

Nota Informativa

ENCCCRV

03



ESTRATEGIA NACIONAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO Y
RECURSOS VEGETACIONALES

SANTIAGO, 1 de Marzo de 2016



En esta edición

“Análisis de Emisiones y Absorciones de Carbono Forestal en el Bosque Mediterráneo de Chile”

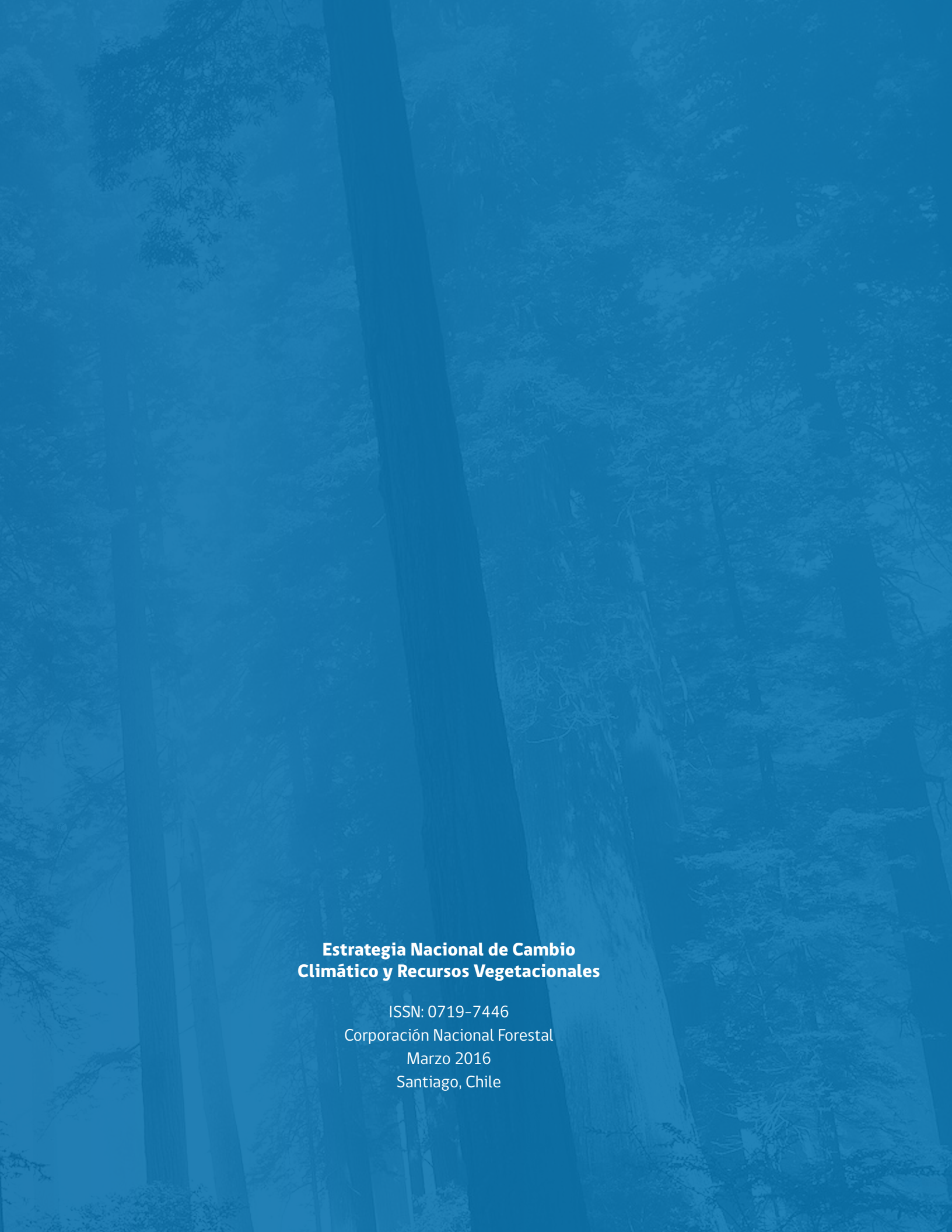
Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA)
Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF)
Corporación Nacional Forestal (CONAF)
Ministerio de Agricultura de Chile





ENCCR V

ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS VEGETACIONALES



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

ISSN: 0719-7446
Corporación Nacional Forestal
Marzo 2016
Santiago, Chile



Autores

Javier Cano. Geógrafo, MSc y PhD^o. Profesional Responsable de Contabilidad de Carbono y Sistemas MRV. Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA), Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Ministerio de Agricultura.

Joachim Sell. Ingeniero Forestal, PhD. Jefe de Proyectos en Cambio Climático. Ernst Basler + Partner, Suiza.

Pablo Honeyman. Ingeniero Forestal, Master en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Director Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad Mayor.

Lucio Pedroni. Ingeniero Forestal, PhD. Jefe Ejecutivo y Fundador Carbon Decisions International.

Sergio Sáez. Ingeniero Forestal, Máster en Administración y Negocios (MBA). Jefe de Proyectos Recursos Naturales y Cambio Climático; Ernst Basler + Partner, Suiza.

