



Nota Técnica

Contabilidad de Carbono – ERPD Chile

Carbon Fund Fifteenth Meeting (CF15),
December 12–15, 2016, Washington DC

01



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

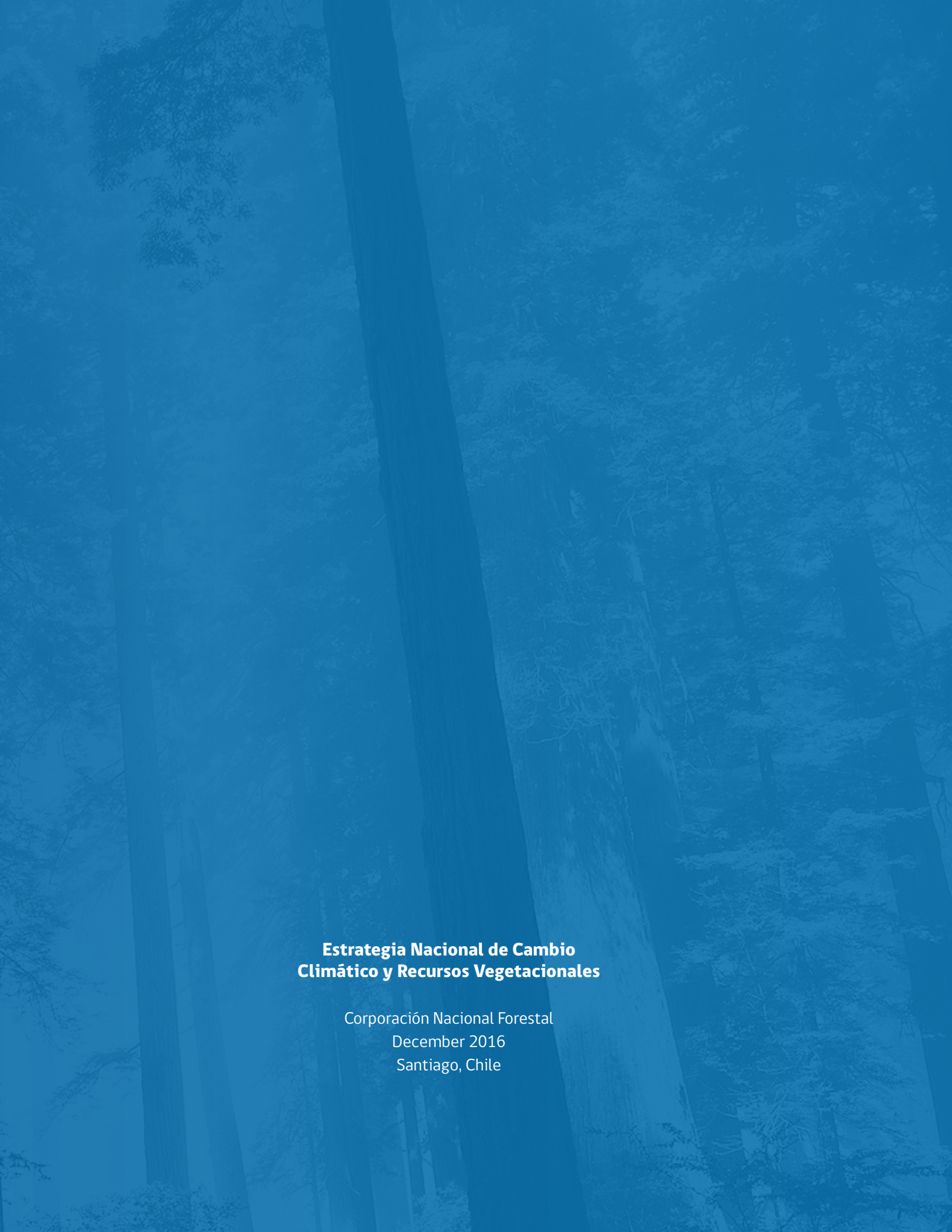


TODOS
POR
CHILE



ENCCR V

ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO Y RECURSOS VEGETACIONALES



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

Corporación Nacional Forestal
Diciembre 2016
Santiago, Chile

Selección de FFEE Regionales

Javier Cano¹, Felipe Casarim², Anna McMurray², Tim Pearson², Carlos Bahamondez³, Yasna Rojas³.

Este documento pretende justificar la selección de Factores de Emisión (FFEE) Regionales utilizados para la estimación de emisiones por deforestación en el Nivel de Referencia (NR) incluido en la Descripción del Programa de Reducción de Emisiones (ERPD) de Chile ante la solicitud de entrega de mayores antecedentes emanada en el proceso de evaluación del Grupo de Asesoramiento Técnico (TAP, por sus siglas en inglés).

Si bien, la práctica habitual en la mayoría de países es el uso de FFEE en base a una estratificación relacionada con las tipologías y/o estructuras forestales, en el caso del Área del Programa de Reducción de Emisiones (PRE), Chile ha estimado que el uso de FFEE regionales tiene mayor representatividad con la realidad nacional y congruencia con otros documentos oficiales del país como el Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal (NREF/NRF) consignado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) o el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), lo que permite cumplir con el Criterio 10 del Marco Metodológico del Fondo Cooperativo de Carbono de los Bosques (FCPF, por sus siglas en inglés).

En primer lugar, cabe destacar que para las estimaciones de emisiones por cambios de uso de la tierra, realizadas en el INGEI, así como en la estimación de emisiones por deforestación establecidas en el NREF/NRF, se utilizan FFEE Regionales, los cuales son generados en base a las existencias en volumen en metros cúbicos sólidos sin corteza (m³ssc), derivadas del Inventario Forestal Continuo del INFOR. Los datos utilizados para la generación de estos FFEE están detallados en el Informe de Inventario del año 2011. Mediante análisis de experto, el Sistema Nacional de Inventarios de Chile (SNiChile) estableció como supuesto que los bosques deforestados contienen el 50% de la existencia de biomasa promedio. La estimación de volumen a escala regional se genera mediante la ponderación de las estimaciones de volumen por conglomerado en base a la superficie de cada tipo forestal para cada región.

Por otra parte, de acuerdo con las indicaciones del TAP, con el objetivo de robustecer esta selección se han analizado una serie de circunstancias basadas en las características geo/climáticas de Chile con una gran amplitud latitudinal, el carácter subnacional del área del PRE, la amplitud y variabilidad en la distribución de Tipos Forestales y el error estadístico de agregación de conglomerados.



