

Informe Técnico N° 248

LOS RECURSOS FORESTALES EN CHILE 2021

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS Y ACTUALIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES



www.infor.cl



Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

Informe Técnico N° 248

LOS RECURSOS FORESTALES EN CHILE 2021

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS Y ACTUALIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES

Autores

Rodrigo Sagardía Parga¹
Carlos Bahamondez Villarroel
Alberto Ávila Campos
René Reyes Gallardo
Gerardo Vergara Asenjo

Colaboradores

Yessenia Aedo Castillo
Luis Barrales Moyano
Marco Barrientos Alarcón
Carlos Büchner Asenjo
Rodrigo Guiñez Olavarría
Felipe Guzmán Vargas
Marjorie Martin Stiven
Juan Carlos Muñoz Baeza
Oscar Peña Ibarra
Yasna Rojas Ponce
Joceline Rose
Mario Uribe Ampuero

**INSTITUTO FORESTAL
2021**



Instituto Forestal
Sucre 2397 Ñuñoa – Santiago
Chile
F. 56 2 223667115
www.infor.cl

ISSN N° 2735-7716
Registro de Propiedad Intelectual N°2022-A-6051

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Sagardía, Rodrigo; Bahamondez, Carlos; Ávila, Alberto; Reyes, René y Vergara, Gerardo, 2021. Los Recursos Forestales en Chile 2021. Inventario Forestal Nacional de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 248. p. 196.
<https://doi.org/10.52904/20.500.12220/32050>

ÍNDICE

CAPÍTULO I	
ASPECTOS METODOLÓGICOS	09
INTRODUCCIÓN	10
ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL	11
Aspectos teóricos relativos a los inventarios	11
Aplicación del concepto de inventario continuo	13
El Inventario Forestal Nacional	14
Muestra de individuos	14
Muestra de parcela	15
Muestras a nivel del conglomerado	16
Variables medidas en el Inventario Forestal Nacional	17
Variables del entorno	17
Variables de la parcela	17
Variables del suelo	20
Variables de regeneración	20
Variables asociadas a árboles individuales	21
Variables de mortalidad	22
Variables socioeconómicas y culturales	22
Procesamiento de los datos y generación de resultados	23
Procesamiento a nivel de árboles	23
Procesamiento a nivel de parcelas	25
Procesamiento a nivel de conglomerados	30
Procesamiento a nivel de la población	35
Procesamiento para la estimación de existencias en biomasa y carbono	37
Biomasa de árboles muertos en pie y residuos gruesos	40
Método de actualización del Programa de Inventario de Plantaciones Forestales - Pequeños y Medianos Propietarios (PYMP)	42
Elaboración de coberturas cartográficas digitales	43
Determinación de error e intervalos de confianza	43
Clasificación orientada a objetos como apoyo a labores de fotointerpretación	45
REFERENCIAS	51

CAPÍTULO II	
LOS RECURSOS FORESTALES DE PLANTACIONES EN CHILE	52
PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES	53
INVENTARIO DASOMÉTRICO-AMBIENTAL DE LAS PLANTACIONES DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA PROPIEDAD FORESTAL (PYMP)	55
EL RECURSO PLANTACIONES FORESTALES EN EL PAÍS	57
EL RECURSO PLANTACIONES FORESTALES POR REGIONES	61
Región de Coquimbo	61
Región de Valparaíso	63

Región Metropolitana	66
Región de O'Higgins	67
Región del Maule	70
Región de Ñuble	72
Región del Bío Bío	74
Región de La Araucanía	77
Región de Los Ríos	79
Región de Los Lagos	81
Región de Aysén	84
INVENTARIO DASOMÉTRICO EN PLANTACIONES DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA PROPIEDAD (PYMP)	85

CAPÍTULO III

INVENTARIO DE BOSQUE NATIVO 94

INTRODUCCIÓN	95
RESUMEN	95
EXISTENCIAS TOTALES POR REGIÓN	99
Macrorregión Norte	99
Región de Coquimbo	99
Región de Valparaíso	100
Región Metropolitana	100
Región de O'Higgins	101
Región del Maule	101
Región del Biobío	105
Región de La Araucanía	109
Región de Los Ríos	112
Región de Los Lagos	115
Región de Aysén	120
Región de Magallanes	125

CAPÍTULO IV

EXISTENCIAS DE CARBONO 130

INTRODUCCIÓN	131
EXISTENCIAS DE tCO₂-eq A NIVEL REGIONAL	131
EXISTENCIAS DE tCO₂-eq A NIVEL PROVINCIAL	132
Existencias Provinciales Región del Maule	132
Existencias Provinciales Región del Biobío	132
Existencias Provinciales Región de La Araucanía	132
Existencias Provinciales Región de Los Ríos	133
Existencias Provinciales Región de Los Lagos	133
Existencias Provinciales Región de Aysén	133
Existencias Provinciales Región de Magallanes	134

CAPÍTULO V

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS 135

INTRODUCCIÓN	136
---------------------------	------------

MODELO TEÓRICO	137
Decisión de utilizar el bosque a partir de una percepción sesgada de utilidad	137
Integrando las dimensiones biofísica y social del SIMEF	140
MÉTODO	143
RESULTADOS	144
Distribución de la muestra	144
Cambios observados con respecto al tipo de propietario y el tomador de decisión	145
Cambios en el uso del suelo de las explotaciones	146
Cambios en el subsistema agrícola	149
Subsistema Forestal Bosque Nativo	150
Subsistema Forestal Plantaciones Forestales	151
Subsistema Pecuario	154
Actividades extraprediales	155
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	157
Fortalecer el vínculo entre INFOR y los tomadores de decisión	157
Cambios en la toma de decisión y en el tamaño y uso del suelo de las explotaciones	158
Cambios en los sistemas productivos e impactos sobre el bosque	160
REFERENCIAS	162

CAPÍTULO VI BIODIVERSIDAD	163
ANTECEDENTES TÉCNICO-METODOLÓGICOS	164
Definición de las Unidades de Biodiversidad	166
Levantamiento de Datos de Biodiversidad	168
Metodologías para el Muestreo de Biodiversidad	170
Vegetación, Flora y Suelo	171
Fauna de Vertebrados	175
Artrópodos	178
Conservación de los Materiales Colectados	180
Determinación taxonómica de los materiales colectados	181
Base de Datos	181
Estimación de la riqueza y abundancia de la fauna de artrópodos terrestres	181
RESULTADOS	182
Identificación de Conglomerados	183
Abundancia y riqueza de artrópodos terrestres	183
Principales hallazgos y nuevas especies	186
REFERENCIAS	187
APÉNDICES	191
Apéndice 1. Conglomerados ubicados en provincia del Elqui (Región de Coquimbo)	191
Apéndice 2. Conglomerados ubicados en provincia del Limarí (Región de Coquimbo)	192
Apéndice 3. Conglomerados ubicados en provincia del Choapa (Región de Coquimbo)	193
Apéndice 4. Fotografías de artrópodos registrados en los sitios de estudio (conglomerados)	194
RECONOCIMIENTOS	196

CAPÍTULO I

ASPECTOS METODOLÓGICOS



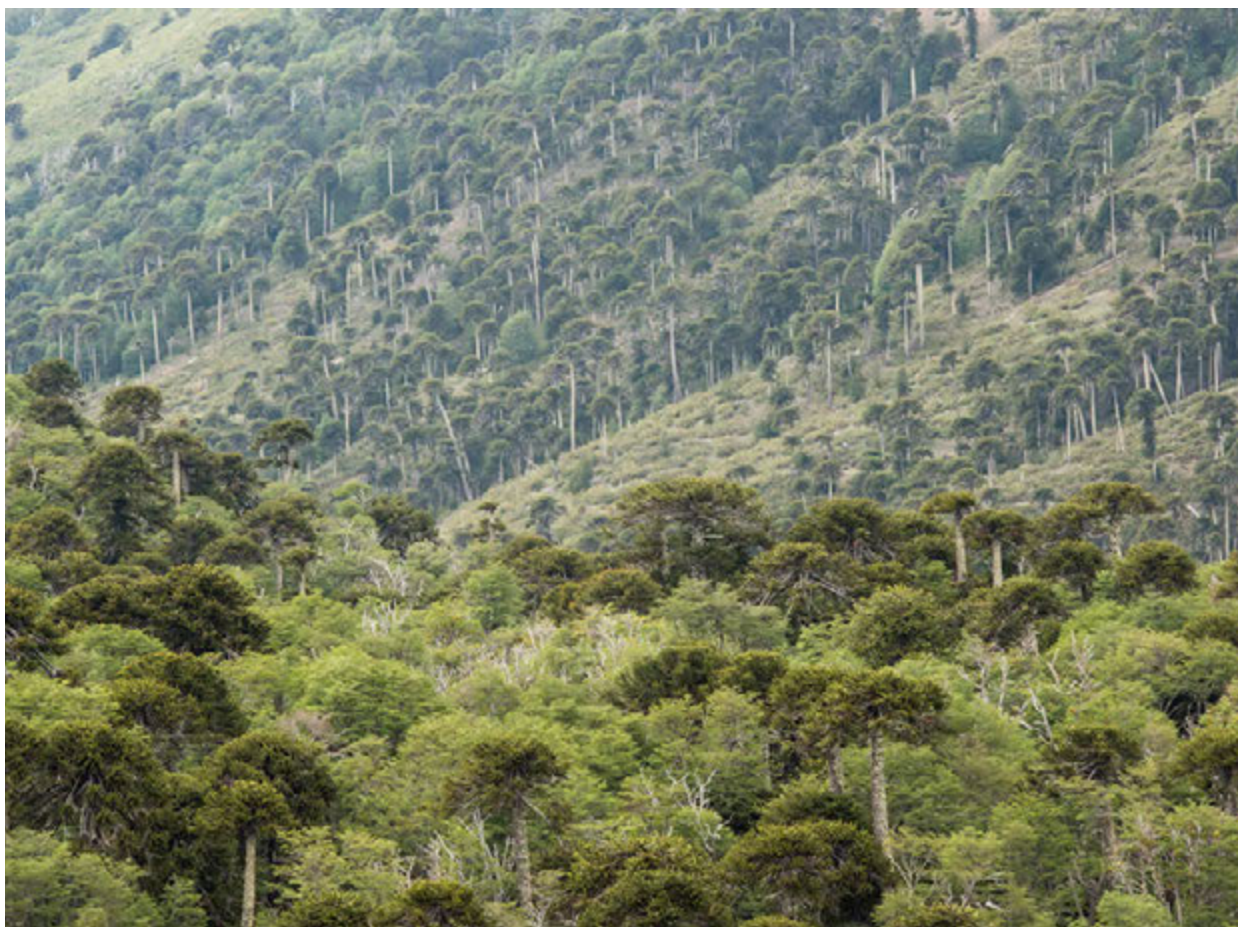
INFOR

INTRODUCCIÓN

El presente documento resume los aspectos técnicos del procesamiento de los datos de terreno levantados en el marco del Inventario Forestal Nacional de Chile. Este inventario se enmarca en el Programa de Monitoreo de Ecosistemas Forestales del Instituto Forestal (INFOR) y constituye la herramienta estadística que provee de datos e información respecto del estado y condición del recurso comprendido en los ecosistemas forestales.

El inventario constituye una iniciativa única en su género del Ministerio de Agricultura a través del diseño, implementación y operación del Instituto Forestal, y comprende un diseño estadístico orientado a cubrir las necesidades de datos e información asociadas a los diversos procesos internacionales que monitorean las acciones de los países hacia un desarrollo sustentable. Además, se basa en una conceptualización jerárquica de los ecosistemas y su diseño corresponde a un enfoque multifuente, multinivel y multirecursos, cubriendo así un amplio espectro de interrogantes respecto de los ecosistemas.

Se entregan en este documento datos resúmenes que buscan describir el estado y condición de los recursos comprendidos en los ecosistemas forestales. Estos datos constituyen una parte muy básica de la información contenida en base de datos, la cual es por su parte una fuente de información de enorme potencial de análisis.



ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

Aspectos Teóricos Relativos a los Inventarios

La necesidad de incorporar a los procesos productivos los recursos naturales renovables en diversos países proviene de la búsqueda de fuentes de bienes y servicios en beneficio de la sociedad toda. Normalmente, los recursos forestales en diversas regiones del mundo alcanzan grandes extensiones de terreno, involucrando gran cantidad de superficies, particularidad que las hace difíciles de medir dado los niveles de costo involucrados. En este sentido, muchas disciplinas, entre ellas la forestal, han recurrido a la teoría de muestreo, la cual sustenta un conjunto de esquemas destinados a estimar parámetros de la población completa sobre la base de visitar una porción de la población (Loetsch y Haller, 1964).

Uno de los primeros pasos ante cualquier caracterización de algún fenómeno de interés, corresponde a la definición de la población, la cual para ser reconocida como tal debe contener individuos de la misma clase y sus diferencias entre ellos ser manifiestas por la variación de alguna variable en particular (por ejemplo, volumen). Una población puede comprender como individuos a los árboles o puede ser definida como una cierta área de terreno con un valor de atributo asociado (por ejemplo, volumen/ha).

Los esquemas de muestreo que proveen la forma en la cual la muestra va a ser recolectada desde la población se dividen en 4 esquemas básicos:

1. Distribución de la muestra en forma completamente aleatoria sobre los límites definidos de la población
2. Distribución de la muestra en subpoblaciones definidas para la población objetivo (muestra estratificada)
3. Distribución de la muestra en conglomerados
4. Distribución de la muestra en forma sistemática

En general estos esquemas de selección de muestra se asumen dependiendo de las características asociadas a la población y de los objetivos del inventario. Así, para aquellos casos como los inventarios de carácter operativo, los cuales involucran rodales que deben ser cuantificados, recurren generalmente a esquemas de selección de la muestra por métodos de aleatorización o aleatorios restringidos a estratos de la población, esta decisión se hace en forma informada respecto a las características propias del sector que contiene los recursos, como son topografía (pendientes, altitud) y accesos las cuales determinan o eliminan a priori ciertos esquemas muestrales, favoreciendo otros.

Los aspectos anteriores definen un elemento clave dentro del diseño muestral que tiene relación con el uso de información auxiliar en apoyo al proceso de definición de la muestra y del muestreo.

Si bien los esquemas de muestreo 1 y 2 son los más recomendables desde el punto de vista de darle probabilidad de aparecer a todas las unidades por igual, estos esquemas no se prestan adecuadamente a la hora de plantear inventarios que pretenden caracterizar grandes áreas, dado que el aspecto de localización aleatoria puede jugar en contra de los aspectos de costo y eficiencia de los recursos. En este sentido, en grandes áreas de millones de hectáreas, se recurre a esquemas que permiten concretamente aprovechar el diseño geométrico de localización de

muestras, en forma tal que se puedan prever los costos asociados en la mejor forma posible, así la distribución de la muestra en la población en forma sistemática suele ser el enfoque más apropiado para asegurar la eficiencia del presupuesto asignado.

El sentido de uso eficiente del presupuesto se relaciona tanto con los aspectos de mejorar la planificación en terreno, como con los aspectos de aporte de nueva información al inventario. En este contexto se suelen desarrollar estudios de autocorrelación o autocovarianza entre unidades muestrales de forma de definir los distanciamientos más apropiados entre unidades muestrales para evitar el medir en una unidad muestral valores redundantes ya informados por otra unidad cercana. Este efecto es más riesgoso en esquemas muestrales completamente aleatorios ya que permiten que una unidad muestral este muy cerca de la otra, lo cual supone aumentar la probabilidad de redundar en información.

Los estudios de autocovarianza o autocorrelación son relativamente nuevos en el contexto de los inventarios forestales. Matern (1960) fue el primer investigador forestal que aplicó análisis de estadística espacial para la definición de esquemas muestrales, tomando en consideración en especial aquellos tópicos relativos a la forma óptima de la unidad muestral en particular, esto es, ¿debe ser la unidad muestral que define la población cuadrada, rectangular, circular, hexagonal u otra? Interrogantes como estas, asociadas al tema de cuáles son las distancias óptimas de localización de una muestra en terreno bajo un esquema de distribución sistemática, son resueltas por medio de los análisis de autocovarianza para una determinada variable de estado de rodal (generalmente volumen/ha). Bahamóndez y Martín (com. pers.) determinaron para bosques de renovales de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*, que la distancia óptima para evitar autocorrelación en las estimaciones de inventario corresponde a 5 km en el sentido Este-Oeste y 7 km en el sentido Norte-Sur. A este objeto, utilizaron apoyo de material satelital y parcelas de terreno inventariadas por INFOR-JICA en 1992 y apoyo de nuevas parcelas levantadas en 1994-95. El extrapolar estas distancias a otros tipos forestales, cuya variabilidad es mucho más alta que los renovales, permite asegurar que una malla sistemática de estas características en otros tipos forestales es segura y eficiente.

Otro de los aspectos críticos en los diseños de los inventarios se relaciona con la definición de la unidad muestral, unidades fijas o variables, de cierta forma y tamaño, combinadas o simples, suelen ser algunas de las variadas opciones disponibles. El diseño de la unidad muestral depende principalmente del objetivo del inventario, así cuando la meta es cuantitativa propiamente tal (típico muestreo con objetivos meramente madereros) una muestra de radio variable resulta apropiada ya sea combinada o simple, ya que esta alternativa pondera más los individuos de acuerdo a su tamaño (probabilidad proporcional al tamaño). Sin embargo, las necesidades de inventario de hoy en día difieren del esquema clásico de contestar solo preguntas de existencias madereras y en este sentido las parcelas o unidades muestrales de área fija son más relevantes porque le dan oportunidad de aparecer en el muestreo a todos los individuos independiente de su tamaño (Scheuder y Geissler, 1999). Muestras de área fija son lamentablemente difíciles de levantar en terreno y los rendimientos dependen marcadamente del tipo de bosque que se muestrea y sus características de tránsito y acceso, además la forma de la parcela tiene influencia en el planteamiento en terreno y sus posibilidades de incluir errores en las mediciones. En este respecto se ha demostrado que la mejor forma teórica para una parcela muestral es la forma circular de un cierto radio (Matern, 1960). En bosques nativos como los de Chile, este tipo de parcelas no ha sido ampliamente utilizado debido a los aspectos topográficos, la dificultad de tránsito en su instalación, medición y corrección, en especial en pendientes fuertes, ya que un círculo en pendiente se comporta con radios variables generando una forma elipsoidal más que circular. Sin embargo, este problema ha sido solucionado por la vía de generar círculos cuya área es equivalente a aquella de la elipse que la pendiente produciría.

En Chile ha sido tradicional el uso de parcelas de muestreo en formas cuadradas y rectangulares, acumulando una superficie de 1000 m², en una unidad simple o en conglomerados de unidades rectangulares de 20 x 50 m.