Pablo Cruz. Ingeniero Forestal, PhD. Director Centro de Estudios OTERRA, Universidad Mayor.

Alejandro Bascuñan. Ingeniero Forestal, Master en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Investigador Centro de Estudios OTERRA, Universidad Mayor.

Este documento ha sido revisado, validado y cuenta con los aportes de:

María Verónica Oyarzún. Jefa de Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales, Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Ministerio de Agricultura.

Angelo Sartori. Jefe Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA), Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Ministerio de Agricultura.



Análisis de Emisiones y Absorciones de Carbono Forestal en el Bosque Mediterráneo de Chile

En 2014, la Corporación Nacional Forestal (CONAF), crea la Unidad de Cambio Climático y Servicios Ambientales (UCCSA) adscrita a la Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal (GEDEFF) que fue designada como punto focal de Chile ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para enfoques de políticas que promuevan incentivos positivos por la reducción de emisiones producto de la deforestación y la degradación forestal, junto con promover la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales, también conocido como REDD+ (CONAF, 2014). La UCCSA lidera la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV) cuyo objetivo es “[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](#)” (Sartori y Colmenares, 2015), lo que se basa a su vez en las directrices de la CMNUCC y de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) en la cual igualmente CONAF actúa como punto focal nacional.

Las directrices del Marco de REDD+ de Varsovia, aprobado en la CoP 19 del año 2013, determinan que cualquier país que quiera acceder al pago por resultados basados en desempeño, en términos de reducción de emisiones y/o incremento de absorciones de carbono forestal, deberá desarrollar cuatro ejes centrales que se corresponden con: 1) contar con una estrategia país, en este caso la ENCCRV, que define los enfoques de políticas para promover incentivos positivos, 2) elaborar un nivel de referencia de carbono forestal, que caracteriza las emisiones históricas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y las proyecte a futuro, 3) diseñar e implementar un sistema de monitoreo de emisiones y capturas de carbono, compatible con el nivel de referencia, que permita medir el desempeño de las actividades implementadas (MRV) y 4) velar por el cumplimiento de consideraciones sociales y ambientales, conocidas como salvaguardas en el contexto global, para minimizar eventuales externalidades negativas y maximizar los beneficios en la fase de implementación (Sartori, 2014).

Tal y como lo requieren las decisiones adoptadas ante la CMNUCC para REDD+, durante el mes de Enero de 2016, Chile consignó su Nivel de

Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal (NREF/NRF) de carácter subnacional, que registra las emisiones y absorciones de las regiones del Maule a Los Lagos en el periodo de 1997 a 2013. El NREF/NRF fue elaborado siguiendo los criterios determinados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y mantiene congruencia con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), utilizando las mismas fuentes de información, principalmente el Sistema de Monitoreo de cambios de uso del suelo y vegetación, a partir de ahora Catastro, el Inventario Continuo de Ecosistemas Forestales y Estadísticas de Incendios Forestales (Cano et al., 2016)¹.

implementarán en el territorio en el marco de la ENCCRV, con el propósito de acceder a pagos por este concepto como lo estipula REDD+ y/o a satisfacer los compromisos internacionales que ha asumido Chile en materia de mitigación y adaptación al cambio climático.

Con el objetivo de generar información de base que permita la ampliación a nivel nacional del NREF/NRF de Chile y la óptima implementación de un Sistema de MRV, CONAF, con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y técnico de la empresa suiza Ernst Basler+Partner, la Universidad Mayor y Carbon Decisions International, desarrollaron metodologías para la estimación de emisiones de carbono forestal por deforestación y degradación forestal y absorciones por incremento de las reservas de carbono forestal para el bosque esclerófilo en las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Metropolitana, entre los años 2001 y 2013.

Durante el año 2016 el documento será sometido a revisión de expertos internacionales independientes que propondrán mejoras y ajustes para optimizar los métodos e identificar brechas de información, las cuales serán pertinentemente tomadas en cuenta para la actualización y mejora del NREF/NRF, así como para la expansión del mismo a escala nacional.

El primer proceso llevado a cabo consiste en la delimitación y estratificación del área de estudio, que se realiza basándose en la información de uso del suelo procedente del Catastro, que permite el agrupamiento de categorías de uso de la tierra de forma homogénea a las clasificaciones especificadas por el IPCC (2006) para la elaboración de inventarios GEI nacionales y que es la base utilizada por el INGEI de Chile más reciente que analiza el período histórico 1990-2010, lo que permitirá mantener la coherencia entre los dos reportes nacionales oficiales (INGEI - NREF/NRF) según lo exige la normativa internacional.