¹ Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF)

² Winrock International

³ Instituto Forestal de Chile (INFOR)



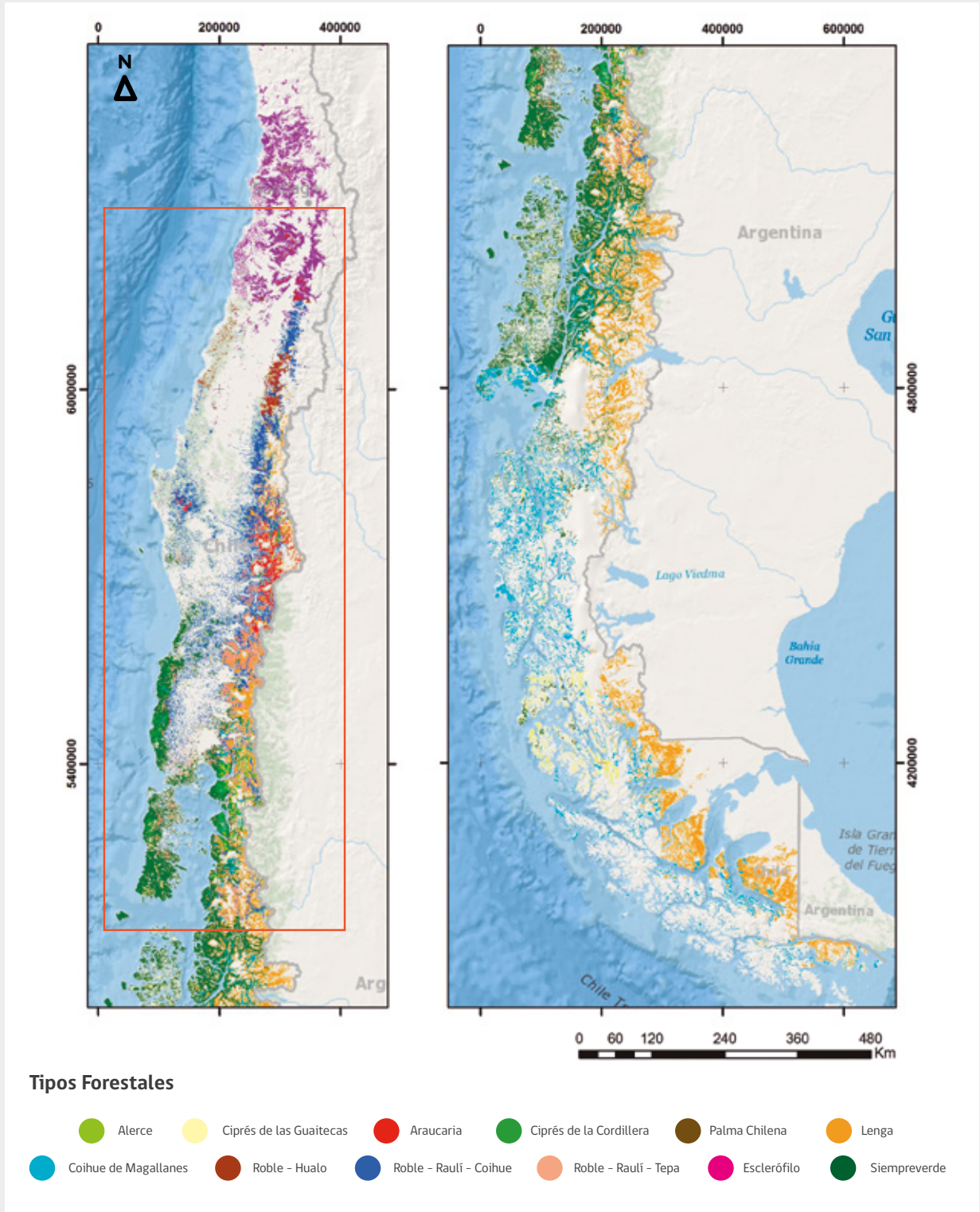
Distribución y Representación de Tipos Forestales

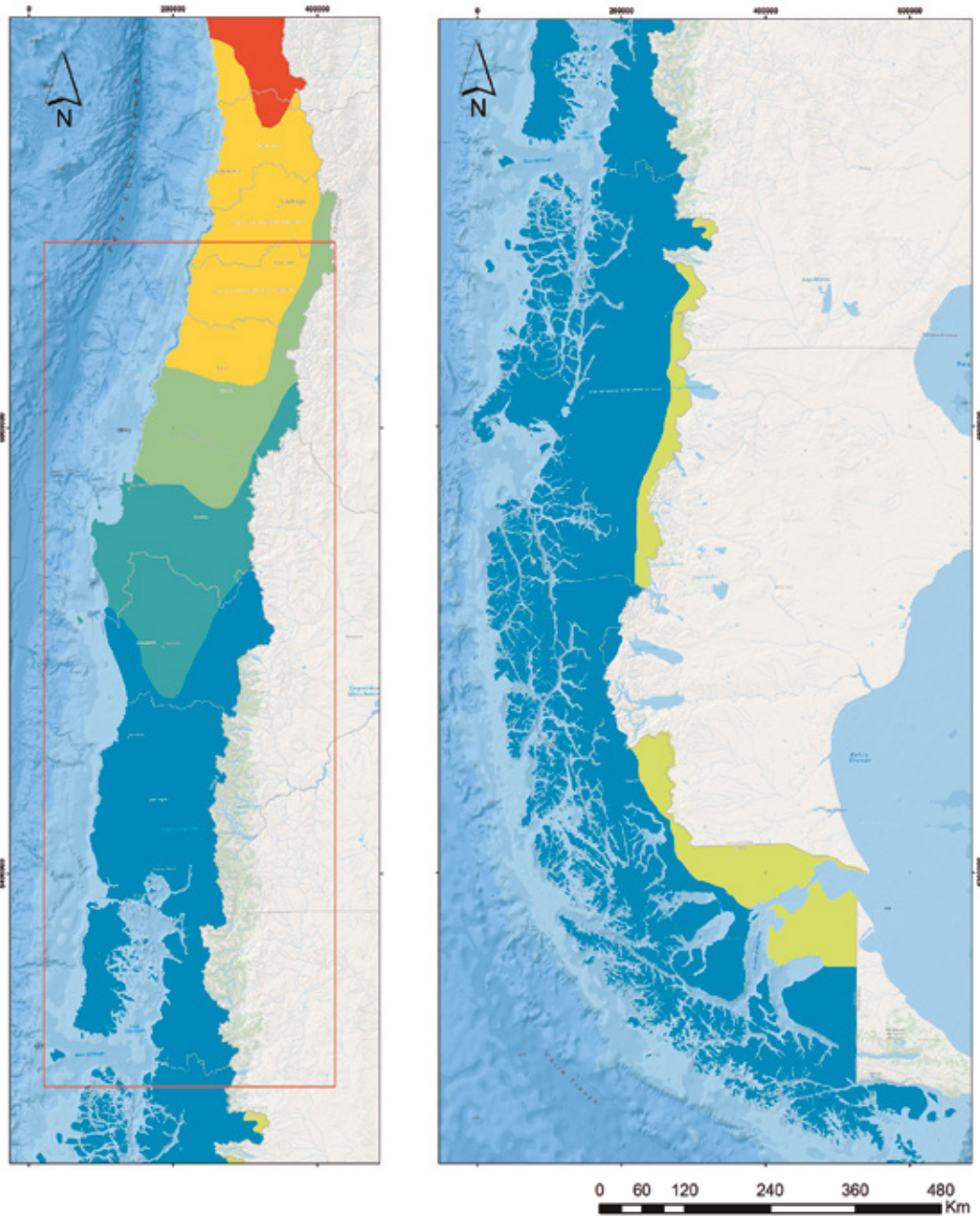
Es importante resaltar la distribución y representación de Tipos Forestales en las regiones del Área del PRE, como se puede apreciar en la Tabla 1, de los 11 tipos forestales presentes en el Área del PRE, sólo 4 son exclusivos para estas cinco regiones (Alerce, Araucaria, Roble-Raulí-Coihue y Coihue-Raulí-Tepa). Destacando dos casos particulares; Lengua con cerca de 1 millón de hectáreas y una representatividad del 25%; y Siempreverde con 1.5 millones de hectáreas y una representatividad del 44%.

Tabla 1. Distribución de tipos forestales dentro y fuera del Área del Programa de Reducción de Emisiones.