El país ha experimentado intentos de aplicación de inventarios permanentes de sus bosques desde la década del

1980, aunque un importante esfuerzo pionero en este tema lo dio la Corporación de Fomento de la Producción en 1944-45 al financiar, en cooperación con el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el *"Forest Resources of Chile, as a base for industrial expansion"*, también conocido como la Misión Haig (Haig et al., 1946). Este inventario fue el primero en su clase en Chile y Latinoamérica, y fue el primero en utilizar material fotográfico aéreo en este tipo de actividad. Sus resultados arrojaron cifras de 16 millones de hectáreas de superficies de bosques nativos en Chile.

Lamentablemente, esta iniciativa no fue objeto de seguimiento en el sentido de mantener el inventario en el tiempo permitiendo bajo esquema de inventario continuo monitorear el recurso y sus tendencias. Como resultado de esto, el recurso fue degradado y sobreexplotado sin que necesariamente la comunidad nacional, se diera cuenta de ello, produciendo daños en la calidad y estructura de productos que se ven hoy en día en los bosques del país. Cox (1980) propone un esquema de inventario continuo para los bosques nativos chilenos en un sistema de dos fases sobre malla sistemática, con unidades muestrales rectangulares de 20 x 50 m dispuestas en el sentido de Norte a Sur en su lado más largo y separadas por 20 metros entre sus extremos. Esta iniciativa fue financiada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, en su etapa de propuesta, y nunca fue implementada. En 1991-92 el Instituto Forestal propone un inventario en bosque nativo orientado a proveer información para el manejo forestal a fondos concursables FONDEF de CONYCI, sin lograr financiamiento. En 1995-96 el Instituto Forestal, con apoyo del Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia (*Metsätutkimuslaitos*, METLA) y el Servicio Forestal de British Columbia, Canadá, proponen ante CORFO a fondos concursables FONSIP, el proyecto "Inventario Forestal Permanente e Indicadores de Sustentabilidad", sin lograr financiamiento, y el diseño propuesto es la base del actual diseño muestral definido por el proyecto "Caracterización productiva de los recursos forestales nativos de las regiones IX y X".

Por último, en 1996 la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), ejecutan en el marco del proyecto Catastro un inventario extensivo, el cual tuvo como objetivo el estimar las existencias a nivel de país de los recursos forestales nativos, y ser base para el establecimiento del inventario forestal continuo en Chile. Este inventario fue ejecutado por personal de la Universidad Austral de Chile, y sus resultados no han sido editados al público, su diseño es similar al propuesto por Cox (1980), con variaciones en aspectos de forma y número de unidades de parcelas del conglomerado.

Hoy el Inventario Forestal Nacional de Chile comprende el concepto de inventario continuo bajo un diseño estadístico bi-etápico en conglomerados de tres parcelas circulares concéntricas de área equivalentes de 500 m² cada una, distribuidos en malla sistemática de 5 x 7 km, se asume una población infinita en las dos etapas y el carácter del inventario es de multifuente, multirecursos y multinivel.

Aplicación del Concepto de Inventario Continuo

El concepto de inventario continuo involucra no solo las variables de estado del bosque como volumen, área basal, densidad y otras, sino que también incluye el factor tiempo, esto supone determinar cambios en los bosques que afectan la calidad y distribución de productos del bosque y determinar el período de tiempo en el que interesa reflejar la nueva información respecto del bosque. Así, cuando se está interesado en las tendencias del cambio de los recursos boscosos en el tiempo, el diseño de muestreo debe ser capaz de adaptarse a estas de forma eficiente y sólida. A objeto de lograr estas mediciones repetidas, lo usual es utilizar parcelas de muestreo permanentes, las que, aseguran que la estimación del cambio sea comparable en forma directa. Esta característica a su vez permite el uso de regresiones entre datos de sucesivas mediciones y se aplica el concepto de muestreo en ocasiones sucesivas.

En concreto, el Inventario Forestal Nacional se basa en:

- Generación de primer ciclo de mediciones (línea base) de puntos geográficamente permanentes de muestreo la que alcanza hoy a cubrir 9,38 millones de hectáreas de bosques nativos comprendidos entre las regiones de Coquimbo a Magallanes completados en período 2001- 2010.
- Inicio del segundo ciclo de mediciones de base anual al año 2011 bajo el sistema de reemplazo parcial con apoyo de proyección de crecimiento. El ciclo de mediciones y proyección se hace agrupando áreas de aproximadamente 3,36 millones de hectáreas por año en ciclos de 4 años.

El tratamiento estadístico de estas muestras corresponde a la combinación de muestreo con reemplazo parcial y proyección de crecimiento basado en matrices de transición por tipo forestal en combinación con filtro de Kalman, para detalles metodológicos (ver punto Métodos de Actualización del Inventario Forestal Nacional).

El Inventario Forestal Nacional

El diseño asociado al levantamiento de datos de monitoreo biofísico efectuado en terreno se detalla a continuación.

Muestra de Individuos

Los árboles, de acuerdo con su tamaño, tienen una probabilidad de ser seleccionados. De esta forma los árboles que tienen un tamaño mayor o igual a 25 centímetros de diámetro a la altura del pecho (DAP a una altura de 1,3 m) se miden en las parcelas de 500 m², los árboles de DAP mayor o igual a 8 cm se miden dentro de las parcelas de 122 m², y los árboles mayores a 4 cm en DAP se miden dentro de parcelas de 12,6 m². Todas estas parcelas son organizadas en forma concéntrica como se muestra en la Figura 1.

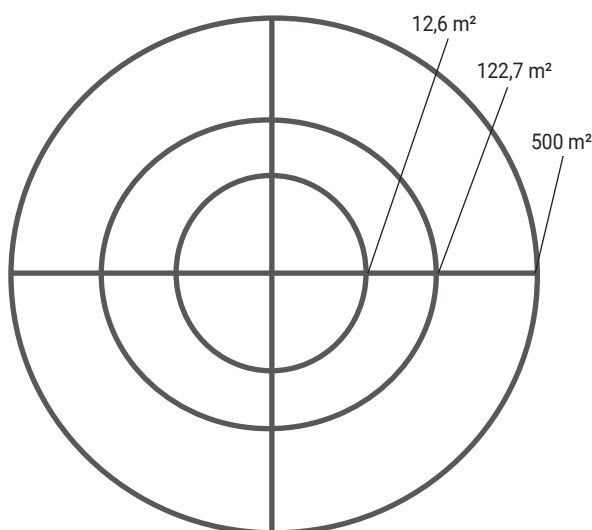


Figura 1
PARCELA CIRCULAR CONCÉNTRICA DE ÁREA EQUIVALENTE

A todos los árboles se les identifica la especie, se mide su DAP, espesor de corteza y diámetro de copa. Se estima su estado sanitario y se reconocen los posibles tipos de daños o enfermedades y agentes causantes. Cada árbol es posicionado dentro de un croquis, estimando su ubicación relativa. Cada árbol es observado en busca de la presencia de nidos o madrigueras. Se describe su vigor de acuerdo con la apariencia de su copa.

De todos los árboles contenidos en las respectivas parcelas se selecciona una submuestra de donde se obtienen mediciones más detalladas que incluyen la medición de la altura total del árbol, altura donde se inicia la copa, la altura del tocón y la altura a un tercio de la altura total, diámetro del árbol al inicio de su copa y el diámetro al tercio de la altura total. A algunos árboles se les extrae un tarugo a 1,3 metros del suelo, para la estimación del crecimiento, a través del conteo del número de anillos.

Muestra de Parcela

Dentro de cada parcela del conglomerado se sitúan 3 subparcelas de 1 m² cada una, cuyo objetivo es medir toda la vegetación presente, así como la regeneración de los árboles, según se muestra en verde, en la Figura 2.

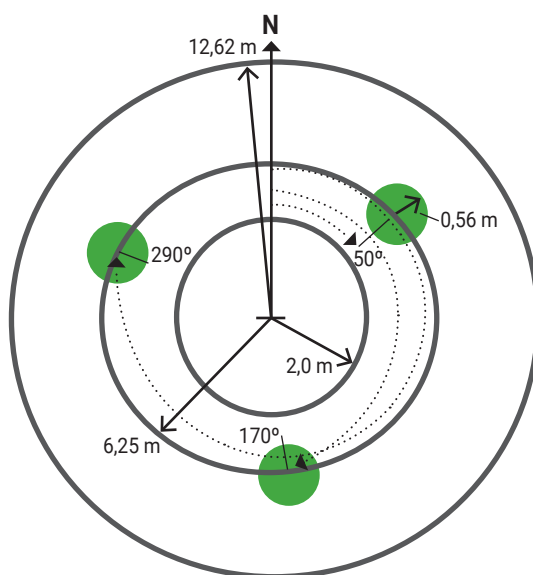


Figura 2
MUESTRAS DE REGENERACIÓN Y VEGETACIÓN

En cada parcela se establece un muestreo en transectos para cuantificar los residuos leñosos gruesos (T1) y los residuos leñosos finos (T2) como se presentan en la siguiente figura en color rojo. Los residuos gruesos se miden en todo el trayecto entre unidades circulares concéntricas como se destaca en Figura 3.

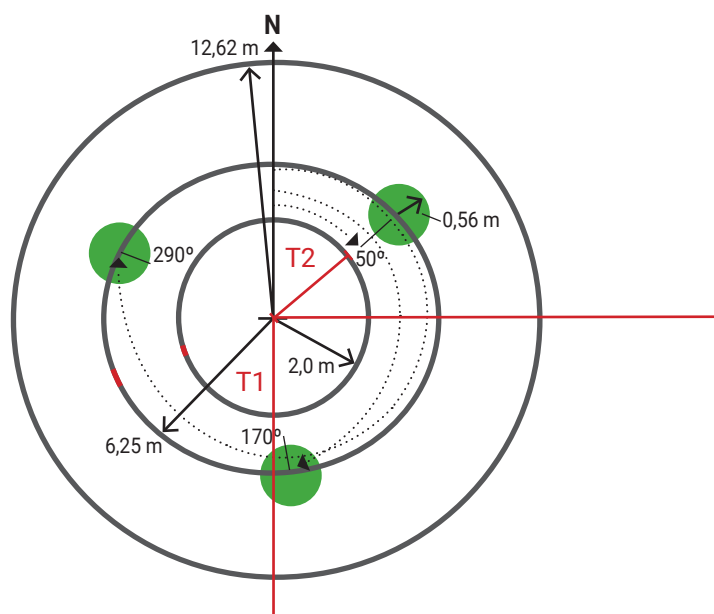


Figura 3
TRANSECTOS DE RESIDUOS LEÑOSOS Y MORTALIDAD

La medición de los residuos, así como también la de los árboles muertos se relaciona con el hábitat que este representa para la fauna y microfauna y también con la cantidad de combustible presente en el bosque y el ciclo de los nutrientes.

Los residuos gruesos se refieren a ramas y troncos de árboles y arbustos que tengan un diámetro de intersección con el transecto mayor o igual a 10 cm.

A nivel de parcela se registra también la descripción del manejo, si es que procede (tipo, intensidad), estado de desarrollo, forma de establecimiento.

Se incluyen variables topográficas como pendiente, forma de la pendiente y la exposición. Signos de pastoreo, presencia de agua, presencia de erosión y características del drenaje. Presencia de flora en peligro de extinción y presencia de fauna. Si existen obras civiles también se detalla su descripción.

Muestras a Nivel de Conglomerado

A nivel de conglomerado se hace la muestra de suelo, que se toma en la parcela N°1 del conglomerado. Las variables de suelo consideradas incluyen color, pH, profundidad de suelo (si es menor que un mínimo), profundidad de humus y hojarasca, textura, estructura, pedregosidad y condición de humedad, presencia de moteados, presencia de lombrices y raíces y también de micorrizas.

Todas estas observaciones se detallan a nivel de observaciones de campo.

Para cada conglomerado se realizan descripciones generales reflejando lo observado en cada una de las 3 parcelas establecidas y también lo observado en el trayecto a las parcelas, estas se relacionan con el grado de intervención antrópica, la presencia de obras civiles, la degradación y el estado evolutivo.

También se observa la presencia de agua en los alrededores y también fauna o flora en peligro de extinción que esté fuera de las parcelas.

Variables Medidas en el Inventario Forestal Nacional

El inventario nacional incluye la medición de las variables que se describen a continuación.

Variables del Entorno

Las variables del entorno corresponden a variables que caracterizan el entorno general del conglomerado (Cuadro 1).

Cuadro 1
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DEL ENTORNO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Degradación	Se considerará un esquema de descripción de degradación desde el punto de vista productivo.
Estado evolutivo	Se describirá el estado evolutivo dominante del rodal incluido en la muestra.
Grado de intervención antrópica	Se describirán los efectos visibles de la intervención del hombre sobre el recurso, cualquiera que esta sea: Manejo, Pastoreo, Incendios, Producción de carbón o leña, otras.
Obras civiles	Se describirán la presencia y clase de obras civiles incluidas en y en las inmediaciones al punto de muestra.
Visibilidad	Se clasificará la visibilidad desde el punto de vista de la belleza escénica.
Agua	Se describirá la presencia de cuerpos de agua en la parcela su origen y clase si es posible.
Flora	La observación de la flora en el entorno estará enfocada a la presencia de especies vulnerables, raras o en peligro según listado de los procesos de clasificación del Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres (RCE), impulsado por el Ministerio de Medio Ambiente.
Fauna	Se describirá por medio de presencia/ausencia la fauna existente en el punto de muestra y si es posible una identificación. Observación indirecta como presencia de fecas, rastros, o sonidos serán utilizados también como fuente de apoyo al registro.

Variables de Parcela

Las variables observadas en este nivel se miden al interior del área definida como parcela.

Cuadro 2
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE LA PARCELA

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Identificación de la unidad	Identificar el número de la parcela, el número del conglomerado al que pertenece y la brigada a cargo de los datos.
Accesibilidad	Definir la ruta de llegada al punto mediante parámetros de Distancia, Tiempo, Altitud.
Pendiente	El cálculo de la pendiente permite establecer con precisión la parcela. Para ello se debe identificar en el terreno y sobre el punto centro de la parcela la dirección en que la pendiente es más fuerte (dirección de la pendiente predominante). La estimación de la pendiente es en porcentaje.
Coordenadas	Corresponde a las coordenadas de ubicación con proyección UTM, utilizando el sistema geodésico de coordenadas WGS84.
Manejo	Tipo Raleo a Desecho Raleo Comercial Tala Rasa Árbol Semillero Preparación de Suelo Corta en Faja Árbol Futuro Control de Malezas Fertilización Intensidad del Manejo Sin Manejo Ligero Moderado Fuerte Tipo de Monte Monte Alto Monte Bajo Monte Medio
Establecimiento	Determina el origen del bosque en su mecanismo de establecimiento.
Estado de desarrollo	Brinzal Monte Bravo Bajo Monte Bravo Alto Latizal Fustal
Exposición	Descripción de la ladera de exposición de la parcela.
Forma de la pendiente	Cóncava, plana o convexa.
Relieve	
Tipos de caminos de acceso	Temporal, ripiado, asfalto, carretera.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Erosión	Tipo de Erosión No evidente Laminar De Deslizamiento Cárcavas en "V". De Zanjas Grado de Erosión Ligera Moderada Severa Extrema
Tipo de ganado	Descripción del tipo de ganado que suele pastorear en el área de la parcela.
Intensidad del pastoreo	No evidente, Ligera, Moderada, Severa.
Flora	La flora en la parcela se evalúa a nivel del sotobosque, a nivel de la cobertura del suelo y a nivel de la presencia de especies raras, vulnerables o en peligro de extinción.
Tipo de sotobosque	El sotobosque se considera a todos aquellos arbustos o matorrales por debajo del dosel arbóreo. El cual puede ser leñoso o no leñoso.
Densidad del sotobosque	Estimar porcentaje del suelo de la parcela cubierto por sotobosque.
Flora del suelo	Observar si el piso de la parcela presenta hierbas, pasto, helechos o enredaderas o si está desnudo.
Densidad de flora del suelo	Porcentaje del piso de la parcela cubierto por la flora del suelo.
Agua	Caudal Estero Canal de Regadío Riachuelo Río Vertiente Embalse Tranque Laguna y lagos Frecuencia Permanente Temporal
Fauna	Tipo y Frecuencia. Registro del tipo de fauna, su especie y cantidad.
Obras civiles	Si existen obras civiles al interior de la parcela deberán ser identificadas y descritas.

Variables del Suelo

Cuadro 3
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DEL SUELO

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Profundidad del Suelo	Solo horizonte A mezcla de material orgánico y mineral.
Profundidad de Hojarasca	La parte de la hojarasca (litera o mantillo) del horizonte orgánico del material que ha caído recientemente y donde aún se pueden identificar los órganos (horizonte Aoo).
Profundidad del Humus	Este horizonte, del horizonte orgánico, es aquel de material totalmente descompuesto, donde toman lugar los procesos de humificación. Es de color café a café oscuro, constituido por sustancias amorfas más o menos resistentes, originada por la descomposición de los restos vegetales y animales (horizonte O).
pH o Reacción del Suelo	Mide la acidez o alcalinidad del suelo a través de la medición de la concentración del ion hidrógeno.
Grado de Cobertura de Copas	El grado o porcentaje de cobertura de Copas corresponde a la proporción del suelo cubierta por la copa de los árboles.
Color	Como aproximación a las características del suelo y su origen y madurez el color se clasificará por medio de la Tabla de Colores Munsell y que clasifica el color en base a 3 variables básicas Matiz, Brillo y Cromo.
Textura	Se clasificará la textura en las siguientes clases: Arenosa, Franca, Limosa y combinaciones de las mismas.
Estructura	Sin estructura Laminar Prismática En bloques Granular
Condición de Humedad	Tres condiciones básicas se aplicarán para esta variable, Seco, Húmedo y Saturado dependiendo de las condiciones iniciales de medición.
Fauna del Suelo	Determinar la presencia o ausencia de lombrices (principalmente) ya que ellos cumplen importantes funciones trasladando los residuos vegetales hacia el interior del suelo o incorporándolos a él. Se aplicará en forma de variables binaria como: Presencia / Ausencia y adicionalmente, conteo por unidad de área.

Variables de Regeneración

La regeneración, o las variables asociadas a la parcela de regeneración, permite estimar cuál será la composición y calidad de los bosques futuros.

La regeneración se mide por conteo dentro de la parcela de área 1 m². En ella se distinguen 4 estratos según altura:

- Estrato 1: 0 – 0,5 m
- Estrato 2: 0,51 – 1,0 m
- Estrato 3: >1,01 m y < 1,3m
- Estrato 4: >1,3 y DAP <4.0 cm

En cada estrato se debe identificar por especie, el número de plantas que están contenidas en la parcela.

Variables Asociadas a Árboles Individuales

Estas variables corresponden a las que se miden u observen sobre cada individuo seleccionado dentro de las parcelas para aquellos individuos con DAP mayor o igual a 8 cm.