De forma paralela, la UCCSA y el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales, están liderando el diseño e implementación de un Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) que, aplicando metodologías y fuentes de información similares o comparables a las utilizadas para la estimación del NREF/NRF, permita registrar de forma fehaciente y precisa el resultado de las actividades estratégicas, medido en toneladas reducidas o capturadas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), que se



1 Documento NREF/NRF descargable en español e inglés del siguiente link: <http://redd.unfccc.int/submissions.html?country=chl>



Debido a las mejoras técnicas, uso y aplicación de la definición de bosques estipulada en la legislación forestal, para la caracterización de ellos entre los periodos de monitoreo 2001 y 2013², se efectuó una armonización de definiciones para hacer las comparaciones entre un periodo y otro de evaluación, que estipuló las siguientes decisiones:

- 1 Aquellas superficies calificadas como **matorral arborescente** en el catastro de 2001 fueron reclasificadas como bosque nativo, teniendo en cuenta que el criterio utilizado para la calificación, en 2001, define matorral arborescente como superficie con una cubierta arbórea entre el 10 y el 25%, mientras que en Catastro 2013, áreas con este rango de cobertura arbórea son consideradas como bosque.
- 2 Se reclasificaron como bosque nativo todas las superficies de bosque entre 0,5 y 4 hectáreas que no fueron identificados como tal en el catastro de 2001, considerando que la unidad mínima cartografiada, que pasó de 4 a 0,5 hectáreas entre 2001 y 2013, provoca que bosques de pequeña extensión no fueran contabilizados en el año inicial y sí en el año final.
- 3 En aquellos polígonos que existió la duda respecto a si el cambio se produjo por las razones antes expuestas, se analizó su biomasa usando las imágenes satelitales Landsat de los años 2001 y 2013 para determinar si el cambio de categoría de "no bosque" a bosque fue efectivo o resultado de una interpretación basada en los cambios tecnológicos que en la actualidad poseen mayor precisión.

Tras este proceso se obtuvieron mapas de usos de suelo homogéneos y comparables para los años 2001 y 2013, los cuales fueron usados para determinar los cambios de uso de la tierra, así como aquellas áreas de bosques que permanecen como bosques durante el periodo, lo que permite establecer la ocurrencia de los procesos de:

- **Deforestación:** cambio de uso de la tierra de bosque a otros usos.
- **Degradación:** emisiones en bosques que permanecen bosques.
- **Aumento de existencias:** cambio de uso de la tierra de otros usos a bosque y absorciones en bosques que permanecen bosques.

Para detectar las reservas forestales de carbono en cada uno de los años bajo análisis se utilizaron imágenes satelitales Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI que permiten comparar los impactos de la deforestación y degradación forestal en las emisiones de carbono, así como de las absorciones por aumento de existencias. El método desarrollado en esta investigación se basa en la determinación de las existencias de carbono aplicando un **modelo de cuantificación de CO₂e** que relaciona la información espectral de imágenes satelitales con información de terreno, obtenida de la red de parcelas de **Inventario de Dendroenergía y Carbono Forestal**

de CONAF. Las ventajas de utilizar este método son:

- **Reducción del riesgo de doble contabilidad,** ya que se analizan las existencias de carbono en una unidad espacial específica en diferentes momentos de forma independiente a la superposición de perturbaciones anteriores.
- **Replicabilidad,** implica el desarrollo de modelos espectrales para la estimación de las existencias de carbono forestal, los que al ser validados, se pueden aplicar a toda la superficie forestal de forma semi-automática y rápida, reduciendo el número de muestreos en terreno necesarios y facilitando el monitoreo.
- **Potencial de mejora,** existe un gran potencial de mejora en el tiempo debido al constante desarrollo tecnológico de las herramientas de teledetección y métodos de análisis espacial.
- **Evita la interpolación,** de datos puntuales o proyección de un dato histórico, ya que el modelo es aplicado sobre la totalidad del área de estudio de forma continua.
- **Delimitación espacial,** de la degradación forestal, deforestación y no aumento de existencias, facilitando el análisis de las causales asociadas y la identificación de hotspots.



2 La unidad mínima cartografiada aumentó de resolución, pasándose de 4 a 0,5 hectáreas. Las regiones de O'Higgins, Valparaíso y Metropolitana fueron consideradas como semiáridas, pasando la cobertura arbórea mínima del bosque de 25 a 10%.



Modelo de cuantificación de existencias de carbono

La creación de un modelo de cuantificación de existencias de carbono en bosques mediterráneos se basa en el análisis de la relación entre el CO₂e existente en la biomasa aérea del bosque, y la reflectividad³ registrada por las imágenes satelitales, por lo tanto es necesario contar con datos de verdad terreno, los cuales fueron derivados de mediciones estándares realizadas en las parcelas del Inventario de Dendroenergía y Carbono Forestal de CONAF.

Se contó con 28 parcelas del Tipo Forestal Esclerófilo, que representa el 95% del bosque nativo de la Macro-región mediterránea (Tabla 1), sobre las que se calculó el contenido

de carbono en la biomasa aérea utilizando modelos de biomasa o funciones de volumen bruto fustal provenientes de diferentes fuentes bibliográficas. En las parcelas seleccionadas, se identificaron un total de 30 especies leñosas, de las cuales 9 presentaron funciones de biomasa, y 7 funciones de volumen fustal. Para el resto de las especies no se contó con funciones disponibles, por tanto fueron homologadas con funciones de las especies con mayor similitud de hábito y morfología. En aquellos casos donde no se contaba con el contenido de carbono, la densidad básica de la madera o el factor de expansión de la biomasa, se usaron los valores que describe el IPCC (2006).