Región	Tipo Forestal (ha)										
	Alerce	Ciprés de las Guaitecas	Araucaria	Ciprés de la Cordillera	Lengua	Coihue de Magallanes	Roble-Hualo	Roble-Raulí-Coihue	Coihue-Raulí-Tepa	Esclerófilo	Siempre verde
Area Pre	216.130	43.171	253.339	59.849	906.740	130.839	175.697	1.602.588	841.701	71.520	1.551.814
Resto Del País	-	536.796	-	3.026	2.714.465	1.868.512	44.759	-	-	1.282.905	1.950.736
Area Pre	100%	7%	100%	95%	25%	7%	80%	100%	100%	5%	44%
Resto Del País	0%	93%	0%	5%	75%	93%	20%	0%	0%	95%	56%

Como se puede apreciar en los mapas de distribución de Tipos Forestales e Índice de Aridez (Figura 1), la distribución climática de Chile tiene una caracterización latitudinal que se ajusta en gran medida a la división administrativa regional. Por su parte la distribución por Tipos Forestales tiene una distribución muy heterogénea en el área del Programa de RE, con ciertos Tipos Forestales predominantes en las Macrozonas Mediterránea y Austral.





Indice de Aridez del Ministerio de Medio Ambiente

- | | | | |
|---|---|--|--|
|  Hiperhúmeda |  Subhúmeda |  Semiárida |  Árida |
|  Húmeda |  Semiárida Estepárica Fría |  Árida Estepárica de Altura |  Hiperárida |

Error estadístico de las estimaciones del inventario forestal continuo

Con respecto al error estadístico de las estimaciones del Inventario Forestal Continuo, la agregación a nivel regional entrega errores entre 17.03% y 19.34%, significativamente más bajos que la agregación por tipo forestal y región, como se puede apreciar en la Tabla 2. Siendo un factor determinante el “n” muestral de cada categoría¹.

Tabla 2. Errores en estimación de Volumen por Región y por Tipo Forestal y Región.

Región	Errores en Vol (m3/ha)	Tipo Forestal	Errores en Vol (m3/ha)
Maule	19.14%	Esclerófilo	28.28%
		Roble-Raulí-Coihue	34.13%
		Roble-Hualo	26.11%
BioBío	17.02%	Siempreverde	133.00%
		Esclerófilo	S/I
		Roble-Hualo	70.65%
Araucanía	19.33%	Roble-Raulí-Coihue	17.06%
		Siempreverde	14.31
		Coihue-Raulí-Tepa	113.26
Los Ríos	18,00%	Roble-Raulí-Coihue	52.05%
		Siempreverde	23.93%
		Coihue-Raulí-Tepa	28.75%
Los Lagos	17.60%	Alerce	33.35%
		Roble-Raulí-Coihue	60.91%
		Siempreverde	33.44%
		Coihue-Raulí-Tepa	23.43%
			59.54%

A continuación se describe la metodología para la estimación del error, extraído de Los Recursos Forestales en Chile, INFOR, 2011, según se describe en el capítulo “Estimación desde unidades muestrales a la población total”.

A partir de las unidades muestrales definidas en el diseño muestral y del número definitivo medio en la toma de datos de terreno, se procede a calcular algunos estadígrafos que reflejan la calidad de la estimación por la vía de describir la incertidumbre estadística asociada a los estimados.



¹ Los datos originales correspondientes a las mediciones en terreno de los conglomerados utilizados en la estimación pueden ser revisados en el Anexo Datos Inventario Continuo <http://www.enccrv-chile.cl/index.php/descargas/nivel-de-referencia/52-anexo-datos-inventario-continuo/file>

Así los estimados de las existencias volumétricas en m³s.s.c. de la población son:

Cálculo de la media total y existencias totales:

$$\mu = \sum_{mn} V_{ij} / MN$$

Donde,

μ = Media total estimada en m³s.s.c. por hectárea

V_{ij} = Volumen cúbico sólido en pié de la parcela $i(i=1,N)$ del conglomerado $j(j=1,M)$

Cálculo de la varianza de la media total:

La varianza muestral de la media total se estima como un muestreo clásico en dos etapas para una población infinita de acuerdo a:

$$Var(\mu) = \frac{\sum_j^M n_j (v_j - \mu)^2}{(\sum_j^M n_j)(m - 1)}$$

Donde,

v_j = Volumen medio por hectárea del conglomerado j en m³s.s.c.

μ = Volumen medio total del área de estudio

n_j = Número de parcelas secundarias del conglomerado j

m = Número total de unidades primarias

Con,

$$\sum_j^M n_j = mn_j$$

Cálculo de la varianza de la media total:

El cálculo del error de la media total y por ende de las existencias estimadas se calcula como:

$$Error(\mu) = t_g \hat{S}$$

Con,

$Error(\mu)$ = Error absoluto de la media total en m³s.s.c.

\hat{S} = Desviación estándar de la media en m³s.s.c.

De forma similar, las expresiones anteriores se aplican para esquemas degradados de estimación, como cálculo de las existencias a nivel regional, provincial, por tipo forestal y sus respectivos errores muestrales.



Análisis de significancia estadística

Para identificar los estratos forestales estadísticamente significativos, se analizó la información sobre la biomasa por hectárea para las diferentes regiones y tipos de bosques, así como por diferentes estructuras forestales y cobertura del dosel, clasificaciones asignadas por Catastro. Los tipos de bosques analizados incluyeron Alerce (AL), Araucaria (AR), Ciprés de la Cordillera (CC), Coihue de Magallanes (CM), Coihue-Raulí-Tepa (CRT), Esclerófilo (ES), Lenga (LE), Roble-Hualo (RH), Roble-Raulí-Coihue (RRC), y Siempreverde (SV). Las estructuras forestales incluyeron bosque achaparrado, bosque renoval, adulto-renoval, y bosques adultos. Los niveles de cobertura incluyeron bosques abiertos, densos y semi-densos.

Se incluyó la información de la biomasa para los tipos de bosque desde 2002 en las regiones del Biobío, Maule, la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos y la información de biomasa para la estructura forestal y cobertura desde 2002 para las mismas regiones. En cada una de estas categorías los valores de biomasa para ciertas categorías no estaban distribuidas normalmente, como lo ilustran los histogramas para las estructuras forestales en Figura 2. Por consiguiente, se utilizaron análisis estadísticos no paramétricos para identificar los estratos significativamente distintos.