Cuadro 4
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES ASOCIADAS A ÁRBOLES INDIVIDUALES

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Especie	Se deberá registrar la especie a la que pertenece el árbol.
DAP	Diámetro a la altura del pecho (a 1.3 m).
Diámetro al tocón.	Diámetro al nivel del tocón (0,3 a 0,5 m).
Diámetro a 1/3 de la altura total	Diámetro del fuste a 1/3 de la altura total orientado a cálculo del volumen si no tiene función de volumen.
Diámetro al inicio de Copa.	Medición del diámetro a la altura del inicio de la copa viva.
Diámetro de Copa.	Se refiere al diámetro de la copa en los ejes Norte – Sur y Este – Oeste.
Espesor corteza 1 y espesor corteza 2	Dos mediciones de espesor de corteza a la altura del DAP.
Altura comercial	Altura a un índice de utilización definido durante el proyecto.
Altura total	Medición de la altura total del árbol hasta el ápice de la copa.
Calidad	Clasificación de calidad del árbol desde el punto de vista de su estado general, sanidad y forma. (3 clases)
Forma	Recta, Bifurcada, Curvada, Torcida, Multifustal. Inclinado,
Árbol Nido	Variable binaria de presencia/ausencia de nidos asociados a fauna.
Posición en el dosel	Descripción en clases respecto a su posición en el estrato de altura.
Crecimiento	Tarugos de incremento para adelantar el crecimiento de los últimos 6 años en una submuestra de árboles.
Variables de copa	Clasificación respecto de la apariencia de la copa (Normal, Angosta, Ancha, Asimétrica, Simétrica, Incompleta) y su estado sanitario (Sana, Atacada, Dañada).
Estado Sanitario	Sano Enfermo Dañado
Agente Causante	Insecto Taladrador, Defoliador, Minador, Agallas, Fuego, Viento, Sequía, Heladas, Cancros, Ganado, Personas, Hongos, Anegamiento, Otros.
Zona y Tipo de Daño o Enfermedad	Ninguna, General, Fuste, Raíces, Follaje, Brotes, Quebraduras, Quemadura, Marchitez, Manchas, Muerte apical, Perforaciones, Resinosis, Clorosis, Lanosidad, Otros.
Intensidad	Describe el grado de daño o enfermedad presentado por el árbol o por la zona dañada del árbol. Estos son: No evidente, Ligero, Moderado, Severo, Muerte, Masivo.

Variables de Mortalidad

La medición de los árboles muertos en la parcela permite la estimación del volumen total producido en el sitio, la calidad y cantidad del mismo por unidad de superficie y el tipo de producto. Permite calcular el crecimiento al momento del monitoreo. Para esos efectos es importante evaluar tanto en términos del volumen, como del área basal y del número de árboles el valor de la mortalidad en la parcela. Con ese objetivo sobre los árboles muertos se identifica, en la medida que sea posible:

Cuadro 5
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE MORTALIDAD

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Especie	Identifica la especie.
Causa	Identificación de la causa de muerte.
DAP	Medición de tamaño para estimación de volumen. Se mide a 1,3 metros de largo si el árbol está caído.
Diámetro al Tocón	Tamaño al diámetro del tocón o al diámetro superior visible.
Diámetro sección superior y altura	Diámetro a la altura o largo superior para propósitos de cubicación.
Diámetro de intersección	Medición del diámetro de intersección de árbol caído con línea de muestreo.
Largo	Medición de largo del árbol caído en metros.
Forma	Estimación de la forma original del individuo en lo posible.

Variables Socioeconómicas y Culturales

Las variables socioeconómicas y culturales se consideran a partir del segundo ciclo de medición (2015-2019).

Cuadro 6
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES SOCIOECONÓMICAS Y CULTURALES

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Área de relevancia religiosa	Comprende una descripción e identificación de un área bajo muestreo que presenta una importancia religiosa para comunidades locales u otras.
Tenencia de la tierra	Tipo de tenencia de la tierra.
Grupo familiar asociado al recurso	Identifica o relaciona el grupo beneficiario de los recursos comprendidos en la muestra.
Número de personas dependientes del bosque o recurso asociado al bosque	Cuantificación de las personas directamente relacionadas a algún producto del bosque o usufructo del espacio del mismo (hongos, bayas, ganado, etc.).

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Área de importancia cultural y recreacional	Área que por sus características presenta relevancia en la cultura local. (ej. Áreas de reuniones, deportivas etc.).
Rango de ingreso del grupo familiar	Caracterización del ingreso económico del grupo familiar.
Actividad económica principal del grupo familiar	Identificación de la actividad principal del grupo familiar, indica grado de dependencia del bosque.
Presencia de plantaciones forestales cercanas	Define si existen en las cercanías plantaciones forestales.
Otras	Otras a definir según énfasis del estudio.

Procesamiento de los Datos y Generación de Resultados

Procesamiento a Nivel de Árboles

Una vez que los datos básicos del inventario se encuentran en Base de Datos debidamente validados y corregidos, se inicia el siguiente conjunto de cálculos por individuo.

- Cálculo de Relación DAP-Altura

Para aquella sub-muestra definida en la parcela de acuerdo al procedimiento descrito en el Manual de Operaciones en Terreno, se debe estimar la relación DAP-Altura total a objeto de completar con estimaciones de esta a aquellos individuos que no fueron medidos en terreno.

La relación se ajusta por Mínimos Cuadrados a algunos de los modelos siguientes o variaciones de los mismos:

$$H = a + bDAP + cDAP^2$$

$$H = a + b \frac{1}{DAP}$$

$$\ln H = a + b \frac{1}{DAP}$$

Donde:

H Altura total (m)

DAP Diámetro a la altura del pecho (cm)

a, b Coeficientes

- Cálculo de Volumen Cúbico Individual Bruto

Una vez determinadas las alturas estimadas para aquellos individuos no medidos en terreno, se procede a estimar el volumen cúbico por individuo en metros cúbicos sólidos sin corteza (m^3_{ssc}) a partir de algunas de las funciones de volumen descritas en la literatura, u otra tabla de volumen local disponible. Se utiliza en lo posible una función de volumen por especie.

No obstante lo anterior, se ha implementado un sistema de validación de funciones de forma de asegurar que las estimaciones sean adecuadas, según el procedimiento descrito por Martin (com. pers.). Este procedimiento consiste en utilizar las lecturas de diámetro a 1/3 de la altura total, el diámetro al inicio de copa y altura al inicio de la copa, para por la vía de la estimación de B-Splines calcular un volumen estimado según la integral numérica del B-Spline definida este método ha permitido utilizar funciones de volumen de otras especies en aquellos individuos de aquellas especies que carecen de funciones o presentan funciones cuya población de origen no corresponde con la población definida por los datos medidos.

- Cálculo del Volumen Cúbico Individual Neto

El cálculo del volumen neto individual comprende a la simple asignación de volumen neto para aquel individuo que cumpla con los requisitos de calidad de forma, sanidad y daño especificados como tipo 1 en el Manual de Operaciones de Terreno y descritos como atributos en la Base de Datos.

- Cálculo del Volumen Cúbico Individual de Desechos

Para aquellos individuos muertos o porciones de individuos yacentes en el suelo o aún en pie, se evalúa el volumen de desecho de acuerdo con la aproximación de Smalian o estimación directa para muestreo en línea para los individuos sobre el suelo, y según estimación por función de volumen definida para la especie y conglomerado para aquellos individuos aún en pie.

- Cálculo del Crecimiento Anual Periódico Individual

El método de estimación para el incremento anual periódico individual (Husch *et al.*, 1982) utilizado, consiste en la regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios por parcela de los incrementos reales contra el Diámetro a la Altura del Pecho de los individuos con sub-muestra de acuerdo al modelo general o variaciones de este:

$$incremento_{ij} = a_i + b_i DAP_{ij} + error_i$$

Donde:

a_j, b_j	Coefficientes de regresión para la parcela i .
DAP_{ij}	Diámetro a la Altura del Pecho c/c del árbol i de la submuestra en parcela j .
$incremento_{ij}$	Incremento medio en Diámetro a la altura del Pecho c/c para el árbol i de la parcela j .

Resultados para cada una de las j regresiones se aplican a cada individuo de la muestra que carece de medición de incremento.

Procesamiento a Nivel de Parcelas

Al completar las estimaciones de árboles individuales, se utilizan aquellas variables que tienen relevancia para la estimación de las existencias, a partir de las parcelas que componen el conglomerado.

- Estimación de Número de Árboles Totales por Hectárea

Para estimar el número de árboles total por hectárea definido por cada parcela se aplica el factor de expansión relativo al tamaño de cada círculo concéntrico dentro de la parcela por la siguiente fórmula:

$$Narb / ha = f_{12.62} * n_{12.62} + f_{6.25} * n_{6.25} + f_{2.0} * n_{2.0} + f_{0.56} * n_{0.56}$$

Donde, el subíndice representa el radio de la parcela concéntrica, f el factor de expansión y n el número de individuos contabilizados en esa parcela concéntrica. Para el caso de árboles cubicables se consideran en esas clases y formulas con los factores $f_{2.0}$ y $f_{0.56}$ iguales a cero.

- Por Especie

Para el caso del cálculo del número de árboles totales por hectárea por especie, estimados a partir de las parcelas concéntricas, se aplica la misma fórmula desagregando n de la parcela concéntrica en las diversas especies como:

$$Narb / ha_{especie} = f_{12.62} * (n_{sp,12.62}) + f_{6.25} * (n_{sp,6.25}) + f_{2.0} * (n_{sp,2.0}) + f_{0.56} * (n_{sp,0.56})$$

con,

$$\sum_{especie} Narb / ha_{especie} = Narb / ha$$

- Por Clase de Calidad

Para el cálculo del número de árboles por hectárea por clase de calidad similarmente la desagregación de n por clases de calidad se aplica:

$$Narb / ha_{calidad} = f_{12.62} (n_{cal,12.62}) + f_{6.25} (n_{cal,6.25})$$

con,

$$\sum_{calidad} Narb / ha_{calidad} = f_{12.62} * (n_{12.62}) + f_{6.25} * (n_{6.25})$$

La suma de árboles por clase de calidad es igual al total de árboles por hectárea mayores a 8,0 cm de DAP.

- Por Grado de Ataque o Daño Sanitario

El número de árboles por hectárea que presenta daño o ataque de enfermedades según clasificación descrita en el Manual de Operaciones en Terreno, se calcula según:

$$Narb / ha_{daño} = f_{12.62} * (n_{daño,12.62}) + f_{6.25} * (n_{daño,6.25})$$

con,

$$\sum_{daño} Narb / ha_{daño} = f_{12.62} * (n_{12.62}) + f_{6.25} * (n_{6.25})$$

La suma de árboles por tipo de daño es igual al total de árboles por hectárea mayores a 8.0 cm de DAP.

- Estimación del Área Basal por Hectárea

La estimación del área basal por hectárea a nivel de parcela se calcula como:

$$AreaBasal / ha = f_{12.62} \sum_{i=1}^{n_{12.62}} g_i + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n_{6.25}} g_i$$

Donde:

n_k Número de árboles en la parcela concéntrica de radio k ,
 g_i Área Basal del árbol individual
 $(g = \pi/4 * (DAP^2))$

- Por Especie

La estimación del área basal por especie por hectárea a nivel de parcela es:

$$AreaBasal / ha_{especie} = f_{sp,12.62} \sum_{i=1}^{n_{12.62}} g_{sp,i} + f_{sp,6.25} \sum_{i=1}^{n_{6.25}} g_{sp,i}$$

con,

$$\sum_{especie} AreaBasal / ha_{especie} = AreaBasal / ha$$

- Por Clase de Calidad

$$AreaBasal / ha_{calidad} = f_{12.62} \sum_{i=1}^{n_{12.62}} g_{cal,i} + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n_{6.25}} g_{cal,i}$$

con,

$$\sum_{calidad} AreaBasal / ha_{calidad} = AreaBasal / ha$$

- **Por Grado de Ataque o Daño Sanitario**

$$AreaBasal / ha_{daño} = f_{daño12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} g_{daño, i} + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} g_{daño, i}$$

con,

$$\sum_{daño} AreaBasal / ha_{daño} = AreaBasal / ha$$

- **Estimación del Volumen Cúbico Bruto por Hectárea por Parcela**

A objeto de estimar los volúmenes cúbicos brutos por hectárea a nivel de las parcelas se aplican las siguientes expresiones:

$$VolB / ha = f_{12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} v_i + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} v_i$$

Donde:

v_i Volumen de árbol individual en m³ssc de acuerdo con función de volumen sólido para árboles cubicables y para la especie.

- **Por Especie**

$$VolB / ha_{especie} = f_{sp,12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} v_{sp,i} + f_{sp,6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} v_{sp,i}$$

con,

$$\sum_{especie} VolB / ha_{especie} = VolB / ha$$

- **Por Clase de Calidad**

$$VolB / ha_{calidad} = f_{12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} v_{cal, i} + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} v_{cal, i}$$

con,

$$\sum_{calidad} VolB / ha_{calidad} = VolB / ha$$

- Por Grado de Ataque o Daño Sanitario

$$VolB / ha_{daño} = f_{daño12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} v_{daño, i} + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} v_{daño, i}$$

con,

$$\sum_{daño} VolB / ha_{daño} = VolB / ha$$

- Estimación del Volumen Cúbico Neto por Hectárea

El volumen cúbico neto por hectárea en pie comprende la suma de los volúmenes individuales descontadas las pérdidas por calidad y sanidad de acuerdo a factores de perdidas fp definidos por especie o grupos de especies o por zona geográfica.

$$VolN / ha = f_{12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} fp * v_i + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} fp * v_s$$

- Por Especie

$$VolN / ha_{especie} = f_{sp,12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} fp * v_i + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} fp * v_s$$

con,

$$\sum_{especie} VolN / ha_{especie} = VolN / ha$$

- Estimación del Volumen de Valor por Hectárea

El volumen de material de valor por hectárea en pie a nivel de la parcela se estima como volumen neto de aquellos individuos mayores a 25 cm en DAP.

$$VolAS / ha = f_{12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} vas_{i,1} + f_{sp,6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} vas_{i,1}$$

Donde:

$vas_{i,1}$ Volumen de valor del individuo i de calidad 1 y sanidad 1, de acuerdo con Manual de Operaciones de Terreno

- Estimación del Volumen de Valor por Especie por Hectárea

El volumen de valor por hectárea por especie en pie a nivel de la parcela se estima como:

$$VolAS / ha_{especie} = f_{sp, 12.62} \sum_{i=1}^{n12.62} vas_{sp,i} + f_{sp,6.25} \sum_{i=1}^{n6.25} vas_{sp,i}$$

con,

$$\sum_{especie} VolAS / ha_{especie} = VolAS / ha$$

- Estimación de la Altura Media

La estimación de la altura media de la parcela se realiza por medio de la aplicación de la media ponderada de las alturas estimadas por los factores de expansión correspondientes a los diámetros de las alturas determinadas para cada árbol de la parcela.

$$HTMedia = \frac{1}{\sum_k N_k} \{ f_{12.62} * \sum_i (HT_{12.62,i}) + f_{6.25} * \sum_i (HT_{6.25,i}) \}$$

Donde:

$HT_{k,i}$ Altura del individuo i en la parcela concéntrica de radio k

N_k Número de individuos/ha asociados a parcela concéntrica de radio k

- Estimación del Crecimiento Periódico por Hectárea

Para la estimación del crecimiento se recurre al procedimiento de extracción de tarugos por medio de taladros de incremento según lo descrito en el Manual de Operaciones en Terreno y el cálculo de las relaciones funcionales lineales descritas en punto anterior (Ver Cálculo del Crecimiento Periódico individual).

- Estimación del Crecimiento Periódico en Clases de Diámetro

$$CAP_{claseDAP} = \frac{\sum_{i=1}^{nclaseDAP} cap_i}{nclaseDAP}$$

- Estimación del Crecimiento en Área Basal por Hectárea en un Período "P"

El cálculo del crecimiento anual periódico en Área Basal por hectárea se estima como:

$$CAB / ha_P = \frac{1}{P} \frac{\pi}{4} f_{12.62} \left\{ - \left[\sum_{i=1}^{n_{12.62}} (DAP_{i,p} - P * CAP_{i, claseDAP})^2 \right] + \left[\sum_{i=1}^{n_{12.62}} (DAP_{i,p0})^2 \right] \right\} +$$

$$\frac{1}{P} \frac{\pi}{4} f_{6.25} \left\{ - \left[\sum_{i=1}^{n_{6.25}} (DAP_{i,p} - P * CAP_{i, claseDAP})^2 \right] + \left[\sum_{i=1}^{n_{6.25}} (DAP_{i,p0})^2 \right] \right\}$$

Donde:

P Período en años

P0 Inicio del período

- Estimación del Crecimiento Anual Periódico en Volumen Bruto por Hectárea

Para la estimación del crecimiento en volumen se requiere de la concurrencia de tablas de volumen local por especie.

En caso de no contar con dichas funciones se calcula el volumen individual al tiempo p0 = t-p, utilizando las funciones de volumen generales a un p<=4 años, a objeto de aplicar de esta forma las relaciones DAP-Altura estimadas a partir del inventario para cada parcela/conglomerado/especie.

Una vez estimados estos volúmenes se estima el crecimiento anual periódico por hectárea en volumen bruto como:

$$CAPVOL / ha_P = \frac{1}{P} f_{12.62} \left\{ \left[\sum_{i=1}^{n_{12.62}} (v_{i,p}) \right] - \left[\sum_{i=1}^{n_{12.62}} (v_{i,p0}) \right] \right\} + f_{6.25} \left\{ \left[\sum_{i=1}^{n_{6.25}} (v_{i,p})^2 \right] - \left[\sum_{i=1}^{n_{6.25}} (v_{i,p0})^2 \right] \right\}$$

Procesamiento a Nivel de Conglomerados

La estimación de las diversas variables por Conglomerado se realiza por medio de la aplicación de promedios para aquellas unidades que caen en terrenos forestales.

- Estimación del Número de Árboles por Hectárea

El número de árboles por hectárea que caracteriza al conglomerado es:

$$NarbCong / ha = \sum_j \frac{Narb_j}{J}$$

j Índice de parcela en terrenos forestales.