3 La reflectividad es la fracción de radiación incidente reflejada por una superficie. Se trata de un parámetro físico que se ve afectado por los ángulos de incidencia y reflexión, las condiciones atmosféricas, la longitud de onda incidente y las propiedades físico-químicas de la porción terrestre observada.

Tabla 1. Superficie de bosque en hectáreas (ha) por tipo forestal para Macro-región mediterránea. Fuente:

Superficie por tipo forestal (ha)	Ciprés de la Cordillera	Roble - Hualo	Palma Chilena	Total
Valparaíso	49	1.224	7.648	484.115
Metropolitana	76	10.348	3.094	363.955
O'Higgins	2.901	33.187	4.343	459.309
Total	3.026	44.759	15.085	1.307.379

Un aspecto relevante en el cálculo de contenido de carbono en las parcelas, fue que las fechas de toma de datos en terreno tienen un rango temporal de 3 años, desde 2012 hasta 2015. Considerando esto, se estimó el crecimiento

promedio anual por especie usando referencias bibliográficas y se ajustaron los valores de cada parcela homogeneizando los resultados a los correspondientes en el año 2014 (año con la mayor cantidad de información de parcelas).

Para las parcelas medidas en los años 2012 y 2013, se proyectó un Incremento Promedio Anual (IPA) que considera los crecimientos obtenidos en los modelos de biomasa y carbono de los bosques mediterráneos de Chile. A cada especie con información disponible se le asignó su valor de crecimiento y en aquellas que no existían datos bibliográficos, se les asignó el promedio.

Una vez obtenidos los datos correspondientes a la verdad de terreno, los cuales tienen una posición geográfica conocida. Se extrajeron los datos de reflectividad de dos imágenes Landsat-8 OLI correspondientes al verano de 2014, y se calcularon los valores promedio de reflectividad por banda para los píxeles

correspondientes a cada parcela. Sobre estos resultados se calcularon, las formulaciones correspondientes al Ratio Simple (RS), Índice de Diferencia Normalizado (IDN) y el [Modify Simple Ratio](#) (MSR), utilizando todas las bandas del rango óptico de la imagen⁴ (Tabla 2).

Tabla 2. Formulaciones índices de vegetación. Elaboración propia

Índice vegetacional	Fórmula
RS	B_i / B_j
IDN	$B_i + B_j / B_i + B_j$
MSR	$B_i + B_j / (B_i + B_j) - 2$

Sobre todas las posibles combinaciones, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la formulación y la combinación de bandas de mejor ajuste a los valores de CO_{2e} de las parcelas, lo que indica que un aumento sobre el valor de terreno corresponde a un aumento en el valor del índice para el caso de una correlación directa y un descenso en el caso de una correlación inversa.

El valor resultante de la aplicación de un índice espectral es un valor relativo adimensional que determina mayor o menor contenido de carbono en un píxel. Con el objetivo de transformar este valor relativo en datos absolutos de contenidos de CO_{2e}, se calculó el Modelo de Regresión Lineal.

El R² de mayor ajuste (0,59), corresponde al modelo de regresión lineal basado en el Índice de Diferencia Normalizado entre las bandas del Infrarrojo Cercano (NIR - 860 nanómetros) y la primera banda del Infrarrojo de Onda Corta (SWIR 1 - 1650 nanómetros). Así la formulación del Modelo de CO_{2e} para las imágenes correspondientes a Landsat 8 OLI es:

$$\text{Modelo de CO}_2\text{e LANDSAT 8 OLI} = 29,879 [(b_{\text{NIR}} - b_{\text{SWIR1}}) / (b_{\text{NIR}} + b_{\text{SWIR1}})] + 9,0093$$

Ecuación 1. Modelo de CO_{2e} en bosques mediterráneos chilenos, en base a píxeles de imágenes Landsat 8 OLI

Este modelo fue diseñado para ser aplicado en imágenes del sensor OLI de Landsat 8, operativo desde 2013, sin embargo el análisis temporal propuesto requiere de información histórica, por lo que fue necesario realizar ajustes sobre el modelo para que pueda ser aplicado sobre imágenes de sensores operativos en el año base, en este caso el sensor TM de Landsat 5, que cuenta con diferencias de diseño que afectan los valores obtenidos de la aplicación de estos índices no correspondientes con la realidad presente en el área de estudio. Por ello, se analizaron las diferencias de cuantificación de los sensores TM de Landsat 5 y OLI de Landsat 8 mediante la comparación con mediciones procedentes del sensor MODIS, que no ha sufrido variaciones tecnológicas en el período correspondiente a las imágenes utilizadas de TM y OLI. El análisis indica que en la imagen Landsat 5 TM hay una subestimación de 0,015 sobre el valor del índice incluido en el modelo de cuantificación de CO_{2e} desarrollado en el paso anterior, por lo que se ajustó el modelo de Landsat 8 incluyendo este coeficiente (Ecuación 2).

$$\text{Modelo de CO}_2\text{e LANDSAT 5 TM} = 29,879 [(b_{860} - b_{1650}) / (b_{860} + b_{1650})] + 0,015 + 9,0093$$

Ecuación 2. Modelo de CO_{2e} en bosques mediterráneos chilenos, en base a píxeles de imágenes Landsat 5 TM



4 Las imágenes del sensor OLI de Landsat-8 registran información del espectro electromagnético en el rango óptico y en el térmico.