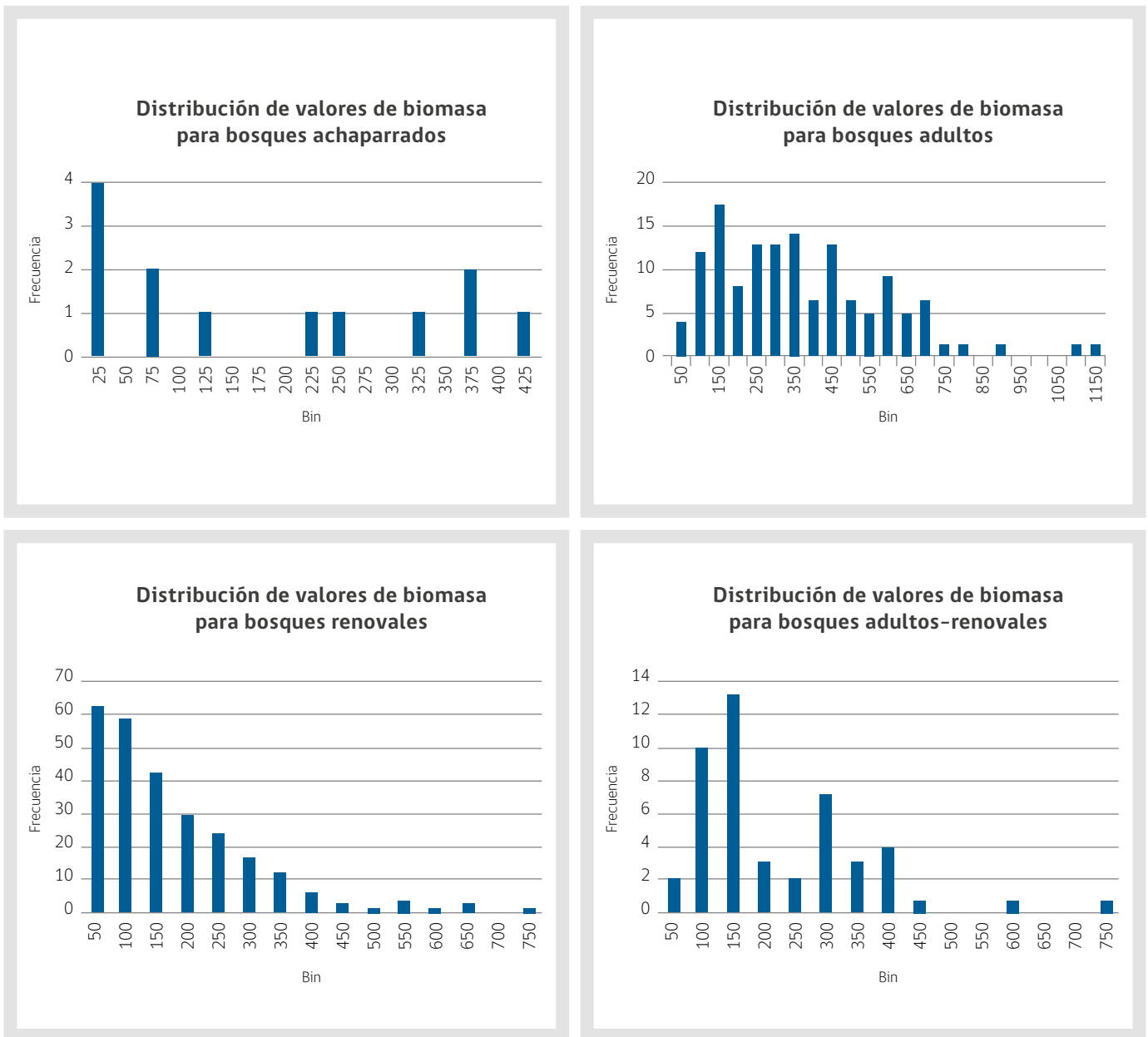


Figura 2. Distribución de las diferentes clasificaciones de estructuras forestales.

Previo a la ejecución del análisis, la base de datos se depuró para eliminar cualquier observación con valor de biomasa 0, considerados por el INFOR como errores en la base de datos.

Se crearon diagramas de cajas para visualizar la distribución de la biomasa en las diferentes categorías (Figuras 3-5). Las bandas en las cajas representan los valores promedio de la biomasa, la parte superior de las cajas representan el tercer cuartil de la información, la parte inferior de las cajas representan el primer cuartil, la parte superior de las líneas (frecuentemente conocidas como bigotes) representan el 95% del intervalo de confianza de la media. Los puntos fuera de los bigotes son valores atípicos.

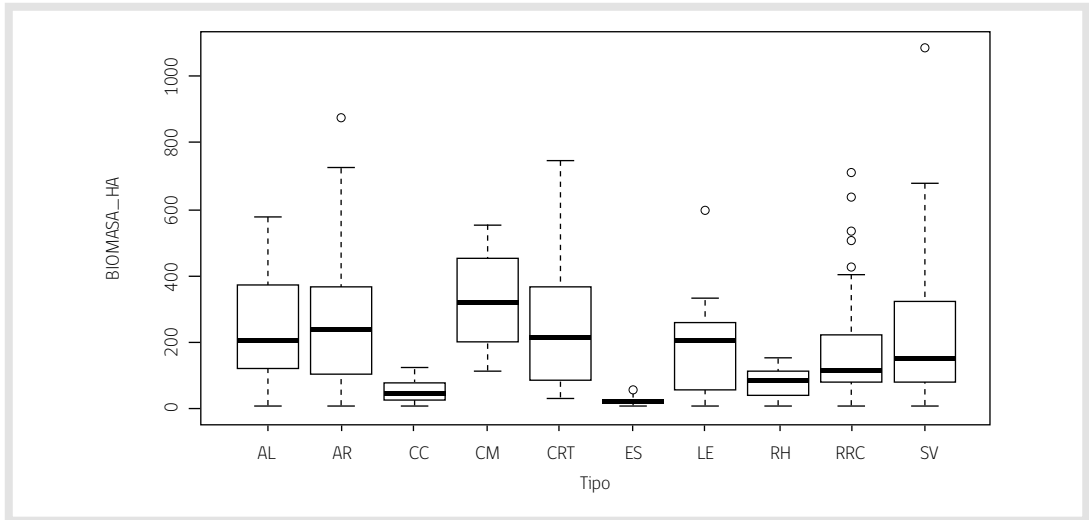


Figura 3. Diagrama de cajas de los valores de biomasa por hectárea para los diferentes tipos de bosques.

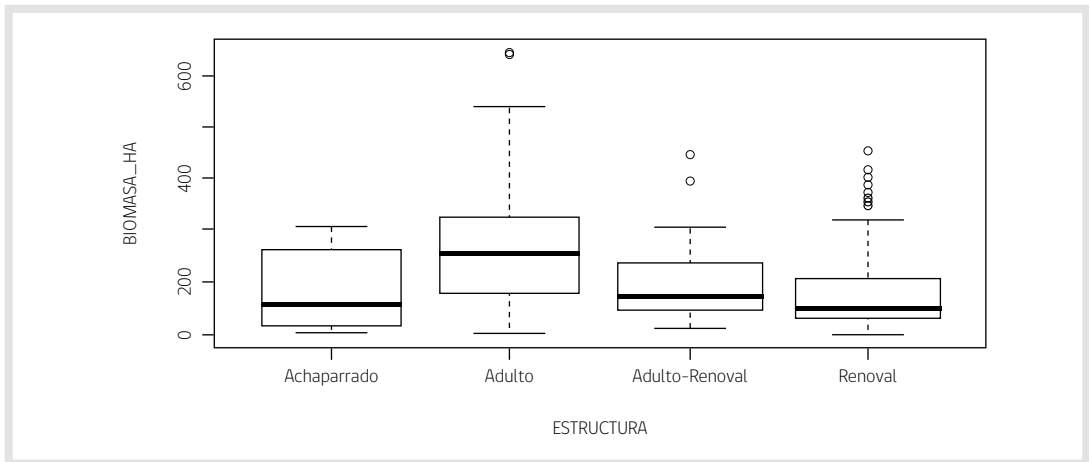


Figura 4. Diagrama de caja de los valores de biomasa por hectárea para las diferentes estructuras forestales.

