chile.cl

Paseo Bulnes 377, Oficina 207
Santiago de Chile