El error medio del Modelo de cuantificación de CO₂e fue calculado mediante el método [Leave One Out Cross Valitation](#) (LOOCV), óptimo para estudios con un reducido número de datos de verdad terreno, ya que permite el uso de los datos utilizados para el desarrollo del modelo, obteniendo un error medio de 32,1%.

Los modelos desarrollados en los pasos anteriores fueron aplicados sobre mosaicos de

imágenes Landsat de 2001 y 2013, que abarcan la totalidad del área de estudio, siendo esta la base, junto con las coberturas del Catastro de 2001 y 2013 para la cuantificación de los niveles de referencia de carbono forestal.

Una vez desarrollados los insumos base necesarios, se procedió a la estimación de emisiones y absorciones para cada actividad REDD+.

Análisis de deforestación

En la estimación de emisiones por **deforestación** se consideraron las emisiones producidas por el cambio de uso de suelo de bosque esclerófilo a otro uso de la tierra distinto de bosque durante el periodo 2001-2013, estimando esta superficie sobre la base a los registros de Catastro. Las emisiones asociadas a estos cambios fueron calculadas en base al total del contenido de CO₂e estimado por el modelo de cuantificación de carbono derivado de imágenes satelitales, en el momento anterior al proceso de deforestación.

Para este ejercicio no se consideran las emisiones y/o absorciones producto de la sustitución de bosque nativo tipo esclerófilo por plantaciones. Tampoco se considera como

deforestación aquellas emisiones producidas en áreas que fueron identificadas como Matorral arborescente tanto en la Actualización de Catastro de 2001 como en la de 2013.

La superficie estimada de deforestación corresponde a 115.168 hectáreas, las cuales representan una tasa anual de 9.597 hectáreas, con un total de emisiones de 10.833.680 Toneladas de CO₂e, representando una tasa de 902.807 TonCO₂e anual. La mayor parte de superficie y emisiones producidas por la deforestación del bosque esclerófilo tienen como resultado la transformación de los bosques en praderas y matorrales en conjunto con la habilitación de terrenos agrícolas (Tabla 3).

Tabla 3. Transformación de superficie de bosque nativo en otros usos y emisiones por tipo de cambio de uso de la tierra.

Uso de la tierra	Superficie (ha)	Emisiones (ton CO ₂ e)	Superficie (ha)	Emisiones (ton CO ₂ e)
Praderas y matorrales	77.722	7.051.452	6.477	587.621
Terrenos agrícolas	25.851	2.468.357	2.154	205.696
Áreas urbanas e industriales	6.162	645.905	513	53.825
Áreas desprovistas de vegetación	3.990	475.514	333	39.626
Cuerpos de agua	808	113.877	67	9.490
Humedales	356	44.853	30	3.738
Nieves eternas y glaciares	279	33.723	23	2.810
Total	115.168	10.833.680	9.597	902.807



Análisis aumento de existencias

De igual forma que para la deforestación, la estimación de absorciones por aumento de existencias se calculó en base a la información de cambio de uso de suelo procedente de las actualizaciones de Catastro de 2001 y 2013, en conjunto con los resultados de la aplicación del modelo de cuantificación de carbono.

La superficie estimada de aumento de existencias por cambio de uso de suelo corresponde a 53.013 hectáreas, las cuales

representan una tasa anual de 4.418 hectáreas, con un total de absorciones de 5.735.093 Toneladas de CO₂e, con una tasa de 477.924 TonCO₂e anual. Los escasos registros de procesos de forestación con especies esclerófilas nativas en el área mediterránea, impiden discernir entre aumento de existencias producto de programas de forestación y aquellos producto de la transformación natural de matorrales en zonas boscosas (Tabla 4).

Tabla 4. Superficie y absorciones por incremento de carbono forestal por tipo de cambio de uso de la tierra.

Uso de la tierra	Superficie (ha)	Absorciones (ton CO ₂ e)	Superficie (ha/año)	Absorciones (tonCO ₂ e/año)
Matorral Semidenso	18.370	-2.063.282	1.531	-171.940
Matorral Abierto	19.892	-1.966.737	1.658	-163.895
Matorral Denso	8.427	-1.103.171	702	-91.931
Matorral Muy Abierto	5.582	-526.213	465	-43.851
Matorral-Suculentas Semidenso	500	-51.328	42	-4.277
Matorral Pradera Abierto	242	-24.337	20	-2.028
Matorral Pradera Muy Abierto	1	-26	0	-2
Total	53.013	-5.735.093	4.418	-477.924

Además, se consideraron las absorciones producidas en el bosque esclerófilo que permaneció como tal durante el periodo de estudio, las cuales fueron estimadas analizando la diferencia de contenido de carbono entre los años de análisis para aquella superficie en que se produjo un incremento en sobre las reservas iniciales.