J Número total de parcelas del conglomerado que pertenece a terreno forestal

- Estimación del Número de Árboles por Hectárea por Especie

A nivel de conglomerado el valor medio de número de árboles por hectárea por especie es:

$$NarbCong / ha_{especie} = \sum_j Narb_{especie,j} / J$$

Donde:

$$\sum NarbCong / ha_{especie} = NarbCong / ha$$

- Estimación del Número de Árboles por Hectárea por Clase de Calidad

A nivel de conglomerado el número de árboles por clase de calidad se estima de acuerdo con:

$$NarbCong / ha_{calidad} = \sum_j Narb_{calidad,j} / J$$

Donde:

$$\sum NarbCong / ha_{calidad} = NarbCong / ha$$

- Estimación del Número de Árboles por Hectárea por Grado de Ataque o Daño Sanitario

El número de árboles por grado de ataque o daño por hectárea se calcula como:

$$NarbCong / ha_{daño} = \sum_j Narb_{daño,j} / J$$

Donde:

$$\sum NarbCong / ha_{daño} = NarbCong / ha$$

- Estimación del Área Basal por Hectárea

La estimación del área basal por hectárea a nivel del conglomerado se calcula como:

$$ABCong / ha = \sum_j AB_j / J$$

- Estimación del Área Basal por Hectárea por Especie

La estimación del área basal por especie por conglomerado se da por la expresión siguiente:

$$ABCong / ha_{especie} = \sum_j AB_{especie,j} / J$$

Donde:

$$\sum ABCong / ha_{especie} = ABCong / ha$$

- Estimación del Área Basal por Hectárea por Clase de Calidad

La estimación por clase de calidad por conglomerado en área basal se calcula por:

$$ABCong / ha_{calidad} = \sum_j AB_{calidad,j} / J$$

Donde:

$$\sum ABCong / ha_{calidad} = ABCong / ha$$

- Estimación del Área Basal por Hectárea por Grado de Ataque o Daño Sanitario

El área basal por conglomerado de daño por hectárea se calcula como:

$$ABCong / ha_{daño} = \sum_j AB_{daño,j} / J$$

Donde:

$$\sum ABCong / ha_{daño} = ABCong / ha$$

- Estimación del Volumen Cúbico Bruto por Hectárea

La estimación del volumen bruto sólido sin corteza que caracteriza al conglomerado se calcula como:

$$VCong / ha = \sum_j V_j / J$$

- Estimación del Volumen Cúbico Bruto por Hectárea por Especie

La estimación del Volumen bruto sólido sin corteza que caracteriza al conglomerado se calcula como:

$$VCong / ha_{especie} = \sum_j V_{especie,j} / J$$

Donde:

$$\sum VCong / ha_{especie} = VCong / ha$$

- Estimación del Volumen Cúbico Bruto por Hectárea por Clase de Calidad

$$VCong / ha_{calidad} = \sum_j V_{calidad,j} / J$$

Donde:

$$\sum VCong / ha_{calidad} = VCong / ha$$

- Estimación del Volumen Cúbico Bruto por Hectárea por Grado de Ataque o Daño Sanitario

$$VCong / ha_{daño} = \sum_j V_{daño,j} / J$$

Donde:

$$\sum VCong / ha_{daño} = VCong / ha$$

- Estimación del Volumen Cúbico Neto por Hectárea

El Volumen cúbico neto en cada conglomerado se estima como:

$$VNCong / ha = \sum_j VolN_j / J$$

- Estimación del Volumen Cúbico Neto por Hectárea por Especie

$$VNCong / ha_{especie} = \sum_j VolN_{especie,j} / J$$

Donde:

$$\sum VN_{Cong} / ha_{especie} = VN_{Cong} / ha$$

- Estimación del Crecimiento Anual Periódico en Clases de Diámetro

El cálculo del crecimiento anual periódico en clases de diámetro a nivel de conglomerado se realiza según la siguiente expresión:

$$CAP_{Cong_{claseDAP}} = \frac{\sum_{j=1}^J cap_{j,claseDap}}{J}$$

- Estimación del Crecimiento Anual Periódico en Área Basal por Hectárea

El cálculo del crecimiento anual periódico en área basal por ha en el conglomerado se calcula por medio de:

$$CAB_{Cong} = \frac{\sum_{j=1}^J CAB_j}{J}$$

- Estimación del Crecimiento Anual Periódico en Volumen por Hectárea

$$CVOL_{Cong} = \frac{\sum_{j=1}^J CAPVol_j}{J}$$

- Estimación de las Existencias Volumétricas en Residuos Gruesos por Hectárea

$$T = \frac{1,2331}{L} \sum_i D_i^2$$

con,

T Volumen (m³/ha)

L Largo transecto con pendiente corregida (m)

D Diámetro de intersección (cm)

Procesamiento a Nivel de la Población

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

Así los estimados de las existencias volumétricas en m³ssc de la población definida según los párrafos anteriores son:

- Cálculo de la Media Total y Existencias Totales

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

Donde:

μ Media total estimada en m³ssc por hectárea

V_j Volumen cúbico sólido en pie de la parcela i ($i=1, N$) del conglomerado $j=\{1,M\}$

- 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 con:

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

Donde:

v_j Volumen medio por hectárea del conglomerado j en m³ssc.

μ Volumen medio total del área de estudio ambas regiones

n_j Número de parcelas secundarias del conglomerado j

m Número total de unidades primarias

con,

$$\sum_j^M n_j = m$$

- Cálculo del Error Asociado a 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 m³ssc.

$\hat{S}$ Desviación estándar de la media en m³ssc.

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

- Resultados Tabulares de Variables Cuantitativas-Tablas de Existencias

Una de las expresiones más útiles para describir el estado y condición cuantitativa de los bosques es la tabla de existencia, la cual describe las diversas variables de estado de rodal desglosándolas en valores por clase diamétrica. Estas tablas representan para cada clase de diámetro sus respectivos:

- Número de árboles medio por hectárea por clase de diámetro
- Volumen medio por hectárea por clase de diámetro
- Altura media por clase de diámetro
- Crecimiento anual periódico medio por clase de diámetro

El procedimiento de cálculo para la elaboración de estas tablas se basa en las siguientes expresiones:

- Número de Árboles Medio por Hectárea por Clase de Diámetro

$$N/ha_{clasedap} = \sum_{clasedap} N/ha_{clasedap, i, j} / j$$

con,

$N/ha_{clasedap, i, j}$ Número de árboles i en la clase de diámetro $clasedap$ en el conglomerado j

J Número de conglomerados totales.

- Volumen Medio por Hectárea (m³ssc) por Clase de Diámetro

$$V/ha_{clasedap} = \sum_{clasedap} V/ha_{clasedap, i, j} / j$$

con,

$V/ha_{clasedap,i,j}$ Volumen i en la clase de diámetro $clasedap$ en el conglomerado j
 J Número de conglomerados totales.

- **Altura Media (m) por Clase de Diámetro**

$$HT_{clasedap} = \sum_{clasedap} HT_{clasedap, i, j} / j$$

con,

$HT_{clasedap,i,j}$ Altura i en la clase de diámetro $clasedap$ en el conglomerado j
 J Número de conglomerados totales.

- **Crecimiento Anual Periódico Medio por Hectárea en Volumen Sólido (m³ssc/ha/año)**

$$CAPVol_{clasedap} = \sum_{clasedap} CAPVol_{clasedap, i, j} / j$$

con,

$CAPVol_{clasedap,i,j}$ Crecimiento anual periódico i en la clase de diámetro $clasedap$ en el conglomerado j
 J Número de conglomerados totales.

Procesamiento para la Estimación de Existencias en Biomasa y Carbono

El carbono se acumula en la biomasa del ecosistema forestal y la biomasa es definida como el peso, o estimación equivalente, de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal. Se reconocen cinco diferentes depósitos donde se acumula el carbono en el ecosistema forestal (IPCC, 1996):

- En la biomasa sobre el suelo, que considera los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea.
- En la biomasa bajo el suelo, que se refiere a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado, tanto de los árboles como del sotobosque.
- En la hojarasca, que es la capa de material orgánico (hojas, ramillas, semillas, etc.) no descompuesto y cuyas formas se pueden reconocer a simple vista.
- Árboles muertos en pie, y troncos los caídos
- En el suelo, el cual es considerado por IPCC (1996) hasta una profundidad de 30 cm, debido a que el cambio de uso de la tierra tiene un mayor efecto en los estratos superiores.

En el inventario se consideran los componentes:

- Biomasa viva sobre el suelo
- Biomasa de árboles muertos en pie y residuos gruesos sobre el suelo

Los otros componentes no son estimados para determinar la biomasa y el contenido de carbono, en algunos casos por ser de difícil estimación (caso del suelo) y en otros por ser de baja influencia en el total (caso hojarasca, ramillas). Para el caso de raíces se estima por factores de biomasa publicados en literatura (Gayoso *et al.*, 2002).

- Biomasa Sobre el Suelo

- Con Funciones de Biomasa

Se utilizaron funciones de biomasa total individuales para especies nativas de acuerdo con el trabajo desarrollado por Gayoso *et al.* (2002) (Cuadro 7). Estas funciones de biomasa se aplicaron a nivel de árbol individual.

Cuadro 7
FUNCIONES DE BIOMASA POR ESPECIE

MODELO	ESPECIE	DAP	PARÁMETROS		
			A	B	C
a + EXP (b + c * DAP)	Canelo (DW)	52 > DAP > 6	-5,73651	3,25257	0,07943
	Coigüe (ND)	105 > DAP > 6	-577,329	6,11716	0,02752
	Coigüe Chiloé (NN)	47 > DAP > 12	-146,927	4,76702	0,05591
	Tineo (WT)	91 > DAP > 6	-170,119	5,23563	0,03876
	Raúlí (NA)	66 > DAP > 5	-441,440	5,84538	0,03211
EXP (a + b * LN (DAP))	Ulmo (EC)	95 > DAP > 5	-1,44454	2,23634	
		70 > DAP > 5	-1,45875	2,23536	
	Avellano (GA)	27 > DAP > 6	-1,84774	2,23221	
	Tepa (LP)	74 > DAP > 6	-0,88067	2,00017	
	Mañío macho (PN)	55 > DAP > 5	-0,49120	1,90639	
	Mañío hembra (SC)	54 > DAP > 7	-0,2277	1,77378	
a + b * DAP ²	Roble (NO)	72 > DAP > 5	-27,8703	0,59063	
EXP (a + b * DAP)	Luma (AL)	22 > DAP > 5	2,15765	0,16039	

(Gayoso *et al.*, 2002)

- Biomasa a Partir del Volumen

Al carecer de funciones de biomasa, la biomasa se calculó a partir del volumen bruto fustal y después se expandió este valor para considerar toda la biomasa aérea. De tal forma que:

$$\text{Biomasa aérea (t/ha)} = \text{VC} * \text{D} * \text{FEB}$$

Donde:

VC Volumen bruto fustal (m³/ha) de árboles con DAP ≥ 4 cm

D Densidad básica de la madera (Contenido humedad 12 %) (t/m³)

FEB Factor de expansión de biomasa (biomasa aérea seca/biomasa aérea comercial)

Para la determinación del volumen bruto se consideraron los árboles con DAP mayores a 4 cm y las densidades básicas de acuerdo con el cuadro 8. En aquellos casos donde no fue posible identificar la especie se usó una densidad básica de 0,5 t/m³, según lo describe IPCC (1996).

El factor de expansión utilizado para la estimación de la biomasa total aérea fue 1,75 de acuerdo con la metodología propuesta por IPCC (1996).

Cuadro 8
DENSIDADES BÁSICAS POR ESPECIE

Especie	Nombre común	Densidad básica (kg/m ³)	N	Fuente
<i>Araucaria araucana</i>	Araucaria	483,0		Pérez (1983)
<i>Gevuina avellana</i>	Avellano	506,7	90	Gayoso (2002)
<i>Drimys winteri</i>	Canelo	431,2	48	Gayoso (2002)
<i>Nothofagus dombeyi</i>	Coigüe	504,2	316	Gayoso (2002)
<i>Laurelia sempervirens</i>	Laurel	447,2	12	Gayoso (2002)
<i>Persea lingue</i>	Lingue	464,3	20	Gayoso (2002)
<i>Saxegothea conspicua</i>	Mañío hembra	547,0	11	Gayoso (2002)
<i>Citronella mucronata</i>	Naranjillo	460,1		Gayoso (2002)
<i>Embotrium coccineum</i>	Notro	474,4		Gayoso (2002)
<i>Aextoxicon punctatum</i>	Olivillo	487,9	12	Gayoso (2002)
<i>Sophora microphylla</i>	Pelú	488,0		Gayoso (2002)
<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	460,1		Gayoso (2002)
<i>Lomatia hirsuta</i>	Radal	474,4		Gayoso (2002)
<i>Nothofagus alpina</i>	Raulí	507,6	68	Gayoso (2002)
<i>Nothofagus obliqua</i>	Roble	461,4	259	Gayoso (2002)
<i>Laureliopsis philippiana</i>	Tepa	438,2	273	Gayoso (2002)
<i>Weinmannia trichosperma</i>	Tineo	540,8	146	Gayoso (2002)
<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>	Trevo	652,7	12	Gayoso (2002)
<i>Eucryphia cordifolia</i>	Ulmo	546,9	379	Gayoso (2002)
<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	474,4		Gayoso (2002)
<i>Nothofagus antarctica</i>	Ñirre	464,0		Pérez (1983)
<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	799,1		Gayoso (2002)

Especie	Nombre común	Densidad básica (kg/m³)	N	Fuente
<i>Amomyrtus luma</i>	Luma	764,5	12	Gayoso (2002)
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	Arrayán macho	435,8		Gayoso (2002)
<i>Myrceugenia exsucca</i>	Pitra	799,1		Gayoso (2002)
<i>Caldcluvia paniculata</i>	Tiaca	555,0		Pérez (1983)
<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	331,0		Pérez (1983)
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	474,4		Gayoso (2002)
<i>Tepualia stipularis</i>	Tepú	799,1		Gayoso (2002)
<i>Amomyrtus meli</i>	Meli	799,1		Gayoso (2002)
<i>Escallonia spp.</i>	Escallonia spp.	710,0		Pérez (1983)
<i>Ovidia pillo-pillo</i>	Pillo pillo	331,0		Pérez (1983)
<i>Lomatia ferruginea</i>	Fuinque	474,4		Gayoso (2002)
<i>Podocarpus nubigena</i>	Mañío macho	513,2	54	Gayoso (2002)
<i>Azara integrifolia</i>	Corcolén	474,4		Gayoso (2002)
<i>Fitzroya cupressoides</i>	Alerce	405,0		Pérez (1983)
<i>Austrocedrus chilensis</i>	Ciprés de la cordillera	424,0		Pérez (1983)
<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	Temu	799,1		Gayoso (2002)
<i>Pilgerodendron uviferum</i>	Ciprés de las guaitecas	405,0		Pérez (1893)
<i>Crinodendron hookerianum</i>	Chaquihue, Polizón	435,8		Gayoso (2002)
<i>Fuchsia magellanica</i>	Chilco	710,0		Pérez (1983)
<i>Maytenus magellanica</i>	Leña dura	799,1		Gayoso (2002)
<i>Myrceugenia planipes</i>	Picha-Picha	799,1		Gayoso (2002)

(Gayoso et al., 2002)

- Biomasa de Árboles Muertos en Pie y Residuos Gruesos

- Árboles Muertos en Pie

Para la determinación de la biomasa de los árboles muertos en pie se consideró el volumen y densidad de la especie, según la fórmula:

$$\text{Biomasa árbol muerto en pie (t/ha)} = V * D$$

Donde:

V Volumen según Smalian (m³/ha)

D Densidad aparente (t/m³)

Para los valores de densidad se consideraron los del Cuadro 8, al no reconocer la especie se utilizó una densidad aparente de 0,5 t/ha según lo recomendado por IPCC (1996).

- Residuos Gruesos

Los residuos gruesos se definen como todos los residuos con diámetros ≥ 10 cm. Para la determinación de la biomasa de los residuos gruesos se utilizó el volumen y la densidad y se consideró un factor de descuento según el grado de descomposición del residuo.

$$\text{Biomasa de residuos gruesos (t/ha)} = V * D * FD$$

Donde:

V Volumen según fórmula de Smalian (m^3/ha)

D Densidad básica (t/m^3)

FD Factor de descuento por descomposición

La densidad básica se obtuvo del Cuadro 8 cuando fue posible identificar la especie, al carecer de dicha identificación se consideró una densidad promedio de $0,5 \text{ t}/\text{m}^3$ (IPCC, 1996).

Para el factor de descuento de descomposición se consideró la información generada por el proyecto FONDEF D9811076, donde en un estudio de residuos de bosque nativo se establecieron 3 categorías de descomposición (Schlegel et al., 2001).

Por otra parte, el Inventario utiliza 5 categorías de descomposición (Cuadro 9) para rescate en terreno y para poder utilizar la información del proyecto FONDEF se asimilaron en las tres categorías como aparece en el Cuadro 10.

Cuadro 9
CLASES DE DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS GRUESOS

CLASE	INTEGRIDAD ESTRUCTURAL	TEXTURA PORCIONES DEGRADADAS	COLOR MADERA	RAÍCES INVASORAS	RAMAS Y RAMILLAS
1	Troza sana intacta y reciente	Intacta, sin degradación sin cuerpos frutales visibles de hongos	Color original	Ausentes	Existen ramas y ramillas presentes aun en troza, corteza aun firme y pegada
2	Sana	Mayoritariamente intacta, medula parcialmente blanda, inicio de degradación, pero no puede arrancarse a mano desnuda	Color original	Ausente	Existen ramas y muchas de las ramillas ya no existen, corteza pelada en algunas porciones
3	Xilema sano (troza capaz de soportar su propio peso)	La médula se encuentra ausente o se puede arrancar vía manual	Color original a café rojizo	Solo xilema	Las ramas no se sueltan a nivel del cuello
4	Xilema descompuesto troza no soporta su propio peso, pero mantiene su forma	Piezas en forma de bloque, blandas, su puede hundir una pieza metálica	Café claro a rojizo	Presencia total de raíces	Las ramas se sueltan solas
5	Ninguna pieza mantiene su forma	Blanda, polvorienta cuando está seca	Café Rojizo a café oscuro	Presencia total de raíces	Uniones de ramas degradadas

Cuadro 10
CATEGORÍAS DE DESCOMPOSICIÓN Y PORCENTAJE DE DESCUENTO DE DENSIDAD BÁSICA

Categoría descomposición (Proyecto FONDEF D9811076)	Descomposición	Densidad básica (t/m²)	% de densidad básica	Categoría descomposición Inventario
1	Baja degradación	0,49 - 0,52	100	1 a 2
2	Degradación Media	0,28 - 0,37	65	3
3	Alta degradación	0,14 - 0,26	40	4 a 5

- Contenido de Carbono y CO₂ Equivalente

Después de determinar la biomasa de los árboles vivos y la biomasa de árboles muertos y residuos gruesos, se calculó la cantidad de carbono almacenado.

Para esto se utilizó como base el trabajo realizado por el proyecto FONDEF, el cual determinó el contenido de carbono considerando especies de los Tipos Forestal es Siempreverde y Roble-Raulí-Coihue, se utilizó el valor promedio de contenido total de carbono que fue 49,64% (Gayoso et al., 2002). Las respectivas biomásas se multiplicaron por este factor obteniéndose el contenido de carbono.

$$\text{Carbono de biomasa (t/ha)} = \text{Biomasa (t/ha)} * 0,4964$$

En el caso de la representación del contenido de Carbono como CO₂ equivalente, se corrige la expresión anterior por 44/12.

Método de Actualización del Programa de Inventario de Plantaciones Forestales - Pequeños y Medianos Propietarios (PYMP)

El Instituto Forestal (INFOR) ha venido realizando desde los años 80 la labor de actualización de plantaciones de especies exóticas de las diversas regiones en el país. Como producto principal de estas actualizaciones se entrega tradicionalmente una cartografía de base 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar con los polígonos de rodales de las diversas especies exóticas forestales, principalmente pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) y eucaliptos (*Eucalyptus globulus* Labill y *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden), con atributos en base de datos abarcando superficie en hectáreas por rodal, edad de plantación y eventualmente algunos atributos dasométricos como área basal, número de árboles por hectárea y alturas.