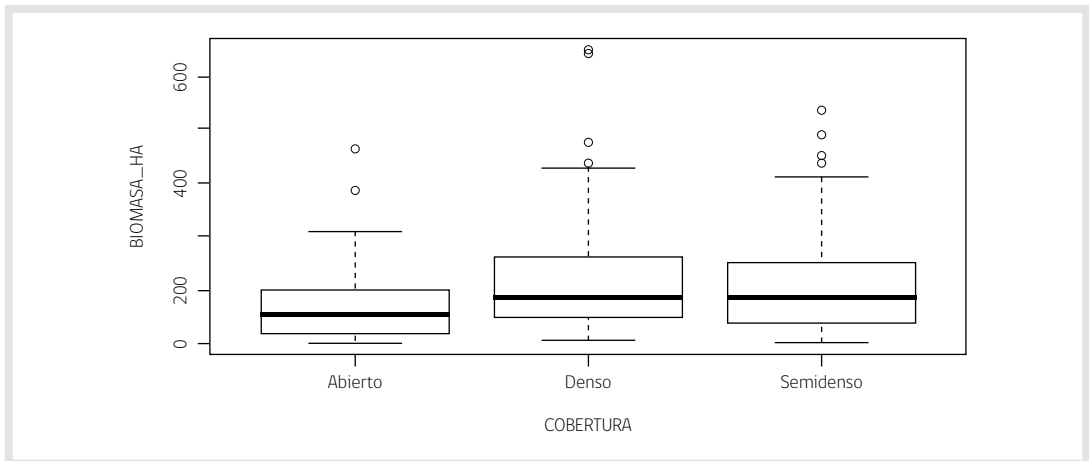


Figura 5. Diagrama de cajas de los valores de biomasa por hectárea para los diferentes tipos de cobertura.

Se realizó una prueba de Suma de Rangos Kruskal-Wallis² para identificar la existencia de diferencias significativas dentro de los diferentes grupos. Posteriormente, en caso de existir diferencias, se realizaron diversas pruebas post-hoc (Dunn, Nemenyi y Conover) de comparación múltiple de pares para identificar donde estaban las diferencias.

Para los tipos de bosque, el análisis de Suma de Rango Kruskal-Wallis mostró evidencia estadística de diferencias (valor $p= 0.0001025$). Sin embargo, los análisis post-hoc denotaron que estas diferencias no eran relevantes. Por ejemplo, mostró una significativa diferencia entre Roble-Raulí-Coihue y Coihue-Raulí-Tepa, no obstante, la diferencia sólo existió entre esas dos clases, y la biomasa de ambos tipos de bosque no difería de la biomasa de ningún otro tipo de bosque. Por lo tanto, consideramos que había sólo un estrato en el tipo de bosque.

Para la estructura y cobertura forestal, la prueba Kruskal-Wallis también mostró diferencias (para la estructura el valor P fue $< 2.2e-16$; para cobertura el valor P equivalió a 0.001314). Las pruebas post-hoc, tal y como lo ilustran los resultados en la prueba de comparación múltiple de Dunn, muestra diferencias entre el bosque adulto y las otras clasificaciones de estructura forestal a un nivel de importancia del 0.01 (Tabla 3). Para la clasificación de cobertura, los análisis mostraron una diferencia entre el bosque abierto y las otras dos clasificaciones a un nivel de importancia del 0.01 (Tabla 4).

Los resultados obtenidos mediante los análisis realizados no entregan una referencia estadística lo suficientemente contundente que permita realizar una estratificación forestal con la suficientemente robusta.

Tabla 3. Resultados de valores p ajustados de la prueba Dunn post-hoc para la clasificación de estructuras.

	Achaparrado	Adulto	Adulto-Renoval
Adulto	0.00547*	-	-
Adulto-Renoval	0.67881	0.00096*	-
Renoval	0.72140	$< 2e-16^*$	0.03427

* Estadísticamente significativo (valor $p < 0.01$)

Tabla 4. Resultados de los valores p ajustados de la prueba Dunn post-hoc para la clasificación de coberturas.

	Abierto	Denso
Denso	0.00081*	-
Semi-denso	0.00857*	0.27166

* Estadísticamente significativo (valor $p < 0.01$)



² La Suma de Rangos Kruskal-Wallis se llevó a cabo utilizando la función `kruskal.test`, localizada en la versión 3.2.2 del Paquete Base de R y el paquete para los análisis post-hoc de la Comparación Múltiple de Pares de Media (PMCMR) para R (funciones `posthoc.kruskal.dunn.test`, `posthoc.kruskal.nemenyi.test`, `posthoc.kruskal.conover.test`).



Posteriormente, también se realizó la prueba Kruskal-Wallis para evaluar las diferencias de biomasa entre las diferentes regiones.

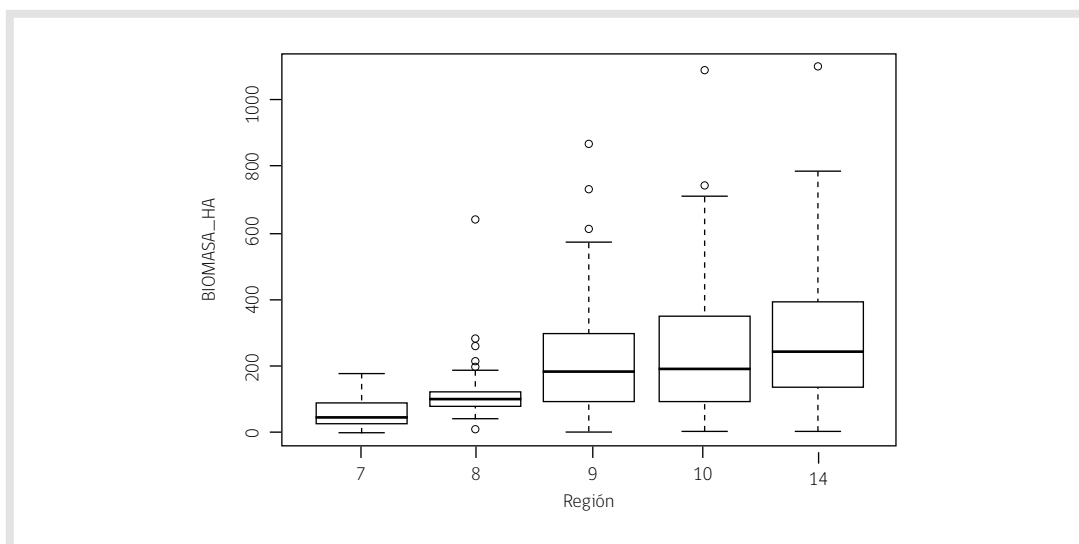


Figura 6. Diagrama de cajas de los valores de biomasa por hectárea para las diferentes regiones

Se utilizó la función `kruskal.test` de la versión 3.3.1 del Paquete Base de R. Se mostró la existencia de diferencias significantes entre las regiones (Valor $P < 2.2e-16$). Para identificar donde estaban estas diferencias, se realizó una prueba post-hoc Dunn (del paquete para los análisis post-hoc de la Comparación Múltiple de Pares de Media (PMCMR) para R (función `posthoc.kruskal.dunn.test`). Los resultados en Tabla 5 muestran que los valores de biomasa de Maule y Bío Bío son estadísticamente diferentes que los valores de todas las otras regiones así como entre ellos. Sin embargo, utilizando un nivel de importancia de $P=0.01$, no hay diferencias significantes entre la Araucanía, Los Lagos y Los Ríos.

Tabla 5. Resultados de valores p ajustados de la prueba Dunn post-hoc para la clasificación de regiones.