La superficie estimada de aumento de

existencias por incremento de las reservas de carbono en bosques que permanecen bosques durante el periodo de estudio corresponde a 509.461 hectáreas, con un total de absorciones de 9.579.794 Toneladas de CO₂e, representando una tasa de 798.316 TonCO₂e anual. Los bosques calificados estructuralmente como renovales son los que representan la mayor superficie con incrementos de carbono y el mayor volumen de absorciones (Tabla 5).

Tabla 5. Superficie y absorciones por aumento de existencias por estructura del bosque.

Uso de la tierra	Superficie (ha)	Absorciones (ton CO ₂ e)	Absorciones (tonCO ₂ e/año)
Renoval	494.512	-9.360.060	-780.005
Adulto renoval	11.885	-180.855	-15.071
Adulto	2.009	-21.336	-1.778
Achaparrado	1.055	-17.543	-1.462
Total	509.461	-9.579.794	-798.316



Análisis de degradación

Según el concepto definido el NREF/NRF subnacional de Chile se considera como degradación 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 regular, y se requiera una inversión adicional para su permanencia y resiliencia.

Para el caso del bosque esclerófilo, no se cuenta con información para identificar un

rango, en base al contenido de carbono, que indique el momento en que se recomienda el cese de actividad silvícola y que requiera de una inversión adicional para su permanencia y resiliencia.

Para este estudio se propone como límite consensado por los autores el 66% del contenido de carbono por hectárea para un bosque intacto del tipo esclerófilo. Se estimó, en base a los valores máximos de las existencias de

carbono derivados del modelo de cuantificación de carbono, como contenido de carbono en un bosque esclerófilo intacto, un volumen de 249 ton CO₂e/ha. Así, se considerará como superficie en proceso de degradación, aquella que haya reducido sus reservas de carbono forestal en el periodo de estudio y además, en el año 2013 tenga un contenido de carbono inferior a 164 ton CO₂e/ha.

Como resultado se identificaron un total de 727.625 hectáreas bajo procesos de

degradación en el periodo de estudio, emitiendo 16.582.207 Toneladas de CO₂e, con una tasa anual de 1.381.850 ton.CO₂e. La mayor parte de las emisiones se producen en las zonas con reservas de carbono en el 2001 muy bajas, mientras que en pocos casos se producen emisiones en áreas con contenidos muy altos en el 2001 (Tabla 6). Esta peculiaridad deja de manifiesto y alerta sobre la posible transformación de estos bosques en matorrales, lo que provocaría que la degradación de los bosques llegase a convertirse en deforestación.

Tabla 6. Superficie y emisiones por degradación forestal según rango de contenido de carbono inicial y final.

Situación 2001 (ton CO ₂ e/ha)	Situación 2013 (ton CO ₂ e/ha)	Superficie (ha)	Emisión (ton CO ₂ e)	Emisión anual (ton CO ₂ e/año)
< 82	< 82	517.912	11.681.648	973.470
82-164	< 82	83.799	3.005.830	250.485
82-164	82-164	124.712	1.829.498	152.458
< 82	82-164	1.127	49.571	4.130
< 82	< 82	73	14.965	1.247
> 164	< 82	1	374	31
> 164	82-164	2	320	26
Total		727.625	16.582.207	1.381.850

Los resultados obtenidos indican que las emisiones producto de la deforestación y la degradación forestal del bosque esclerófilo superan las absorciones producto del crecimiento y aparición de nuevos bosque (Tabla 7). La implementación de medidas estratégicas destinadas a reducir las emisiones y aumentar las absorciones deberán ser registradas en el futuro para medir su efectividad en comparación a la tendencia proyectada (Figura 1), permitiendo acceder a pagos por resultados, que pretenden ser un incentivo que sirva de complemento a los ingresos derivados del uso sustentable de

los bosques, los cuales, además de servicios ambientales, deben convertirse en una fuente de ingresos para pequeños y medianos propietarios, y deben ser implementados bajo un marco que evite los potenciales riesgos e impactos sociales y ambientales, los cuales han sido identificados en talleres participativos y de consulta que han sido llevado a cabo en cada una de la regiones de Chile y han contado con la participación académicos, sector público, ONG's, comunidades indígenas, pequeños propietarios, etc.

Tabla 7. Superficie y emisiones/absorciones por deforestación, degradación forestal y aumento de existencias de carbono.