Se entiende como rodal de plantación aquella formación boscosa que se caracteriza por una cobertura de más del 75% del suelo cuyos individuos obedecen a un sistema de establecimiento por plantación o regeneración vegetativa bajo manejo y que comparten una misma edad o rango de edad de no más de 2 temporadas (cubriendo casos de replante) y un espaciamiento regular. Toda esta información es manejada y administrada en un sistema geográfico de información (SIG) institucional y su resolución espacial alcanza 5 ha.

Desde sus inicios (1980) la metodología de actualización de INFOR se ha basado en el análisis exhaustivo de las

carpetas prediales originadas y administradas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), ente encargado de las regulaciones asociadas a las actividades forestales en el territorio nacional. Adicionalmente, la metodología involucra una componente de fotointerpretación en material diverso de acuerdo a disponibilidad de recursos principalmente financieros, desde fotografías de escala grande (1:20.000, 1:30.000 con costos actualmente de decenas de millones de pesos) a imágenes satelitales de resolución espacial media y fina (tamaño de píxel de 30x30 m a 5x5 m), y también una componente de visitas a terreno de corrección y validación de los puntos dudosos arrojados por la fotointerpretación del material.

El presente informe detalla la metodología actualmente en uso con énfasis en la incorporación de nuevas técnicas tendientes a facilitar las labores de fotointerpretación, específicamente en lo que respecta a la detección de plantaciones jóvenes, con edades de plantación inferiores a los tres años a partir de imágenes satelitales de alta resolución.

El objetivo general del programa de Inventario de Plantaciones Forestales es el de crear y mantener en forma continua información sobre el estado y condición de los recursos de plantaciones forestales, por la vía del procesamiento y análisis de datos recolectados en forma periódica.

En el caso específico de este informe, el objetivo es documentar el método de actualización utilizado por INFOR, con énfasis en la incorporación de nuevas técnicas orientadas a objetos para la clasificación semiautomatizada de imágenes. El propósito subyacente es el de generar nuevos esquemas piloto que guíen y faciliten la etapa de fotointerpretación de imágenes que tradicionalmente ha realizado INFOR como parte de la actualización de plantaciones de especies exóticas pertenecientes a pequeños y medianos propietarios.

- Elaboración de Coberturas Cartográficas Digitales

La metodología utilizada por INFOR para la actualización de superficies de plantaciones forestales pertenecientes a pequeños y medianos propietarios involucra un desarrollo en varias etapas donde se suman fuentes de información de distintos orígenes y escalas para generar cartografía y valores estimados de superficie de plantaciones presentes por cada región, los cuales van asociados a medidas de error en su estimación.

Se realiza una recopilación de información a nivel regional partiendo de las carpetas prediales que mantiene CONAF, cuya cartografía en papel es luego georeferenciada y llevada a un marco común. Esta información se digitaliza para su incorporación en un sistema de información geográfico, donde se incorporan todos los polígonos de superficies reportadas; al momento del orden de las decenas de cientos para todo el país.

Además de la digitalización de información de las carpetas prediales, se realiza como complemento un trabajo de fotointerpretación de imágenes provenientes de capturas de sensores satelitales y/o fotografías aéreas a distintas escalas, requiriendo para ello de personal altamente calificado con años de experiencia en el rubro. Las imágenes utilizadas en esta labor están supeditadas a disponibilidad y limitaciones de tipo presupuestario, haciendo necesario priorizar las adquisiciones. Ello redundará en la necesidad de cuidar la asignación de recurso, dando preferencia a aquellas zonas con mayor probabilidad de cambios o para las que no se hubiese contado con información en períodos anteriores.

- Determinación de Error e Intervalos de Confidencia

Debido a la dificultad de contar con imágenes cubriendo la totalidad de las áreas de interés donde se ubican las plantaciones de pequeños y medianos propietarios, se hace relevante el poder contar con una estimación de las superficies de plantaciones, así como del error de la estimación y los intervalos de confianza asociados a este.

Con este fin se recurre a la aplicación e implementación de un esquema de muestreo en cuadrantes aleatorizados restringidos, sustentado en los siguientes supuestos:

1. Los errores definidos en superficies se distribuyen como Poisson con media y varianza λA , donde λ es la intensidad de los errores por unidad de superficie y A el área de estudio.
2. Se asume que los errores tienen igual probabilidad de aparecer en toda la región y que son generados por el proceso estocástico dominado por λ ; este supuesto, puede variar si se reconoce en los datos una tendencia espacial de los errores.
3. Si la unidad muestral utilizada para la determinación de los errores es definida bajo un mecanismo de aleatorización, los estimadores resultantes pueden ser considerados como representativos de toda la población.

Donde el estimador del error y sus variables componentes corresponden a:

y_i : Superficie de diferencias del cuadrante "i"
 z_i : Superficie efectiva/estimada del cuadrante "i"
 R : Tasa promedio de error por unidad de área,

$$R = \frac{\sum_{i=1,n} y_i}{\sum_{i=1,n} z_i}$$

Según esta expresión, se considera que la estimación insesgada del error en superficie asociado al método empleado por INFOR es igual a: $R \cdot A$, donde A corresponde a la superficie total de terceros estimada según método de INFOR.

Es importante considerar el estimador de la varianza del error total de la estimación. Para ello, se asume que los errores tienden a presentarse más bien agregados que completamente aleatorios en su distribución espacial, por ello el estimador aproximado de la varianza de las diferencias totales es:

$$\text{var}(RA) = \frac{N(N-n)}{n(n-1)} \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 + R^2 \sum_{i=1}^n z_i^2 - 2R \sum_{i=1}^n z_i y_i \right)$$

con:

y_i : Superficie diferencia del cuadrante "i"
 z_i : Superficie efectiva o estimada del cuadrante "i"
 R : Tasa promedio de error por unidad de área,
 A : Superficie total de terceros según INFOR

Así el intervalo de confianza del estimado total se puede aproximar como:

$$\text{Intervalo Confianza estimador total: } R \pm t_n \frac{\text{var}(RA)}{\sqrt{n}} ha.$$

Deducible de esta expresión, se encuentra el error del muestreo o confiabilidad estadística del estimado poblacional debido a la aplicación del muestreo.

El esquema general del proceso de actualización de plantaciones para PYMP descrito se puede apreciar en la Figura N°4.

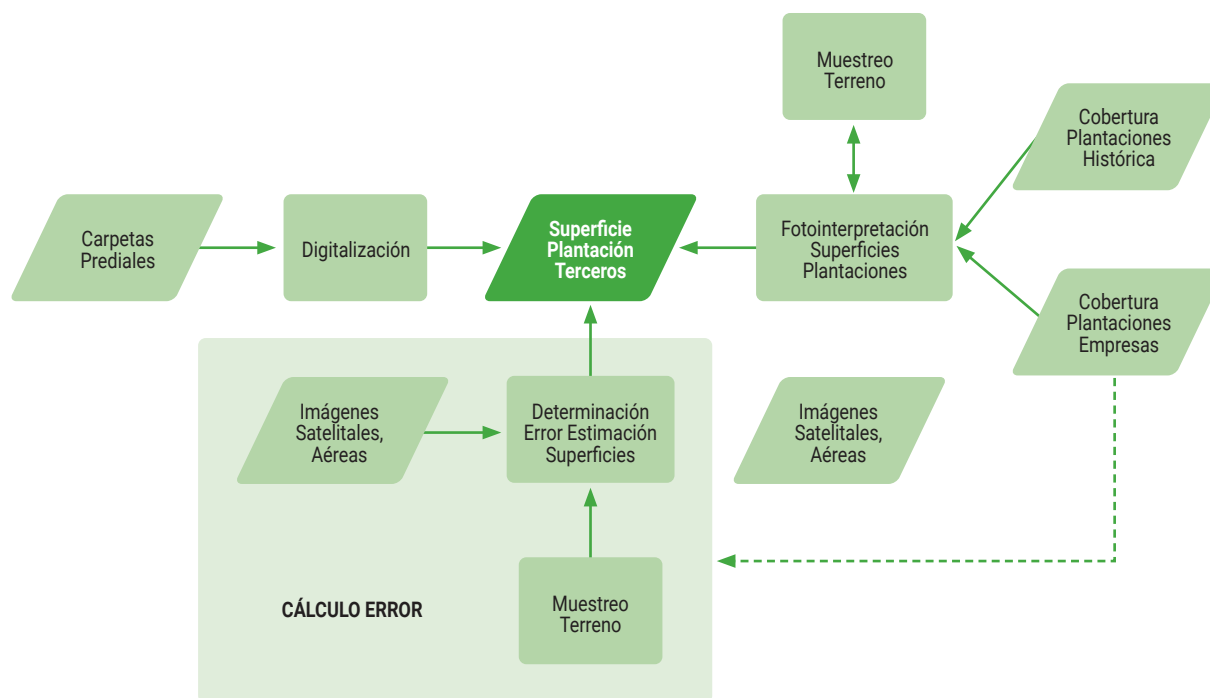


Figura 4
MÉTODO DE ACTUALIZACIÓN SUPERFICIE PLANTACIONES PYMP

Clasificación Orientada a Objetos como Apoyo a Labores de Fotointerpretación

Como se mencionó, INFOR recurre a imágenes de sensores remotos de diversas fuentes para apoyar el trabajo de detección de plantaciones en manos de terceros. Las imágenes utilizadas con mayor frecuencia han sido las provenientes de los instrumentos OLI, ETM+ y TM a bordo de plataformas LANDSAT, los satélites SENTINEL-2, ASTER, a bordo del satélite ALOS (10m) de la agencia espacial japonesa, así como imágenes de alta resolución de proveedores comerciales de información geoespacial (RapidEye, SPOT, WorldView, Geoeye, FASAT-C, etc.).

El uso de material satelital y el incremento de su resolución tiene ventajas; una de ellas relativa a la potencial detección más temprana de plantaciones jóvenes y una delimitación más precisa de las superficies. Sin embargo, este aumento a su vez ha significado un incremento en la carga de trabajo de fotointerpretación, si se consideran superficies de procesamiento equivalentes. Ello hace necesario el empleo de otras técnicas de apoyo que ayuden a automatizar partes del proceso utilizado a la fecha.

El uso de técnicas tradicionales de clasificación supervisadas, que podrían ayudar a resolver este problema, es normalmente insuficiente. Ello porque el incremento en resolución espacial de los sensores remotos normalmente va asociado a una menor disponibilidad de bandas espectrales, de las cuales dependen estrechamente estos clasificadores para su funcionamiento. A esto se agrega una mayor varianza en los valores de las bandas espectrales disponibles. Ambos factores mencionados hacen que los niveles de error obtenidos con este tipo de aproximación

no sean los ideales; por lo que se hace necesario recurrir a otras fuentes de información y hacer uso de conocimiento sobre aspectos que permitan una mejor diferenciación de las áreas de interés.

En este sentido la clasificación de imágenes orientada a objetos se ve como una alternativa interesante para facilitar el procesamiento de estas, al posibilitar la incorporación de información desde fuentes con resoluciones o escalas diversas, así como al permitir el trabajo con capas de tipo no solo *raster* sino también vectoriales e información temática. Sin embargo, la característica más importante de este tipo de clasificación consiste en un cambio de paradigma (Kumar, 2007), donde en vez de trabajar con píxeles se trabaja con grupos de ellos en forma de objetos, los que presentan distintos atributos aparte de los espectrales y operan en un contexto jerarquizado (Figura 5).

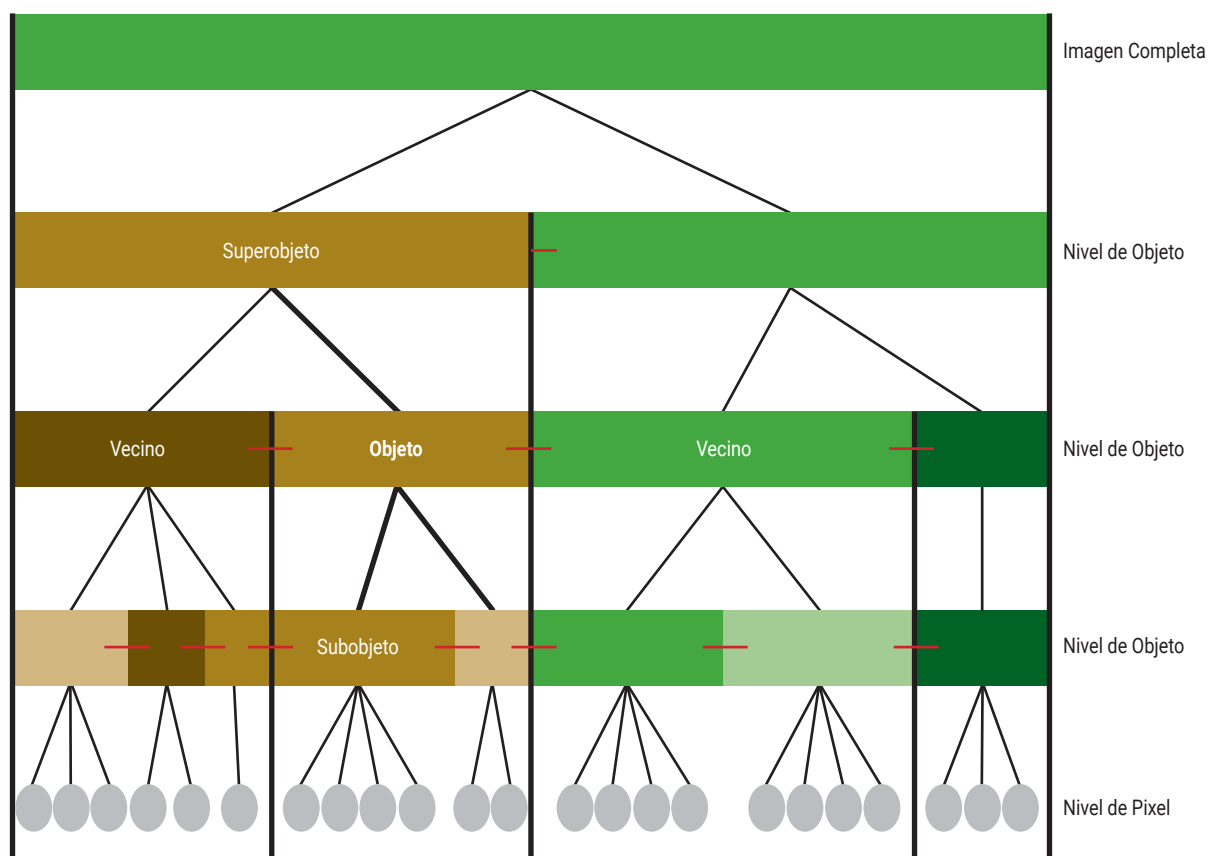


Figura 5
JERARQUÍA DE OBJETOS DE IMAGEN Y VÍNCULOS ENTRE OBJETOS

- Ventajas y Desventajas de la Clasificación Orientada a Objetos

En líneas generales, las ventajas de un enfoque orientado a objeto serían las siguientes (Kumar, 2007):

- Aprovecha todas las dimensiones de la detección remota, incluyendo la:
 - Espectral
 - Espacial (área, longitud, dirección)
 - Morfológica (parámetros de forma, textura)
 - Contextual (relación respecto de los vecinos)
 - Temporal

- Incorpora técnicas y métodos probados en el campo del análisis de imágenes; como clasificadores supervisados, lógica difusa (fuzzy logic) y clasificaciones basadas en reglas
- Incorpora parte de la funcionalidad de sistemas de información geográficos respecto de clasificaciones temáticas, como el uso de información auxiliar, mediciones de distancia, etc.
- Es capaz de extraer elementos de la misma imagen a escalas diferentes (Kampouraki, *et al.*, 2008; Kumar, 2007)

Resumiendo, este tipo de clasificación permite la incorporación de conocimiento desde diversas fuentes de datos e información, aplicada a objetos situados en distintos niveles, manteniendo conexiones jerárquicas entre los distintos niveles y relaciones entre objetos.

Como cualquier técnica, el enfoque orientado a objetos tiene también desventajas, entre las que se pueden contar las siguientes:

- Identificar objetos de imagen y no objetos reales, así como fusionar objetos reales debido a confusión espectral (Kampouraki, *et al.*, 2008)
- Requerir idealmente de un conocimiento profundo de los elementos que se desean clasificar y su problemática
- Ser usualmente más costosa en términos de tiempo requerido para llegar a resultados satisfactorios
- Requerir de mucha visión y experiencia para la elaboración de reglas fácilmente adaptables a situaciones y escenarios variables
- Ser potencialmente menos transferible y replicable, por ende, menos transparente

- Propuesta Operacional de Clasificación Orientada a Objetos para Detección de Plantaciones Jóvenes

Durante la fotointerpretación de imágenes para determinación de plantaciones forestales de exóticas pertenecientes a terceros, una de las dificultades es la detección temprana de estas superficies. Plantaciones inferiores a los tres años de edad usualmente son difíciles de discernir, ya que por sus características tienden a confundirse con zonas de uso agrícola o de regeneración natural de especies nativas tras cosecha.

La detección, individualización y clasificación de estas zonas ambiguas, ralentizan el trabajo de interpretación. Por ello, es deseable contar con técnicas de clasificación parcial o totalmente automatizadas que permitan preseleccionar estas zonas de duda para su posterior evaluación por operadores expertos y eventual marcación para verificación en terreno.

A continuación, se describe una propuesta preliminar para la detección de estas zonas, incorporando no solo información espectral sino de conocimiento de los elementos que se desea detectar y cuyo diagrama de flujo general se puede apreciar en la Figura 6.