	Maule (7)	Bío Bío (8)	Araucanía (9)	Los Lagos (10)
Bío Bío (8)	0.00636*	-	-	-
Araucania (9)	5.8e-11*	0.00878*	-	-
Los Lagos (10)	2.9e-14*	0.00047*	0.32494	-
Los Ríos (14)	< 2e-16*	3.3e-07*	0.01380	0.10686

* Estadísticamente significativo (valor $p < 0.01$)

Análisis comparativo

De acuerdo a las indicaciones del TAP, se realizó un análisis comparativo que permitiera estimar de forma preliminar las potenciales diferencias entre la estimación de emisiones por deforestación en base a FFEE Regionales y FFEE por Tipo Forestal.

Para ello, en base al promedio de contenido de biomasa por Tipo Forestal extraídos de los datos brutos de las parcelas del Inventario Forestal Continuo, se estimaron simulaciones de FFEE por Tipo Forestal, según se muestra en la Tabla 7. Estos valores fueron ponderados por la superficie deforestada por periodo y por región para generar como resultado un factor de emisión ponderado por superficie deforestada por Tipo Forestal.

$$EF_{SIM} = \left(\sum_{i=1} Def_{i,j} CB_{i=1} \right) + \left(\sum_{i=n} Def_{i,j} CB_{i=n} \right) / \sum Def_j$$

Donde,

EF_{SIM} = Factor de emisión simulado por ponderación

$Def_{i,j}$ = Superficie deforestada por Tipo Forestal (i) y Región (j)

CB_i = Contenido de biomasa por Tipo Forestal (i) y Región (j)

Los resultados obtenidos fueron comparados con los factores de emisión utilizados demostrando que existe una variación significativa, con valores de contenido de biomasa sensiblemente inferiores en el FFEE Regional que en el FFEE por Tipo Forestal (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación entre FFEE Regional y FFEE simulados.

	Factores de emisión regionales (t biomasa/ha)			
	INGEI		Calculado	
	Biomasa comercial	Biomasa total	Biomasa comercial	Biomasa total
Maule	45,9	80,4	60,2	105,4
Biobío	85,7	149,9	169,2	296,1
La Araucanía	148,7	260,2	219,7	384,4
Los Ríos	187,7	328,4	200,5	350,8
Los Lagos	154,6	270,5	210,6	368,6

Tabla 7. Resultados de valores p ajustados de la prueba Dunn post-hoc para la clasificación de regiones.

Tipo Forestal	Deforestacion (ha)					
	Maule		Bio-Bio		La Araucanía	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Alerce	-	-	-	-	-	-
Ciprés de las Guaitecas	-	-	-	-	-	-
Araucaria	-	-	1.053	-	3.547	117
Ciprés de la Cordillera	21	47	509	3	144	69
Palma Chilena	-	-	-	-	-	-
Lenga	14	34	6.461	6	3.018	59
Coihue de Magallanes	-	-	-	-	-	-
Roble - Hualo	347	470	366	6	-	-
Roble - Raulí - Coihue	242	81	6.626	1.069	4.933	1.006
Coihue - Raulí - Tepa	-	-	326	10	1.626	57
Esclerófilo	464	705	281	311	-	-
Siempreverde	23	-	227	70	15.003	226
Total	1.112	1.337	15.849	1.475	28.272	1.533

Conclusiones

En base a los análisis realizados se consideró que:

1.

La distribución de los bosques en Chile hace que un alto porcentaje de la información para la generación de FFEE por Tipos Forestales proceda de información registrada en parcelas fuera del Área de PRE.

2.

La calidad estadística de la información es significativamente mejor en la agregación a nivel regional que a nivel de región y tipo forestal.

3.

Los resultados obtenidos mediante los análisis de significancia estadística realizados no entregan una diferenciación estadística lo suficientemente contundentes que permita realizar una estratificación forestal robusta.

4.

El resultado del análisis comparativo entre FFEE Regionales y FFEE Simulados, indica que existe una variación entre ambos cálculos y que los FFEE Regionales son conservadores ya que arrojan estimaciones de contenido de biomasa inferior a los FFEE Simulados.

Deforestación (ha)						Contenido Biomasa (t biomasa/ha)	
Los Ríos		Los Lagos N		Los Lagos S		Biomasa comercial	Biomasa total
P1	P2	P1	P2	P1	Total		
0	-	62	21	75	158	261	457
1	-	-	-	5	6		-
35	-	-	-	-	4.752	282	493
2	2	-	-	13	811	56	98
-	-	-	-	-	-		-
530	1.946	1.749	263	5.490	19.571	189	332
-	3	22	-	172	198	327	572
-	-	-	-	-	1.189	79	138
2.136	907	3.602	769	384	21.754	154	270
764	89	636	318	108	3.934	255	447
25	-	31	1	-	1.819	13	22
2.244	1.357	1.819	523	12.520	34.014	235	411
5.738	4.305	7.923	1.894	18.767	88.205		

5.

El carácter de simulación de los FFEE estimados implica que no puedan ser utilizados para la estimación de la exactitud.

Lo que lleva a la conclusión de utilizar FFEE contruidos en base a datos procedentes de mediciones de conglomerados situados en las regiones correspondientes al Área del PRE por sobre datos de mediciones de otras regiones fuera del Área de contabilidad, siendo estadísticamente superior la agregación regional a la agregación por tipo forestal y región, por tipo forestal en el área del PRE y por otros atributos analizados, además se concluye que en la actualidad no es posible estimar la incertidumbre asociada a la exactitud de los FFEE Regionales al no contar con datos oficiales y precisos para la realización de este análisis.

De cara al futuro se han planificado reuniones de trabajo del grupo de expertos involucrados en las comunicaciones nacionales relacionadas con Cambio Climático y Cambios de Uso de la Tierra y Silvicultura (INFOR/CONAF/MINAGRI) donde se analizará la idoneidad del uso de EF-Regionales / EF-Tipo Forestal. Los resultados de las reuniones de trabajo, en caso de recomendar modificaciones, serán considerados para una actualización del Nivel de Referencia que integre mejoras en la información disponible en base al enfoque *step-wise*.

Chile propone incluir un valor de incertidumbre en base a la diferencia entre el EF-Regional y el EF-Simulado, resaltando que no considera esta la opción estadísticamente adecuada.

Análisis del uso de la Carta de Stock

Javier Cano¹, Felipe Casarim², Anna McMurray², Tim Pearson², Carlos Bahamondez³, Yasna Rojas³.

Descripción de la Carta de Stock

Para estimar la superficie afectada por degradación en bosques permanentes, recuperación de bosques degradados y conservación se utilizó la metodología definida en detalle en Bahamóndez *et al.* (2009), la cual se basa en datos de número de árboles por hectárea y área basal recopilados en las parcelas del Inventario Forestal Continuo, para estimar de forma espacialmente explícita los contenidos de carbono en diferentes fechas, coincidiendo con las fechas de medición del Inventario.

Las parcelas del Inventario Forestal Continuo se localizan sobre un gráfico de densidad, o carta de stock, basada en los datos de número de árboles y área basal por hectárea. La carta de stock considera varios umbrales, o líneas, que determinan para diferentes tipos forestales, su estatus al momento de la medición, distinguiendo entre parcelas degradadas y no degradadas (Bahamondez, 2009).