	Superficie (ha/año)	Emisión anual (ton CO ₂ e/año)
Deforestación	9.597	902.807
Degradación	727.625	1.381.850
Aumento de existencias	513.879	-1.276.240



Promedio de Emisiones y Absorciones del bosque Esclerófilo

Región de Valparaíso, O'Higgins y Metropolitana

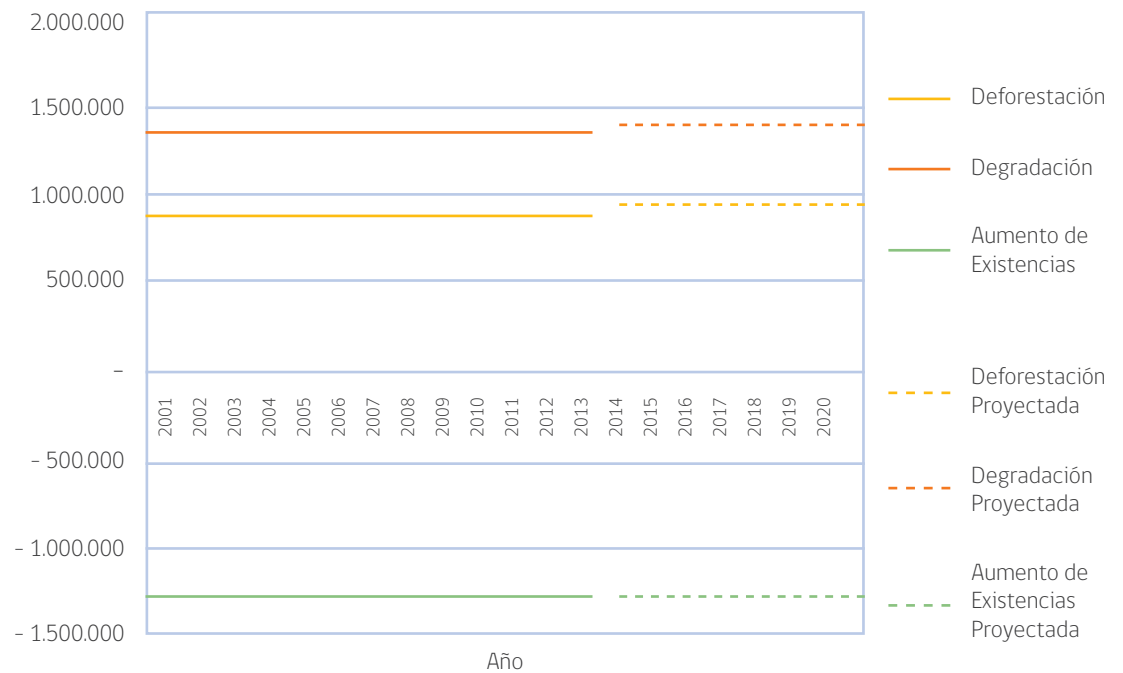


Figura 1. Emisiones/absorciones históricas y proyectadas (2001–2020) por deforestación, degradación forestal y aumento de existencias de carbono.

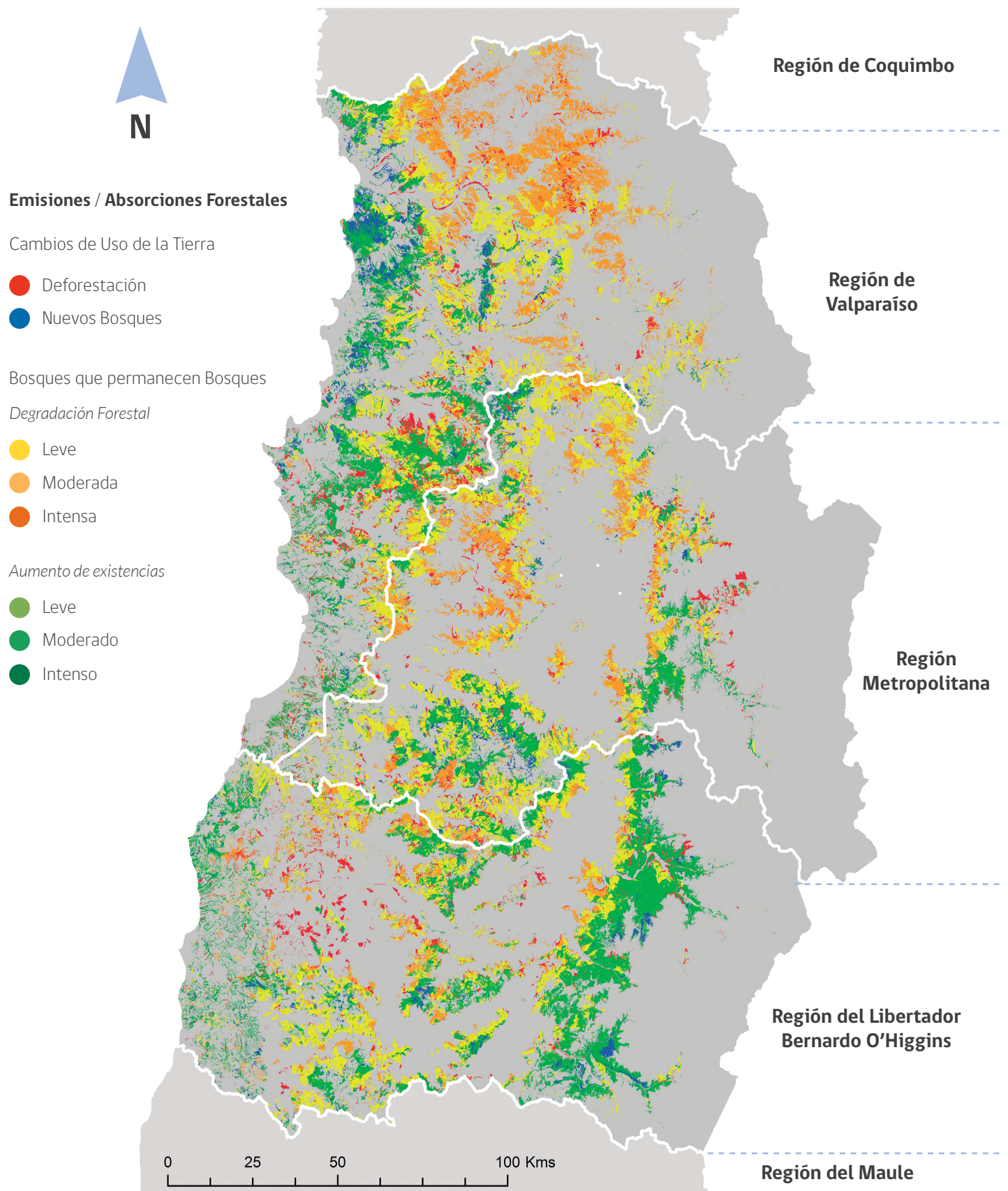
Los resultados indicados revelan la situación de alta fragilidad del bosque esclerófilo, habitual en los ecosistemas de tipo mediterráneo, los cuales, generalmente, han sufrido cambios sustanciales en su estructura y funciones ecosistémicas como consecuencia del impacto humano (Rundel 1998). En el caso específico de Chile, las regiones del ecosistema mediterráneo soportan 55,8% de la población humana nacional, con una densidad poblacional superior a los 200 hab/km², cifra 23,2 veces mayor que el promedio nacional (INE, 2012).