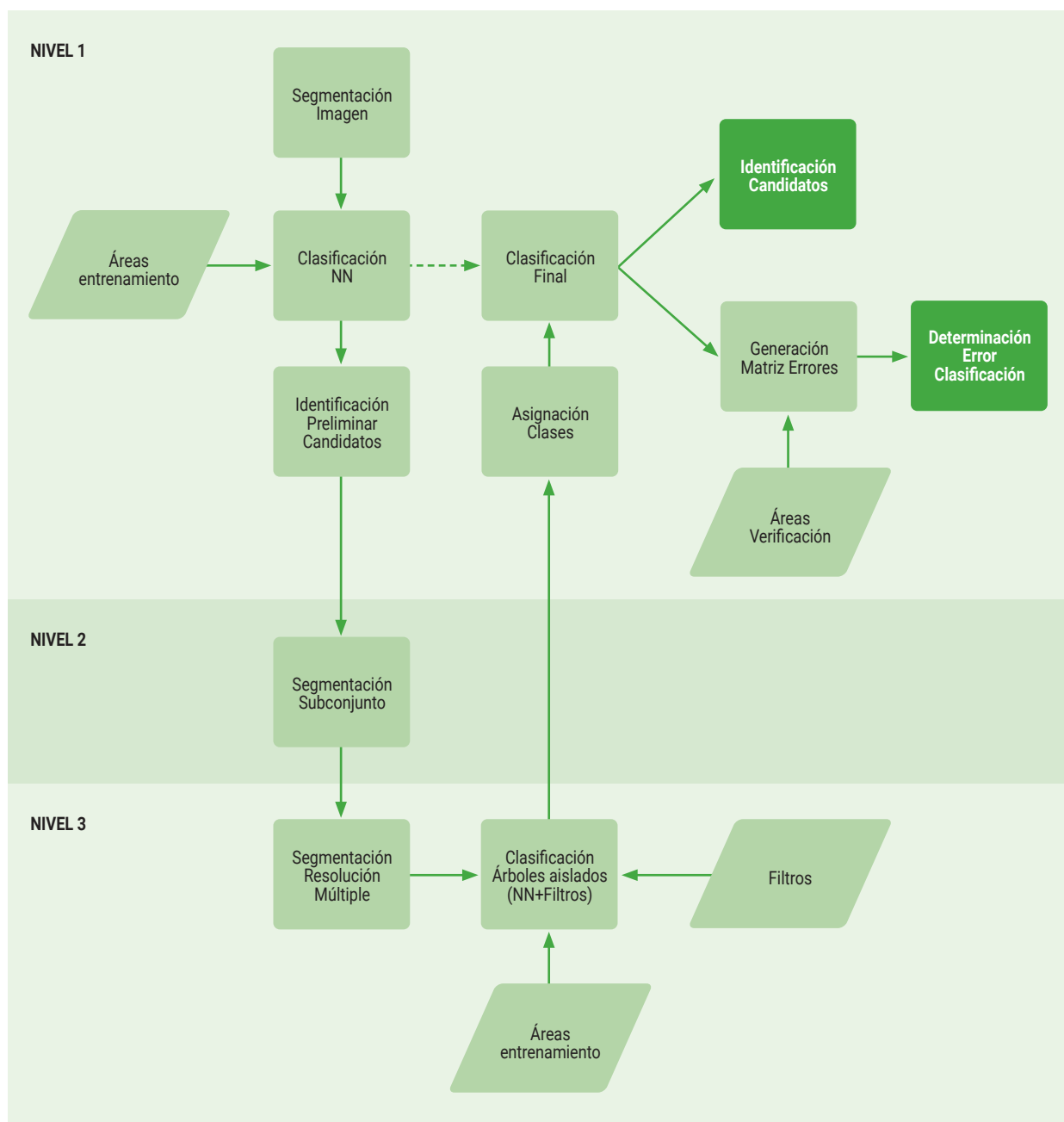


Figura 6
DIAGRAMA DE FLUJO PARA IDENTIFICACIÓN CANDIDATOS PLANTACIÓN JOVEN

- Segmentación Inicial de Imágenes

El procedimiento de clasificación orientada a objetos partió por la segmentación de imágenes satelitales utilizando un algoritmo de resolución múltiple, donde en base a información espectral de las imágenes, junto a factores de forma y compacidad se originaron polígonos, dividiendo las escenas en áreas o zonas más o menos homogéneas. Los parámetros aquí utilizados se generaron a partir de pruebas de segmentación sobre múltiples imágenes, empleando un esquema iterativo de prueba y error hasta dar con valores satisfactorios para la escala de clasificación requerida.

Los valores de entrada utilizados en la segmentación son específicos, dependiendo de factores como: tipo de sensor utilizado, número de bandas espectrales disponibles, resolución espectral, resolución espacial y contexto en que se realiza la segmentación.

Así por ejemplo, los parámetros antes mencionados no serán aplicables a imágenes provenientes de sensores con resolución espacial divergente; o incluso en el caso del mismo sensor, para regiones que cuenten con tamaño y forma de los elementos a identificar que ostenten características muy diferentes.

- Clasificación con Técnica de Vecino más Cercano

Una vez realizada la primera segmentación de las escenas, se procedió a clasificar las imágenes en ocho clases generales (agrícola, bosque nativo, candidato a plantación joven, cuerpo de agua, nube, plantación forestal, zona edificada y sin clasificación) utilizando para ello un algoritmo de vecino más cercano (Richards y Jia, 2006; Liu y Mason, 2009). Con este propósito se seleccionaron mediante técnicas de fotointerpretación zonas de entrenamiento para todas las clases, con excepción de las candidatas a plantación joven. Para fines prácticos, estas muestras fueron consideradas como verdad de campo.

Para el caso de las zonas candidatas a plantación joven en cambio, se tomaron polígonos para los que efectivamente se tenía registro de pertenecer a esta categoría y este conjunto fue dividido en dos partes. Una porción se destinó al entrenamiento del algoritmo de clasificación, en tanto que los remanentes fueron reservados para la verificación de los resultados de la clasificación final. Se optó por esta vía al no disponer de tiempo suficiente como para realizar una campaña de terreno con este objetivo.

La clasificación utilizó entonces elementos provenientes de la lógica difusa para definir umbrales de pertenencia. Ellos a la postre definen la asignación de una superficie u objeto a las clases respectivas. Para la presente clasificación, este umbral fue establecido en un 60%. Así, todos los objetos cuyo valor de pertenencia a la clase fuesen menores a este umbral, automáticamente fueron asignados a la clase "sin clasificación".

- Identificación Candidatos y Segmentación Subconjunto Clasificación

A partir de la clasificación antes mencionada, se identificaron las superficies preliminares candidatas a tener plantaciones forestales jóvenes, con edades menores a tres años. Sobre este subconjunto se aplicó otra segmentación análoga a la inicial, pero más detallada, orientada a la detección y extracción de características adicionales. Ello se hizo con miras a la posterior eliminación de errores de clasificación e incremento subsecuente en la confiabilidad de la clasificación a servir de guía para los fotointérpretes.

- Reclasificación Candidatos en Base a Conocimiento

Los objetos obtenidos de la segmentación del paso anterior fueron utilizados en el proceso de detección de árboles aislados, uno de los indicadores característicos de zonas con tipo de uso agrícola-ganadero. Con este fin se empleó nuevamente una clasificación de tipo vecino más cercano, esta vez con un umbral de clasificación de 70%. Dicha clasificación fue complementada mediante la inclusión de otras variables como área de copa de árbol individual, índice de forma y otras variables relativas a la forma típica de los elementos a detectar.

Para el establecimiento de valores umbral de las variables, se optó por realizar una muestra de imágenes de referencia que sirvieron para acotar dichos parámetros, proceso que contempló la revisión y ajuste iterativo de los mismos.

Finalmente, con ambos elementos, clasificador por vecino más cercano y parámetros morfológicos y espaciales, se detectó la presencia de árboles aislados.

Una vez obtenido los números de árboles presentes a nivel de superobjeto (polígono base de clasificación), se reasignaron las clases de las áreas potenciales de contener plantaciones jóvenes a tres categorías: agrícola, candidato a plantación joven y áreas sin clasificar. Este resultado fue incorporado en la clasificación ya existente para el nivel 1, donde efectivamente se sobrescribió la clase original de candidatos a plantación joven. Con esto no solo se esperó reducir errores de clasificación, sino también reducir el número total de polígonos necesarios de evaluar durante la fase de fotointerpretación tradicional utilizada por el método INFOR.

- Identificación Final de Candidatos y Fotointerpretación Asistida, Determinación de Errores de Clasificación

Finalmente, el resultado de la clasificación es exportado a formato vectorial para servir de guía en el proceso de fotointerpretación, a la vez que se realizó una determinación de los errores de clasificación utilizando una matriz de confusión, de manera de tener una indicación general del comportamiento de la clasificación. Una vez verificadas en terreno las áreas bien clasificadas se procede a verificar aquellas áreas que resultaron mal clasificadas y se les asigna clase por operador de fotointerpretación.



REFERENCIAS

Cox Z. F., 1980. Inventario forestal nacional permanente de bosque nativo. Diseño y manual de instrucciones. Proyecto CONAF/PNUD/FAO FAO:DP/CHI/76/003, Doc.Trabajo N°33. Santiago de Chile.

Gayoso, J.; Guerra, J y Alarcón, D., 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. En: Medición de capacidad de captura de carbono en bosques de Chile. Proyecto FONDEF D98I1076. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 157 p.

Haig, I. T.; Teesdale, L. V.; Briegleb, P.; Payne, B.; Haertel, M., 1946. Forest resources of Chile as a Basis for industrial expansion. USDA Forest Service, Washington.

Husch, B.; Miller, C. I. y Beers, T. W., 1982. Forest Mensuration. John Wiley & Sons, New York. 402 p.

IPCC, 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. Intergovernmental Panel on Climate Change London.

Kampouraki, M.; Wood, G. A. and Brewer, T. R., 2008. Opportunities and limitations of object-based image analysis for detecting urban impervious and vegetated surfaces using true-colour aerial photography. En: Object Based Image Analysis. Springer. Pp 555-569.

Kumar, N., 2007. Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm. CRC Press. 206pp.

Liu, J. G. and Mason, P., 2009. Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing. Wiley Blackwell. 462pp.

Loetsch and Haller, 1964. Forest Inventory: Statistics of forest inventory and information from aerial photographs. Vol. 1. BLV Verlagsgesellschaft, München.

Matern, B., 1960. Spatial Variation. Stochastic models and their application to some problems in forest survey and other sampling investigations

Pérez V., 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Santiago, Chile. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI 76/003. Documento de Trabajo N° 47. 451 p.

Richards, J. and Jia, X., 2006. Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction. 4th Ed. Springer Verlag. 455pp.

Schlegel, B.; Gayoso, J.; Guerra, J., 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. In: Medición de capacidad de captura de carbono en bosques de Chile. Proyecto FONDEF D98I1076. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 15 p.

Scheuder, H. T. y Geissler, P.H., 1999. Plot Designs for Ecological Monitoring of Forest and Range. En: USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-12. Pp 180-185. North American Science Symposium, Mexico.

CAPÍTULO II

ACTUALIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES



INFOR

LOS RECURSOS FORESTALES DE PLANTACIONES EN CHILE

Dentro del marco de trabajo del Programa de Monitoreo de Ecosistemas Forestales del Instituto Forestal (INFOR) se encuentra el Inventario Forestal Nacional. Bajo este concepto y herramienta estadística, se ubica el Programa de Actualización Permanente de Plantaciones Forestales de INFOR, el cual es uno de los proyectos más antiguos del Instituto Forestal y cuyos orígenes se remontan a 1980.

Este programa, se sustenta en dos pilares fundamentales: El seguimiento de la cobertura de plantaciones forestales del país (actualización) y el inventario dasométrico-ambiental de las plantaciones de la Pequeña y Mediana Propiedad forestal (PYMP).

PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES

La actualización de superficies de plantaciones en pie a diciembre de 2020, se desarrolló durante el año 2021.

Una de las entradas de información del programa se produce a través del convenio de colaboración entre INFOR y empresas forestales asociadas a la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), en virtud del cual estas empresas aportan información patrimonial de plantaciones en formato acordado en conjunto con INFOR, información que constituye una fuente de alta importancia, al proveer los antecedentes directos sobre el patrimonio y los terrenos bajo administración de las empresas forestales más relevantes del país, que concentran y explican la mayor participación de la superficie de plantaciones a nivel nacional. Las siguientes empresas forestales participaron en el proceso de actualización 2020:

- Forestal Arauco S.A.
- Forestal Mininco S.A.
- Hancock SpA
- Forestal Tregualemu SpA
- Agrícola y Forestal Agua Buena I Ltda.
- Agrícola y Forestal Agua Buena III Ltda.
- Agrícola y Forestal Lincoyán I Ltda.
- Agrícola y Forestal Lincoyán III Ltda.
- Forestal El Astillero Ltda.
- Forestal Aurora SpA
- Lago Lanalhue SpA

Otra entrada importante de información al programa es aquella correspondiente a los Pequeños y Medianos Propietarios forestales (PYMP), grupo conformado tanto por personas naturales como por aquellas empresas que no están en convenio y cuya información es compilada y procesada por INFOR.

En la actualización de plantaciones de PYMP, INFOR utiliza múltiples fuentes de datos e información, como las bases de datos de plantaciones de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), imágenes satelitales, muestreo de verificación de terreno e información histórica.

En el año 2021 se realizaron muestreos regionales para comprobar el nivel de cumplimiento de las reforestaciones de PYMP, expresadas en información provista por CONAF. También se complementó información sobre tipos de propietarios, gracias a trabajo en colaboración con CIREN, entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos.

Las imágenes multiespectrales que se utilizaron como base en el período para este propósito corresponden al sensor del satélite Sentinel, cuyas bandas espectrales fueron realzadas a una resolución espacial de 10 x 10 m haciendo uso de su banda pancromática. Estas imágenes fueron procesadas para detectar los cambios temporales ocurridos en las plantaciones forestales de PYMP; así se analizan las ganancias, es decir desarrollo de cobertura forestal en sectores originalmente desprovistos de cobertura arbórea y las pérdidas, que corresponden a la pérdida de cobertura arbórea producida por cosechas, incendios u otros factores. De forma complementaria, se recurrió a material satelital de alta resolución para asistir en la comprobación de superficies cubiertas por plantaciones jóvenes, más difíciles de detectar con material de resolución media.

La información es estructurada en una base de datos común, tanto para empresas como para pequeños y medianos propietarios forestales, tal como se muestra en la Figura 1.

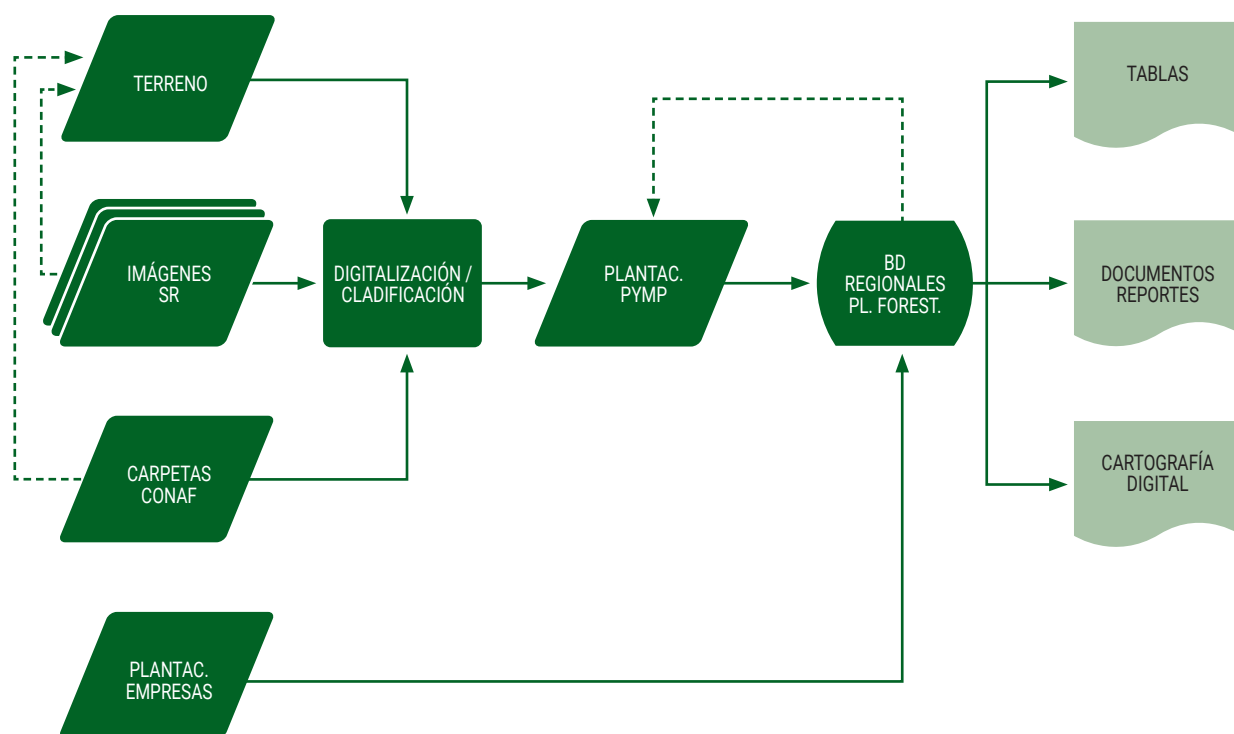


Figura 1
ESQUEMA DE TRABAJO. ACTUALIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES

Finalmente, los resultados obtenidos se traducen en documentos, reportes y cartografía de plantaciones actualizada, información que se publica en la red institucional.

INVENTARIO DASOMÉTRICO-AMBIENTAL DE LAS PLANTACIONES DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA PROPIEDAD FORESTAL (PYMP)

Además de la información de superficie de plantaciones, durante los años 2010 y 2011, se realizó un inventario a las plantaciones de *Pinus radiata* de PYMP, en la región del Biobío; y se repasaron algunos puntos de muestreo de las regiones del Biobío y Araucanía, correspondientes principalmente al género *Eucalyptus*; esto para conocer las existencias volumétricas de las principales especies plantadas en el país por parte de este segmento de propietarios (PYMP). Las plantaciones de pino fueron estratificadas por edad en clases cada cinco años, en tanto para *Eucalyptus* las clases utilizadas fueron cada tres años (Cuadros 1 y 2, respectivamente). En ambos casos, la primera clase de edad no fue considerada en el inventario.

Cuadro 1
CLASES DE EDAD PARA *Pinus radiata* PYMP

Especie	Código Clase	Clase Edad (años)
<i>Pinus radiata</i>	2	6-10
	3	11-15
	4	16-20
	5	>= 21

Cuadro 2
CLASES DE EDAD PARA *Eucalyptus* PYMP

Especie	Código Clase	Clase Edad (años)
<i>Eucalyptus</i>	7	4-6
	8	7-9
	9	>= 10

Se levantaron datos de 70 unidades muestrales durante el año 2017, asociadas a las regiones del Maule y Biobío. Estas unidades muestrales se distribuyeron en forma proporcional al tamaño del estrato y fueron seleccionadas al azar. Cada punto muestral corresponde según diseño a un conglomerado de tres parcelas de radio variable donde este arreglo de tres parcelas se considera una unidad de registro y no una unidad estadística. El método de radio variable se utiliza aquí, en combinación con el método punto planta, geométricamente distribuidas en forma de V, con una distancia de 30 m entre centros de parcelas, tal como se aprecia en la Figura 2.

Las parcelas son de radio variable (Bitterlich), donde la submuestra de altura se selecciona por el esquema muestral punto-planta de sexto orden, es decir, se midió la distancia al sexto árbol más cercano del centro de la parcela y posteriormente se midieron las variables DAP-Altura en los seis árboles más cercanos.