La Línea B representa el límite donde los árboles pueden desarrollar grandes copas y una ocupación completa de la capacidad de sitio sin una excesiva competencia (Gingrich, 1967). La delimitación de estos umbrales fue establecida a través de trabajo de terreno de expertos y es específica para cada tipo forestal (INFOR, 2012). La línea B es considerada como el umbral de la resiliencia natural de un bosque. En aquellas parcelas localizadas por debajo del umbral o línea B no es recomendado la ejecución de manejos de tipo productivo (Figura 1).

En el Nivel de Referencia presentado se ha aplicado la carta de stock diseñada para el Tipo Forestal Siempreverde en la totalidad del área de contabilidad, que incluye 11 Tipos Forestales debido a que no han sido desarrolladas, validadas y publicadas las cartas de stock del resto de Tipos Forestales.

Este proceso está siendo desarrollado en la actualidad, pero al tratarse de un proceso de investigación científica los tiempos de ejecución distan de los requerimientos de inmediatez del Fondo de Carbono.

De forma paralela, se han realizado análisis para profundizar en la influencia que puede tener el uso de la carta de stock de un tipo forestal específico en otros tipos forestales.



¹ Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF)

² Winrock International

³ Instituto Forestal de Chile (INFOR)

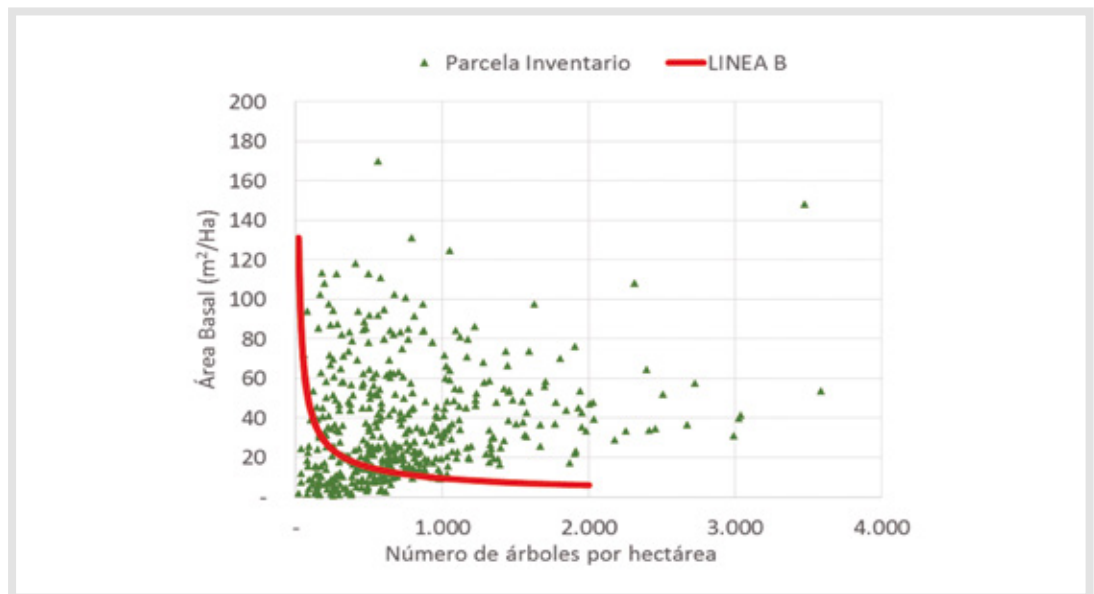


Figura 1. Carta de Stock y línea B. Basado en los datos generados de las mediciones de terreno del Inventario Forestal Continuo (INFOR) utilizadas en el NR.

Comparación de la relación diámetro de copa – diámetro a la altura del pecho en bosques de Roble-Raulí-Coihue y Siempreverde

La elaboración de la carta de stock depende directamente de la relación Diámetro de Copa (DC) – Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), todas las relaciones resultantes son derivadas de esta relación, es decir, la máxima área de copa (MAC) y el factor de competencia de copa (CCF).

En este contexto se procede a comparar la diferencia o similitud entre cartas de stock sobre la base de la relación DC – DAP mediante dos métodos estadísticos, el método de variables condicionales y el método de las covarianzas. A objeto de este caso, se cuenta con 9115 datos de las variables de interés.

Metodología

Hipótesis (Ho)

Los modelos de regresión DC-DAP para bosques de Roble-Raulí-Coihue y Siempreverde son combinables.

Método de variables condicionales

Este método utiliza variables condicionales que solo toman valores 0 o 1 dependiendo de la observación sus características a representar en el modelo de regresión.

Consiste en la generación de un modelo combinado de las dos poblaciones de interés para comparación, realizar la regresión combinada e inferir si se acepta o rechaza la hipótesis nula.



Básicamente, se aplica como:

1. Considere un modelo de regresión p.ej., modelo lineal del tipo $y=ax+b$
2. Asuma una variable z tal que tome valor 0 para una población y 1 para la otra.
3. Conforme el modelo combinado $y=a_1(1+a_2z)+b_1(1+b_2z)x$
4. Ejecute la regresión.
5. Analice los valores 't' asociados a la regresión combinada.
6. Concluya resolviendo hipótesis nula.

Método de variables condicionales

Este método descansa en el análisis de las sumas de cuadrados de la regresión de forma de explicar las sumas de cuadrados acumulados para los parámetros de regresión de dos poblaciones, el supuesto es que la comparación de pendientes e intercepto permita inferir si ambas regresiones son similares al 5% y 1%.

El análisis se basa en las expresiones siguientes.

- $\sum y$ = Sumatoria de DC
- $\sum y^2$ = Sumatoria de DC²
- $\sum x$ = Sumatoria de DAP
- $\sum x^2$ = Sumatoria de DAP²
- $\sum xy$ = Sumatoria de DC*DAP
- n = Número de casos

Con,

$$SCy = \sum y^2 - (\sum y)^2 / n$$

$$SCx = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n$$

$$SPxy = \sum xy - \sum x \sum y / n$$

Y coeficientes,

$$b = SPxy / SCx$$

$$a = (\sum y - b \sum x) / n$$

$$SCR = bSPxy$$

Con suma de cuadrados entre coeficientes b:

$$SCb = \sum SCR - (\sum SPxy)^2 / \sum SCx$$

$$SCa = \sum SCy - \sum SCR$$

$$SCE = SCy_c - (SCa + SCb + SCR_c)$$

Donde 'c' implica regresión combinada

El análisis considerando la parametrización anterior se basa en la tabla siguiente:

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados (I)	Grados de libertad (II)	Cuadrados medios (III)	Razón de Varianzas	Significancia
					** 1%
					* 5%
Regresión combinada	SCR _c	1	(I)/(II) = A	A/D	
Entre pendientes	SC _b	1	(I)/(II) = B	B/D	
Entre interceptos	SC _a	1	(I)/(II) = C	C/D	
Residuos	SCE	n_1+n_2-2r	(I)/(II) = D		
Total	SC_{y_c}	n_c-1			

n_c : cantidad total de datos

r : número de regresiones

n_i : cantidad de datos de la regresión i



Resultados

Los resultados de estos métodos se explicitan mediante las tablas resultantes asociadas a cada método.