Pese a que el contenido promedio y el potencial en absorciones de carbono del tipo forestal esclerófilo es inferior a otros tipos forestales que se distribuyen generalmente en las regiones del bosque templado, como el Siempreverde

o el Roble-Raulí-Coihue, es de alta relevancia emprender acciones estratégicas que permitan mitigar el cambio climático en este tipo de bosque, que se caracteriza principalmente por presentar alta biodiversidad* (Davis et al, 1994; di Castri, 1981; Arroyo et al., 2000) y elevado endemismo (Myers, 2003), así como por su relevancia ante el avance de la desertificación y degradación de la tierra.

En este sentido, a través de la ENCCRV, ha comenzado el desarrollo de acciones estratégicas de implementación temprana, que pretende generar modelos de gestión replicables para combatir los principales causales de deforestación y degradación de los bosques de Chile, como son los incendios forestales y el uso insostenible de la leña.

Mapa de deforestación, degradación y aumento de existencias



Bibliografía

- Arroyo, M.T.K., C. Marticorena, O. Matthei, and L.A. Cavieres. 2000. "Plant invasions in Chile: present patterns and future predictions." In *Invasive Species in a Changing World*, edited by H.A. Mooney and R.J. Hobbs, 395-421. Washington, USA: Island Press.
- Cano, J.; Sartori, A.; Quintanilla, O.; Oyarzún, V.; Sidman, G.; Casarim, F.; MacMurray, A.; Pearson, T.; Gayoso, J.; Sandoval, V.; Almonacid, N.; Bahamondez, C.; Rojas, Y.; Sagardia, Y. y Honeyman, P. 2016. Nivel de Referencia de Emisiones Forestales / Nivel de Referencia Forestal del Bosque Nativo de Chile. Documento Preliminar. CONAF.
- CONAF. 2014. Cuenta Pública participativa. Año 2014. Corporación Nacional Forestal.
- Davis, S.D., V.H. Heywood, and A.C. Hamilton. 1994. Centers of Plant Diversity: Worldwide Fund for Nature (WWF)/International Union for the Conservation of Nature (IUCN)
- Di Castri, F. 1981. "Mediterranean-type shrublands of the world." In *Mediterranean-type Shrublands*, edited by F. di Castri, D.W. Goodall and R.L. Specht, 1-52. Amsterdam, Holand: Elsevier.
- Instituto Nacional de Estadística. 2012. Compendio Estadístico 2012. Estadísticas Demográficas.
- IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Kamiyamaguchi (Japan): IGES, 2006.
- Myers, N. 2003. "Biodiversity hotspots revisited." *BioScience* 53 (10):916-917
- Rundel, P.W. 1998. "Landscape disturbance in mediterranean-type ecosystems: an overview." In *Landscapes Disturbance and Biodiversity in Mediterranean-type Ecosystems*, edited by P.W. Rundel, G. Montenegro and F. M. Jaksic, 3-22. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Sartori, A.; 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.
- 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.



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.enccrvchile.cl

**Paseo Bulnes 377, Oficina 207
Santiago de Chile**

Copyright © 2016 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.