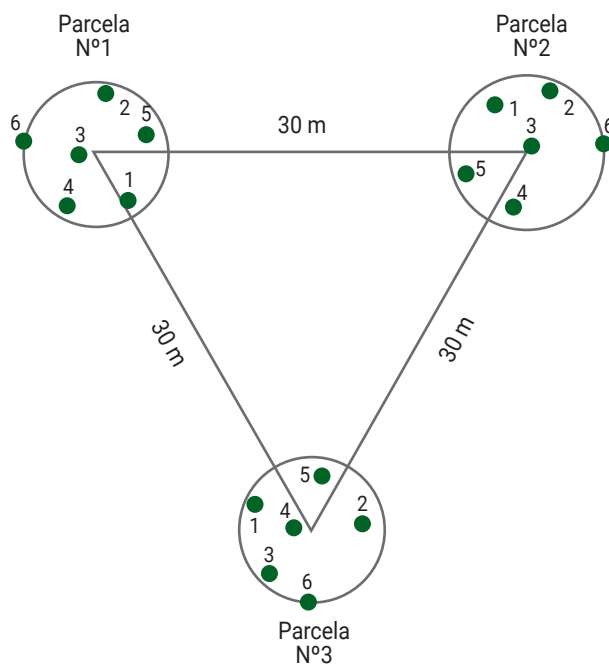


Figura 2
FORMA DEL CONGLOMERADO (DIÁMETRO DE CÍRCULOS ES SOLAMENTE REFERENCIAL)

En la parcela Nº 1 se establecieron 3 subparcelas de vegetación de 1 m², 2 m² y 3 m², su distribución se muestra en la Figura 3.

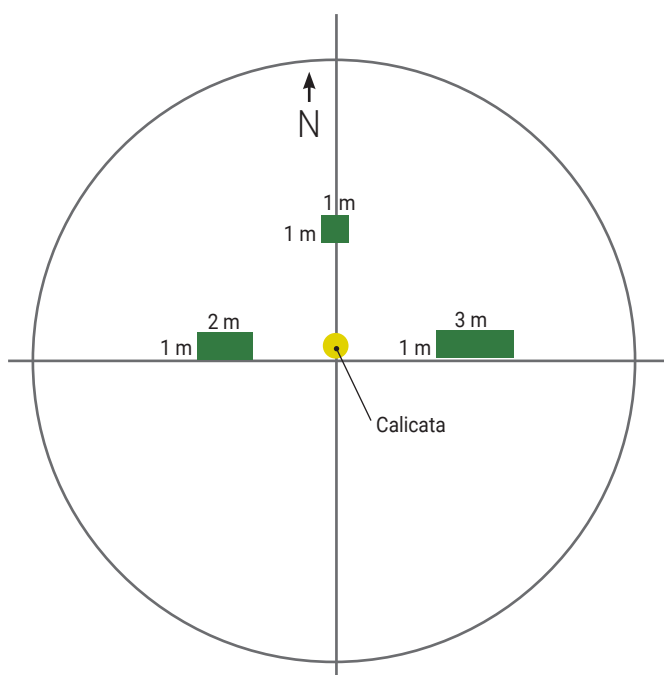


Figura 3
SUBPARCELAS DE VEGETACIÓN

En la primera parcela del conglomerado, se realiza también una calicata de 50 cm de profundidad para la descripción del suelo, considerando aspectos de estructura, textura, color, pH, erosión, entre otras variables.

La planificación del inventario consideró un sorteo aleatorio restringido con al menos tres puntos de reemplazo, para cada unidad muestral seleccionada. Los criterios utilizados para la ubicación de estos puntos de reemplazo fueron que correspondan a la misma especie, también que sea de igual clase de edad y en lo posible esté ubicado a menos de 8 km del punto originalmente seleccionado.

Dentro de los materiales relevantes utilizados en el inventario destaca el uso de capturadores de datos, hipsómetros Vertex (medición de alturas), GPS, huinchas diamétricas, dendrómetros digitales, calibrador de corteza, entre otros.

RESULTADOS

EL RECURSO PLANTACIONES FORESTALES EN EL PAÍS

Los cuadros detallados a continuación describen las existencias en superficie de la cobertura de las plantaciones forestales del país a diciembre del 2020. Las plantaciones forestales del país alcanzaron 2,329 millones de hectáreas, lo que implica un incremento en la superficie de plantaciones en pie de 8.264 ha, respecto del año anterior.

En cuanto a las especies más plantadas en Chile, *Pinus radiata* presenta una disminución de superficie de 6.026 ha, en comparación con el año 2019. *Eucalyptus globulus* aumentó en 4.450 ha; y *Eucalyptus nitens* incrementó su superficie en 6.219 ha, respecto del año anterior.

El detalle de estas plantaciones por región y las principales especies se desglosa en el Cuadro 3.

Cuadro 3
SUPERFICIE DE PLANTACIONES FORESTALES SEGÚN ESPECIE Y REGIÓN
DICIEMBRE 2020

Región	ESPECIE								TOTAL
	<i>Atriplex spp</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Eucalyptus nitens</i>	<i>Eucalyptus híbrido*</i>	<i>Pinus ponderosa</i>	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Otras</i>	
	(ha)								
Coquimbo	54.656	2.663	0	0	0	0	0	17.578	74.897
Valparaíso	0	35.812	0	0	0	5.969	0	1.038	42.818
Metropolitana	0	5.123	0	0	0	17	0	387	5.527
O'Higgins	0	44.616	20	0	0	58.363	0	1.538	104.538
Maule	0	52.751	2.767	264	0	360.407	55	3.084	419.328
Ñuble	0	69.679	18.022	5.750	0	192.085	29	971	286.536
Biobío	0	184.290	97.949	17.019	394	329.566	169	4.085	633.471
Araucanía	0	143.445	73.228	5.122	2.547	244.969	8 046	2.679	480.035
Los Ríos	0	21.380	58.571	6.290	3	87.829	3 859	2 570	180.502
Los Lagos	0	25 416	29.521	1.048	237	14.221	1.027	506	71.975
Aysén	0	0	7	0	18.627	0	3.480	7.778	29.893
Total ha	54.656	585.176	280.086	35.492	21.808	1.293.426	16.665	42.212	2.329.521

* Corresponde a plantaciones realizadas con el híbrido *Eucalyptus nitens* x *Eucalyptus globulus*, las que se distribuyen entre las regiones de Maule y Los Lagos.

En el caso de las plantaciones de la especie *Pinus radiata*, y las del género *Eucalyptus* (incluyendo todas las especies pertenecientes a este género), las superficies por tipo de propietario definidos en este estudio (Empresas en convenio y PYMP) y por regiones se describen en Cuadro 4.

Se aprecia que las plantaciones de *Pinus radiata* están concentradas en las Empresas en convenio (71,2%). En tanto, para las del género *Eucalyptus* la situación es inversa, perteneciendo la mayoría a pequeños y medianos propietarios forestales (60,8%).

Cuadro 4
SUPERFICIE DE PLANTACIONES FORESTALES SEGÚN ESPECIE Y REGIÓN
DICIEMBRE 2020

Región	<i>Pinus radiata</i>		<i>Eucalyptus</i>	
	E. convenio	PYMP	E. convenio	PYMP
	(ha)			
Coquimbo	0,0	0,4	0,0	2.751,5
Valparaíso	0,0	5.968,6	0,0	36.263,1
Metropolitana	0,0	17,0	0,0	5.207,4
O'Higgins	4.834,9	53.528,5	38,8	44.613,0
Maule	223.490,5	136.916,5	10.906,2	44.988,9
Ñuble	143.608,0	48.476,6	29.772,7	63.769,0
Biobío	272.451,8	57.114,5	188.567,8	112.289,2
Araucanía	187.358,2	57.610,4	70.805,4	151.374,1
Los Ríos	80.735,0	7.093,6	40.698,3	46.188,2
Los Lagos	8.672,8	5.548,6	13.682,7	42.512,4
Aysén	0,0	0,0	2,9	5,0
Total	921.151,2	372.274,7	354.474,8	549.961,8

Respecto de las superficies plantadas en los últimos seis años por tipo de propietario y especie, que se encontraban en pie a diciembre de 2020, se aprecia un fuerte incremento de pino, de empresas en convenio, en los años posteriores a los grandes incendios de 2017, para volver en 2020 a las tasas usuales. En cambio, la superficie de pino radiata de PYMP presentó una baja significativa en 2020. En el caso de *Eucalyptus globulus* de PYMP presentan una caída el último año, pero en el total casi triplica la superficie de las empresas en convenio, las que siguen la tendencia a la disminución de los últimos años. La situación de la superficie plantada con *Eucalyptus nitens*, para el caso de empresas en convenio, presenta aumento importante en dos últimos años, y en total corresponde a más del doble de superficie que la plantada por PYMP en los últimos seis años; tal como se detalla en Cuadro 5.

Cuadro 5
SUPERFICIE POR ESPECIE Y TIPO DE PROPIETARIO
ÚLTIMOS SEIS AÑOS

Región	Pinus radiata		Eucalyptus globulus		Eucalyptus nitens		Total
	E. convenio	PYMP	E. convenio	PYMP	E. convenio	PYMP	
	(ha)						
2015	35.168,2	10.643,1	11.645,2	25.066,3	10.625,5	5.563,1	98.711,5
2016	37.397,2	11.321,7	10.034,0	22.436,8	9.477,8	4.585,3	95.252,8
2017	46.354,3	15.185,5	8.931,3	24.376,6	9.308,1	5.163,8	109.319,5
2018	59.725,4	29.927,0	9.278,1	30.945,0	10.187,1	5.556,8	145.619,3
2019	54.841,0	13.965,8	6.358,8	26.738,8	16.655,2	4.858,6	123.418,3
2020	36.940,1	7.489,3	2.514,4	13.993,7	15.380,3	4.142,4	80.460,1
Total	270.426,3	88.532,3	48.761,8	143.557,2	71.634,0	29.870,0	652.781,6

EL RECURSO PLANTACIONES FORESTALES POR REGIONES

Tal como se explicó anteriormente, los cuadros presentados a continuación comprenden el resumen de resultados generado a partir de la actualización de superficies a diciembre de 2020.

- Región de Coquimbo

La región de Coquimbo registra un total de 74.897 ha de plantaciones, con predominancia de los géneros *Atriplex* y *Acacia* (Cuadro 6).

Cuadro 6
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DE COQUIMBO

Comuna	<i>Atriplex spp.</i>	<i>Acacia saligna</i>	<i>E. globulus</i>	Otras	Total
	(ha)				
La Serena	7,0	379,3	423,0	704,4	1.513,7
La Higuera	38,9	337,1	19,5	13,1	408,5
Coquimbo	13.760,1	3.897,1	281,8	452,2	18.391,2
Andacollo	442,1	6,8	8,4	36,0	493,3
Vicuña	4,2	4,2	46,3	39,9	94,6
Paiguano	0,0	0,8	0,0	2,6	3,4
Prov. Elqui	14.252,3	4.625,4	779,0	1.248,1	20.904,8
Ovalle	13.320,9	4.661,0	789,7	551,8	19.323,5
Monte Patria	1.040,5	0,0	141,8	624,3	1.806,6
Punitaqui	924,0	430,0	110,3	154,3	1.618,6
Combarbalá	229,4	113,2	8,7	185,4	536,7
Río Hurtado	60,5	54,4	31,4	54,2	200,5
Prov. Limarí	15.575,3	5.258,6	1.081,9	1.570,1	23.485,9
Illapel	1.970,3	627,4	172,0	294,6	3.064,4
Salamanca	1,4	58,9	33,3	123,5	217,0
Los Vilos	9.155,9	615,0	498,1	135,1	10.404,1
Canela	13.700,5	2.271,7	98,5	749,7	16.820,5
Prov. Choapa	24.828,1	3.573,0	801,9	1.303,0	30.506,0
Total	54.655,7	13.457,0	2.662,9	4.121,2	74.896,7

Las plantaciones de *Atriplex* corresponden al 73% de la superficie de plantaciones, en la región de Coquimbo. *Acacia saligna* (18%) y *Eucalyptus globulus* (3%) son las otras especies que destacan en esta región.

La distribución de años de plantación por especies se detalla en el Cuadro 7.

Cuadro 7
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DE COQUIMBO

Año	<i>Atriplex spp.</i>	<i>Acacia saligna</i>	<i>E. globulus</i>	Otras	Total
	(ha)				
S/I*	223,2	0,0	9,8	0,0	233,1
<2000	41.814,4	1.220,2	1.504,2	1.691,9	46.230,7
2000	2.795,0	79,9	46,2	84,3	3.005,3
2001	1.844,7	398,5	79,7	152,3	2.475,3
2002	2.221,0	2.146,6	35,7	196,5	4.599,9
2003	1.528,4	1.979,4	21,3	147,3	3.676,4
2004	1.229,5	2.343,2	52,6	620,8	4.246,2
2005	393,0	2.336,3	35,5	615,4	3.380,2
2006	529,0	2.097,1	64,3	110,1	2.800,5
2007	28,8	684,8	59,5	295,4	1.068,5
2008	529,3	150,9	62,3	137,9	880,4
2009	378,2	20,1	217,2	55,6	671,1
2010	937,6	0,0	158,0	0,0	1.095,6
2011	203,4	0,0	28,1	3,5	235,0
2012	0,0	0,0	75,7	0,0	75,7
2013	0,0	0,0	52,4	0,0	52,4
2014	0,0	0,0	2,6	0,0	2,6
2015	0,0	0,0	54,4	10,1	64,5
2016	0,0	0,0	53,1	0,0	53,1
2017	0,0	0,0	48,5	0,0	48,5
2018	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7
2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	54.655,7	13.457,0	2.662,9	4.121,2	74.896,7

(*) S/I: Sin Información de año de plantación

En esta región se detectó cambio de uso del suelo a urbano de 17,8 ha.

- Región de Valparaíso

La región de Valparaíso contabiliza 42.818 ha de plantaciones forestales a diciembre de 2020, esto es 678 ha menos que el año anterior.

En la región predominan las plantaciones con la especie *Eucalyptus globulus*, que representan el 83,6% de la superficie regional de plantaciones en pie.

Cuadro 8
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DE VALPARAÍSO

Comuna	<i>Pinus radiata</i>	<i>E. globulus</i>	Otras	Total
	(ha)			
La Ligua	266,9	850,0	427,1	1.544,0
Cabildo	0,0	8,8	0,0	8,8
Zapallar	24,1	630,7	19,0	673,8
Papudo	84,4	177,2	444,8	706,4
Prov. Petorca	375,5	1.666,6	890,9	2.932,9
Valparaíso	1.667,5	4.875,8	43,5	6.586,7
Viña del Mar	115,5	87,9	0,0	203,4
Casablanca	2.099,0	7.162,4	2,6	9.264,0
Quintero	28,2	812,0	0,0	840,2
Puchuncaví	92,9	1.873,4	0,0	1.966,3
Concón	72,4	347,9	2,2	422,5
Prov. Valparaíso	4.075,5	15.159,3	48,3	19.283,1
Villa Alemana	0,0	33,3	0,0	33,3
Quilpué	15,7	1.078,6	0,0	1.094,3
Limache	0,0	1.348,2	0,0	1.348,2
Olmué	0,0	79,4	8,6	88,0
Prov. Marga Marga	15,7	2.539,5	8,6	2.563,8
San Antonio	241,2	3.219,1	10,8	3.471,0
Santo Domingo	443,5	4.673,8	22,9	5.140,3
Cartagena	43,0	3.061,9	0,0	3.105,0
El Tabo	129,5	3.219,8	0,0	3.349,3
El Quisco	328,9	803,3	0,0	1.132,2

Comuna	<i>Pinus radiata</i>	<i>E. globulus</i>	Otras	Total
	(ha)			
Algarrobo	309,3	1.191,0	47,8	1.548,2
Prov. San Antonio	1.495,5	16.168,9	81,5	17.745,9
Quillota	2,8	59,4	0,0	62,2
Nogales	0,0	27,0	0,0	27,0
Hijuelas	3,7	58,0	0,0	61,7
La Calera	0,0	2,7	0,0	2,7
Prov. Quillota	6,5	147,2	0,0	153,6
Panquehue	0,0	37,3	0,0	37,3
Catemu	0,0	58,1	0,0	58,1
Llailay	0,0	20,4	0,0	20,4
Prov. San Felipe	0,0	115,9	0,0	115,9
Calle Larga	0,0	14,5	0,0	14,5
San Esteban	0,0	0,0	8,3	8,3
Prov. Los Andes	0,0	14,5	8,3	22,8
Total	5.968,6	35.811,8	1.037,6	42.818,0

Cuadro 9
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DE VALPARAÍSO

Año	<i>Pinus radiata</i>	<i>E. globulus</i>	Otras	Total
	(ha)			
<2000	3.480,6	2.144,6	457,9	6.083,1
2000	430,7	1.350,3	37,8	1.818,8
2001	280,2	1.100,4	9,7	1.390,3
2002	214,3	982,1	28,3	1.224,7
2003	176,3	1.243,5	77,8	1.497,6
2004	113,5	2.412,5	113,6	2.639,7
2005	138,5	1.961,5	135,4	2.235,4
2006	73,4	2.021,0	0,0	2.094,4
2007	277,8	1.647,3	0,0	1.925,2
2008	59,4	984,9	18,0	1.062,3
2009	102,8	1.684,3	0,0	1.787,1
2010	128,9	3.298,8	43,0	3.470,8
2011	87,8	2.733,2	63,3	2.884,3
2012	58,3	2.844,0	25,1	2.927,5
2013	97,5	1.099,6	0,0	1.197,0
2014	11,5	1.661,7	2,0	1.675,2
2015	108,4	1.300,6	0,0	1.409,0
2016	70,5	1.641,7	0,0	1.712,2
2017	31,4	1.270,7	13,2	1.315,3
2018	2,8	688,5	0,0	691,3
2019	0,0	923,6	0,0	923,6
2020	24,0	817,1	12,2	853,3
Total	5.968,6	35.811,8	1.037,6	42.818,0

La superficie de edades jóvenes corresponde principalmente a reforestaciones con la especie *Eucalyptus globulus* (monte bajo).

Se detectó cambio de uso del suelo a uso urbano (parcelas) en PYMP en 279,7 ha.

- Región Metropolitana

Esta región acumula 5.527 hectáreas de plantaciones forestales, 82 ha menos que el año anterior. La actividad forestal de la región se concentra en la provincia de Melipilla (75% de la superficie).

Eucalyptus globulus es la principal especie plantada en la región Metropolitana (93%).