Método de variables condicionales

Tabla de parámetros resultantes de la regresión combinada

Estadísticas de la regresión				
Coefficiente de correlación múltiple	0,81474631			
Coefficiente de determinación R ²	0,66381154			
R ² ajustado	0,66370085			
Error típico	1,65391739			
Observaciones	9115			

Análisis de Varianza				
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F
Regresión	3	49210,2621	16403,4207	5996,62368
Residuos	9111	24922,6188	2,73544274	
Total	9114	74132,8809		
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	1,2446758	0,0405027	30,7306876	2,056E-194
Z	0,04671023	0,05884753	0,79375001	0,42736165
BNARBVI_DAP	0,13965055	0,00142719	97,850283	0
ZD	-0,00318722	0,00206234	-1,54544044	0,1222745

Análisis de t-Student			
	t calculado	t tabulado	grados de libertad
Z	0,7937	1,96	9115
ZD	-1,5454	1,96	

Dados los parámetros obtenidos para t, se acepta la hipótesis nula.

Método de las Covarianzas

Tabla de parámetros resultantes de la regresión combinada

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados (I)	Grados de libertad (II)	Cuadrados medios (III)	Razón de Varianzas	Significancia
					** 1%
					* 5%
Regresión combinada	49220,3379	1	49220,3379	68898644,3	**
Entre pendientes	6,7553	1	6,7553	9456,0158	**
Entre interceptos	24919,0613	1	24919,0613	34881709,7	**
Residuos	6,5116	9115	0,0007		
Total	74152,6661	9114			

Dados los parámetros obtenidos, se acepta la hipótesis nula.

Conclusión

Ambos métodos arrojan como resultado la aceptación de la hipótesis nula reforzando la decisión de considerar solo un modelo para la aplicación de una curva única en la carta stock para al tema de la detección de bosques degradados.



Representatividad de Tipos Forestales

Reconociendo que el uso de cartas de stock específicas para cada tipo forestal puede aumentar la precisión y exactitud de los resultados se realizó un análisis preliminar de la representatividad de los diferentes tipos forestales.

Para realizar este análisis se estimó la superficie aproximada de bosque permanente sujeto a procesos de degradación y bosques degradados en proceso de recuperación para el periodo de referencia por Tipo Forestal (Tablas 8 y 9). Para ambos casos se identificaron los Tipos Forestales Siempreverde, Roble-Raulí-Coihue, Lenga y Coihue-Raulí-Tepa como los de mayor representatividad (77% en ambos casos).

Como paso final se realizó una comparación entre la superficie relativa por Tipo Forestal y la superficie relativa de degradación y aumento de existencias por Tipo Forestal (Tabla 10). Los resultados arrojan que hay una relación directa muy ajustada con ratios cercanos al 0 en la mayor parte de los casos. Las mayores variaciones se registran en Siempreverde (0,11/0,01) y Roble-Raulí-Coihue (0,06/0,08).

Tabla 8. Superficie en proceso de degradación por Tipo Forestal y Región.

Superficie Degradada (ha)							
Tipo Forestal	VII Región	VIII Región	IX Región	XIV Región	X Región	Total	%
Matorral Arborescente	6.380	16.138	3.306	1.793	617	28.234	6%
Alerce				797	20.125	20.922	4%
Ciprés de las Guaitecas				14	8.509	8.523	2%
Araucaria		1.896	7.357	144		9.397	2%
Ciprés de la Cordillera	654	1.095	867		3.190	5.806	1%
Palma Chilena						-	0%
Lenga	806	6.233	6.823	5.907	53.463	73.232	14%
Coihue de Magallanes	5.430			290	11.913	17.633	3%
Roble - Hualo	5.994	199				6.193	1%
Roble - Rauli - Coihue		17.136	18.037	14.305	22.441	71.919	14%
Coihue - Rauli - Tepa		905	2.042	14.294	46.158	63.399	12%
Esclerofilo	7.234	1.459	32	8	30	8.763	2%
Siempreverde	13	291	1.127	19.380	177.135	197.946	39%
	26.511	45.352	39.591	56.932	343.581	511.967	

Tabla 9. Superficie degradada en proceso de recuperación por Tipo Forestal y Región.

Superficie Aumento de Existencias (ha)							
Tipo Forestal	VII Región	VIII Región	IX Región	XIV Región	X Región	Total	%
Matorral Arborescente	12.569	31.433	5.026	1.992	1.251	52.271	7%
Alerce				1.425	24.746	26.171	4%
Ciprés de las Guaitecas				10	8.071	8.081	1%
Araucaria		4.748	17.723	1.156		23.627	3%
Ciprés de la Cordillera	1.813	3.535	2.103		3.143	10.594	1%
Palma Chilena						-	0%
Lenga	1.257	14.329	13.329	15.838	73.522	118.275	16%
Coihue de Magallanes				551	16.447	16.998	2%
Roble - Hualo	19.780	720				20.500	3%
Roble - Raulí - Coihue	15.818	56.842	32.493	20.362	20.782	146.297	20%
Coihue - Raulí - Tepa		3.508	6.314	41.724	49.850	101.396	14%
Esclerófilo	12.549	2.592	40	6	30	15.217	2%
Siempreverde	34	845	2.937	28.992	169.536	202.344	27%
	63.820	118.552	79.965	112.056	367.378	741.771	

Tabla 10. Relación superficie total de bosque por tipo forestal y superficie en degradación/aumentos.

Tipo Forestal	Degradación	Aumentos	Superficie total	Relación Deg/Sup	Relación Aum/Sup
Alerce	4%	4%	4%	1%	0%
Ciprés de las Guaitecas	2%	1%	1%	1%	0%
Araucaria	2%	4%	3%	-1%	1%
Ciprés de la Cordillera	1%	1%	1%	0%	0%
Lenga	14%	15%	16%	-2%	0%
Coihue de Magallanes	3%	2%	2%	1%	0%
Roble - Hualo	1%	3%	3%	-2%	0%
Roble - Raulí - Coihue	14%	27%	20%	-6%	8%
Coihue - Raulí - Tepa	12%	14%	14%	-1%	1%
Esclerófilo	2%	1%	2%	0%	-1%
Siempreverde	39%	27%	27%	11%	-1%



Conclusiones

Se reconoce que utilizar cartas de stock específicas para cada Tipo Forestal mejoraría la incertidumbre, precisión y exactitud de los datos.

La incertidumbre vinculada a lo anterior no puede ser calculada al no existir cartas de stock para otros Tipos Forestales.

Se sostiene que se utiliza la mejor información disponible, basada en un enfoque de carácter científico y metodologías validadas internacionalmente y con el respaldo de publicaciones científicas.

Se evaluó mediante dos análisis estadísticos diferenciados la similitud entre el Tipo Forestal Siempreverde y el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue para determinar la viabilidad de utilizar una única carta de stock para ambos Tipos Forestales con resultado positivo.

Pese a no poder cuantificar la incertidumbre por la inexistencia de cartas de stock que puedan utilizarse para la comparación, el análisis de representatividad indica que es probable que las variaciones no sean significativas.

En la actualidad se está desarrollando el trabajo correspondiente al diseño y validación de las líneas B y C para el Tipo Forestal Lenga. Durante 2017 y 2018 se generarán nuevas líneas B y C para otros tipos forestales, en base a su representatividad territorial nacional. Para los tipos forestales de menor distribución se realizarán análisis de similitud con el objetivo de establecer.

Defendemos mantener la metodología actual, considerando el enfoque step-wise del Nivel de Referencia para incluir las mejoras en el futuro y actualizar el Nivel de Referencia una vez se disponga de la información validada y publicada.

Chile propone incluir un valor de incertidumbre del 100% para los datos de actividad en bosques permanentes diferentes de los Tipos de Bosques Evergreen y Roble-Raulí-Coihue.





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