Cuadro 10
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN METROPOLITANA

Comuna	<i>Pinus radiata</i>	<i>E. globulus</i>	Otras	Total
	(ha)			
Recoleta	0,0	287,3	0,0	287,3
Pudahuel	0,0	29,9	109,0	138,9
Prov. Santiago	0,0	317,2	109,0	426,2
Colina	0,0	152,1	0,0	152,1
Lampa	0,0	9,3	0,0	9,3
Tiltil	0,0	418,0	73,2	491,2
Prov. Chacabuco	0,0	579,4	73,2	652,6
Puente Alto	0,0	4,4	0,0	4,4
San José de Maipo	12,4	17,6	0,0	30,0
Pirque	0,0	22,9	0,0	22,9
Prov. Cordillera	12,4	44,9	0,0	57,3
Buin	0,0	7,2	0,0	7,2
Paine	0,0	47,2	5,3	52,5
Prov. Maipo	0,0	54,4	5,3	59,7
Melipilla	0,6	345,9	15,2	361,8
María Pinto	0,0	16,9	0,0	16,9
Curacaví	0,0	112,1	0,0	112,1
Alhué	0,0	23,3	111,2	134,5
San Pedro	4,0	3.470,3	68,2	3.542,5
Prov. Melipilla	4,6	3.968,5	194,7	4.167,8
Talagante	0,0	49,4	0,0	49,4
Isla de Maipo	0,0	82,8	4,9	87,8
El Monte	0,0	26,4	0,0	26,4
Prov. Talagante	0,0	158,6	4,9	163,5
Total	17,0	5.122,9	387,1	5.527,0

Cuadro 11
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN METROPOLITANA

Año	<i>Pinus radiata</i>	<i>E. globulus</i>	Otras	Total
	(ha)			
<2000	16,3	397,7	13,4	427,5
2000	0,0	68,0	0,0	68,0
2001	0,0	77,4	0,0	77,4
2002	0,0	82,4	25,9	108,4
2003	0,0	83,9	0,0	83,9
2004	0,0	95,2	14,1	109,3
2005	0,0	109,6	25,2	134,8
2006	0,0	65,8	0,0	65,8
2007	0,0	214,9	77,1	292,1
2008	0,6	607,8	131,2	739,7
2009	0,0	221,4	55,5	276,9
2010	0,0	242,5	39,6	282,2
2011	0,0	374,1	0,0	374,1
2012	0,0	339,4	0,0	339,4
2013	0,0	314,8	0,0	314,8
2014	0,0	231,3	0,0	231,3
2015	0,0	465,9	0,0	465,9
2016	0,0	425,9	0,0	425,9
2017	0,0	234,8	0,0	234,8
2018	0,0	93,8	0,0	93,8
2019	0,0	229,4	4,9	234,4
2020	0,0	146,6	0,0	146,6
Total	17,0	5.122,9	387,1	5.527,0

En la región Metropolitana, se registraron 4,6 hectáreas de PYMP, que cambiaron a otros usos del suelo.

- Región de O'Higgins

La región de O'Higgins presentó un total regional de 104.538 ha de plantaciones forestales, 2.548 ha menos que el año anterior.

En la región predomina *Pinus radiata* con 56,8% de la superficie plantada.

Cuadro 12
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DE O'HIGGINS

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Machalí	0,0	41,1	0,0	0,0	41,1
Graneros	52,4	57,6	0,0	2,3	112,4
Mostazal	0,0	240,5	0,0	3,9	244,5
Dofñihue	0,0	19,2	0,0	30,3	49,5
Coltauco	0,0	30,2	0,0	652,0	682,2
Codegua	0,0	160,2	0,0	0,0	160,2
Peumo	0,0	18,7	0,0	3,4	22,1
Las Cabras	74,5	305,2	0,0	17,7	397,4
San Vicente	0,0	85,7	0,0	8,6	94,2
Pichidegua	0,0	29,1	0,0	0,0	29,1
Rengo	0,0	186,3	0,0	5,7	192,0
Requinoa	0,0	295,6	0,0	34,3	329,9
Olivar	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
Malloa	0,0	43,6	0,0	12,5	56,1
Coinco	0,0	9,5	0,0	463,6	473,1
Quinta Tilcoco	0,0	12,1	0,0	8,2	20,3
Prov. Cachapoal	127,0	1.534,6	0,0	1.243,0	2.904,6
San Fernando	1.403,2	140,4	13,7	1,5	1.558,9
Chimbarongo	13,9	129,5	0,0	0,0	143,4
Nancagua	0,0	18,4	0,0	0,0	18,4
Placilla	0,0	26,7	0,0	1,6	28,3
Santa Cruz	957,7	309,1	0,0	0,0	1.266,8
Lolol	3.896,9	3.053,6	0,0	21,3	6.971,8
Palmilla		49,8	0,0	0,0	49,8
Peralillo	305,3	551,9	0,0	0,0	857,2
Chépica	2.889,3	313,5	0,0	27,4	3.230,2
Pumanque	2.118,0	3.773,2	0,0	2,2	5.893,4
Prov. Colchagua	11.584,3	8.366,1	13,7	54,1	20.018,2
Pichilemu	20.970,6	11.533,0	6,7	141,4	32.651,7
Navidad	601,2	3.148,6	0,0	0,0	3.749,7
Litueche	4.491,0	5.540,5	0,0	56,3	10.087,9
La Estrella	1.052,2	1.133,4	0,0	9,0	2.194,6
Marchigüe	7.138,8	5.343,1	0,0	0,0	12.482,0
Paredones	12.398,2	8.016,7	0,0	34,0	20.449,0
Prov. Cardenal Caro	46.652,1	34.715,3	6,7	240,7	81.614,9
Total	58.363,4	44.616,1	20,4	1.537,8	104.537,7

Cuadro 13
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DE O'HIGGINS

Año	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
<2000	8.955,0	976,5	13,7	182,6	10.127,9
2000	4.041,9	2.169,4	0,0	59,6	6.270,9
2001	2.502,0	427,3	0,0	12,0	2.941,3
2002	2.440,4	832,4	0,0	48,9	3.321,7
2003	1.809,4	1.173,3	0,0	9,5	2.992,2
2004	1.424,3	1.150,0	0,0	51,4	2.625,7
2005	1.753,0	2.005,0	0,0	43,1	3.801,1
2006	1.309,3	1.187,4	0,0	31,5	2.528,2
2007	1.679,9	2.630,8	0,0	87,1	4.397,7
2008	1.985,2	3.699,5	0,0	237,2	5.921,9
2009	2.217,9	4.334,1	0,0	174,2	6.726,2
2010	4.288,1	2.962,0	0,0	265,2	7.515,3
2011	1.402,2	2.158,9	0,0	70,3	3.631,4
2012	2.412,5	3.892,7	6,7	40,7	6.352,6
2013	2.233,8	2.030,7	0,0	44,9	4.309,4
2014	1.775,4	1.843,3	0,0	29,6	3.648,3
2015	896,9	1.431,2	0,0	17,3	2.345,4
2016	887,6	1.120,6	0,0	3,0	2.011,1
2017	2.986,0	2.425,2	0,0	0,9	5.412,1
2018	5.299,1	4.746,4	0,0	100,3	10.145,7
2019	4.835,0	1.398,5	0,0	13,8	6.247,3
2020	1.228,6	21,0	0,0	14,7	1.264,2
Total	58.363,4	44.616,1	20,4	1.537,8	104.537,7

Se detectaron 396,3 ha que cambiaron del uso plantaciones forestales, principalmente al uso agrícola, pertenecientes a PYMP.

- Región del Maule

La región del Maule presentó 419.328 ha de plantaciones a diciembre del 2020, esto es 3.198 ha más que el período anterior. Se destaca la provincia de Talca, que concentra el 42% de la superficie regional de plantaciones forestales.

Predomina en la región *Pinus radiata* con el 86% de la superficie plantada. Las plantaciones de *Pinus radiata* se incrementaron en 3.863 hectáreas respecto del año 2019. En tanto, la superficie de *Eucalyptus globulus* disminuyó en 386 ha.

Cuadro 14
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DEL MAULE

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Curicó	1.400,9	276,1	0,0	0,0	1.676,9
Teno	108,3	95,2	0,0	0,0	203,5
Romeral	1.740,6	137,9	12,8	0,0	1.891,3
Rauco	320,5	39,9	0,0	0,0	360,4
Licantén	9.155,3	1.257,0	0,0	0,0	10.412,3
Vichuquén	12.931,8	4.536,1	0,0	98,5	17.566,4
Hualañé	14.784,3	1.099,4	0,0	7,9	15.891,6
Molina	4.280,7	497,5	255,7	4,4	5.038,3
Sagrada Familia	4.993,0	90,5	0,0	0,0	5.083,5
Prov. Curicó	49.715,4	8.029,6	268,4	110,7	58.124,2
Talca	80,4	89,5	0,0	15,5	185,4
San Clemente	12.897,8	1.081,2	1.008,6	51,1	15.038,7
Pelarco	3.600,7	743,3	330,9	1,8	4.676,8
Río Claro	3.285,9	646,5	164,2	10,6	4.107,2
Pencahue	23.139,6	1.113,8	5,6	12,7	24.271,7
Maule	493,3	87,1	0,0	0,0	580,4
Curepto	34.928,8	1.840,7	8,4	23,6	36.801,5
Constitución	54.436,0	7.163,2	0,0	426,1	62.025,4
Empedrado	25.337,1	718,8	0,0	519,3	26.575,2
San Rafael	356,5	327,3	230,3	1,0	915,1
Prov. Talca	158.556,1	13.811,4	1.748,1	1.061,6	175.177,3
Linares	5.587,5	958,2	0,0	6,2	6.551,9
Yerbas Buenas	139,1	320,6	217,5	0,7	677,9

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Colbún	3.489,6	954,3	169,0	28,8	4.641,7
Longaví	15.924,5	573,2	181,3	25,7	16.704,7
Parral	18.137,1	1.071,7	112,0	127,8	19.448,6
Retiro	3.218,4	3.184,8	32,8	1.698,5	8.134,5
Villa Alegre	6,9	118,2	0,0	1,4	126,4
San Javier	27.485,9	1.791,2	0,0	120,2	29.397,3
Prov. Linares	73.988,9	8.972,1	712,7	2.009,3	85.683,0
Cauquenes	49.993,4	14.759,7	36,8	107,2	64.897,2
Pelluhue	9.975,1	3.822,9	0,0	91,6	13.889,6
Chanco	18.178,0	3.355,5	1,2	22,3	21.557,0
Prov. Cauquenes	78.146,6	21.938,1	38,1	221,1	100.343,8
Total	360.407,0	52.751,3	2.767,3	3.402,7	419.328,3



Cuadro 15
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DEL MAULE

Año	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
<2000	47.069,9	997,1	153,6	802,6	49.023,2
2000	8.099,7	387,5	0,0	49,1	8.536,2
2001	8.333,0	493,4	0,0	135,7	8.962,0
2002	8.957,2	695,9	22,0	35,9	9.711,0
2003	9.414,1	1.510,9	0,0	65,4	10.990,4
2004	13.311,2	1.456,2	63,0	99,9	14.930,4
2005	14.030,2	3.361,6	2,0	73,2	17.467,0
2006	15.097,8	2.483,7	101,1	32,6	17.715,2
2007	14.347,8	4.177,0	156,0	32,0	18.712,8
2008	12.514,2	2.465,8	32,8	82,1	15.094,9
2009	13.015,1	2.887,2	35,8	13,2	15.951,3
2010	11.000,3	2.250,0	238,3	108,6	13.597,1
2011	9.463,9	2.528,2	364,5	129,4	12.486,0
2012	10.730,4	3.973,5	344,9	54,1	15.102,9
2013	10.253,2	1.839,0	270,5	66,6	12.429,4
2014	12.492,4	3.246,4	598,4	285,8	16.623,1
2015	11.757,1	2.098,1	0,0	179,2	14.034,4
2016	13.958,2	1.968,7	0,0	353,0	16.280,0
2017	26.780,5	4.533,1	123,3	315,0	31.751,9
2018	44.072,7	4.306,9	0,0	256,6	48.636,2
2019	28.518,8	3.428,6	217,5	134,9	32.299,8
2020	17.189,3	1.662,4	43,4	98,1	18.993,1
Total	360.407,0	52.751,3	2.767,3	3.402,7	419.328,3

Se registraron 283,1 ha de plantaciones pertenecientes a PYMP, que cambiaron a otros usos del suelo (agrícola y urbano) en esta región.

- Región de Ñuble

La región de Ñuble totalizó 286.536 ha de plantaciones forestales en el año 2020, esto es 8.882 ha más que al año anterior.

Las provincias del Itata y Diguillín concentran mayor superficie de *Pinus radiata*. Mientras que *Eucalyptus globulus* tiene el 53% de su superficie regional en la provincia de Itata. En las provincias de Punilla y Diguillín, se concentran las plantaciones con *Eucalyptus nitens*.

Respecto del año anterior, la superficie en pie de *Pinus radiata* se incrementó en 4.452 ha; mientras que la de *Eucalyptus globulus* subió en 2.450 ha, y la de *Eucalyptus nitens* aumentó en 1.383 ha.

Cuadro 16
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DE ÑUBLE

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Chillán	4.264,7	2.021,2	6,8	164,7	6.457,5
Pinto	3.049,8	934,6	1.017,5	217,4	5.219,3
Bulnes	1.673,5	2.781,6	149,0	19,3	4.623,4
San Ignacio	2.319,2	946,6	255,9	8,0	3.529,8
Quillón	4.433,4	5.157,6	0,4	116,3	9.707,7
Yungay	22.162,8	399,0	3.984,8	635,7	27.182,4
Pemuco	23.495,5	1.214,9	849,2	662,4	26.222,0
El Carmen	5.918,0	999,1	1.857,2	101,1	8.875,4
Chillán Viejo	4.654,6	3.891,8	6,3	7,7	8.560,4
Prov. Diguillín	71.971,6	18.346,4	8.127,1	1.932,7	100.377,9
Quirihue	19.122,9	7.136,5	77,7	276,5	26.613,6
Ninhue	10.647,7	5.270,1	2,3	12,5	15.932,6
Portezuelo	7.779,9	2.281,0	3,0	60,1	10.124,0
Cobquecura	14.979,7	9.928,8	296,4	863,0	26.067,8
Trehuaco	7.994,1	3.449,2	68,9	258,3	11.770,4
Ranquil	5.819,5	2.653,1	119,4	23,1	8.615,0
Coelemu	8.600,2	6.382,4	228,8	1.311,0	16.522,4
Prov. Itata	74.944,0	37.101,0	796,4	2.804,4	115.645,8
Coihueco	22.551,7	2.017,8	5.664,4	1.086,3	31.320,3
San Carlos	5.988,9	3.477,5	283,3	49,9	9.799,6
Ñiquén	3.779,8	1.664,6	500,8	382,1	6.327,3
San Fabián	5.337,3	319,7	2.540,6	492,1	8.689,6
San Nicolás	7.511,3	6.752,4	109,6	2,2	14.375,5
Prov. Punilla	45.169,0	14.231,9	9.098,7	2.012,7	70.512,3
Total	192.084,6	69.679,3	18.022,2	6.749,9	286.536,0

Cuadro 17
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DE ÑUBLE

Año	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
<2000	18.470,9	555,1	68,3	326,1	19.420,5
2000	6.162,4	286,5	7,8	62,1	6.518,8
2001	4.041,1	565,8	45,1	16,7	4.668,8
2002	6.344,6	517,4	1,6	32,2	6.895,7
2003	6.891,3	943,8	77,1	38,7	7.950,9
2004	6.770,4	2.188,4	192,8	15,7	9.167,2
2005	7.551,0	3.497,9	191,3	3,1	11.243,2
2006	8.642,9	3.848,1	561,0	35,7	13.087,7
2007	8.966,6	3.954,9	301,9	2,3	13.225,7
2008	10.222,3	1.767,4	433,4	15,5	12.438,6
2009	9.377,8	4.274,2	703,0	38,0	14.393,2
2010	10.337,7	3.035,1	1.326,5	190,8	14.890,2
2011	7.566,6	3.641,4	1.545,4	23,8	12.777,1
2012	10.695,7	4.585,7	2.097,5	35,3	17.414,2
2013	9.318,4	4.938,9	1.917,9	74,0	16.249,2
2014	7.044,2	3.498,7	1.557,6	53,1	12.153,6
2015	8.254,1	5.149,2	1.530,0	572,8	15.506,2
2016	6.906,0	5.392,6	818,0	1.019,9	14.136,6
2017	7.656,2	3.727,5	588,7	1.226,0	13.198,5
2018	11.900,2	4.024,6	830,8	1.677,8	18.433,4
2019	12.062,0	5.034,2	2.326,1	665,3	20.087,6
2020	6.902,2	4.251,8	900,7	624,7	12.679,4
Total	192.084,6	69.679,3	18.022,2	6.749,9	286.536,0

En cuanto a cambio de uso del suelo, 1.226,4 ha dejaron de tener plantaciones forestales PYMP, para cambiar mayoritariamente a uso urbano (parcelaciones).

- Región del Biobío

La región del Biobío concentra mayor superficie de plantaciones a nivel nacional, con 633.471 ha, pero disminuye en 1.183 ha respecto del año anterior.

La provincia del Biobío destaca como la de mayor superficie plantada en la región (46%), y también donde se concentran plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus nitens*. Las plantaciones de *Eucalyptus globulus*, se concentran en la provincia de Arauco (49%).

La superficie total plantada con *Pinus radiata* disminuyó en 9.687 ha, respecto del año anterior, en cambio la de *Eucalyptus globulus* se incrementó en 1.016 ha y *Eucalyptus nitens* aumentó en 5.130 ha.

Cuadro 18
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DEL BIOBÍO

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Concepción	2.894,6	3.813,0	27,9	523,2	7.258,7
Penco	1.241,4	2.765,1	31,9	338,3	4.376,7
Hualqui	11.764,9	6.909,3	578,1	339,1	19.591,4
Florida	8.866,4	8.840,9	261,2	1.442,1	19.410,7
Tomé	7.442,1	13.276,5	269,7	1.954,8	22.943,1
Talcahuano	239,4	1.055,0	0,0	0,0	1.294,3
Coronel	5.088,3	5.015,2	696,2	383,8	11.183,5
Lota	1.503,2	3.594,3	348,2	128,2	5.573,7
Santa Juana	13.629,8	10.579,9	4.582,8	441,6	29.234,2
Chiguayante	234,0	863,8	14,1	0,0	1.111,9
San Pedro de la Paz	2.424,2	919,4	88,1	53,5	3.485,3
Hualpén	76,4	365,5	0,0	0,0	441,9
Prov. Concepción	55.404,7	57.997,9	6.898,2	5.604,7	125.905,5
Arauco	12.358,1	21.377,0	2.757,8	859,0	37.351,8
Curanilahue	30.173,1	15.383,2	12.703,2	2.526,4	60.785,9
Lebu	7.508,4	15.320,6	2.380,1	393,4	25.602,5
Los Álamos	12.240,4	8.190,1	315,9	759,4	21.505,8
Cañete	15.912,1	9.400,6	2.247,1	157,4	27.717,2
Contulmo	10.254,7	13.219,4	418,2	53,4	23.945,7
Tirúa	10.373,1	6.846,1	237,7	13,6	17.470,5
Prov. Arauco	98.819,9	89.737,0	21.059,9	4.762,5	214.379,3
Los Ángeles	30.479,0	2.706,0	1.778,4	357,3	35.320,7
Santa Bárbara	12.907,4	823,8	14.250,6	376,5	28.358,4

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Laja	9.932,0	2.773,4	757,5	551,2	14.014,2
Quilleco	29.378,9	1.015,6	8.502,1	289,7	39.186,2
Nacimiento	9.631,8	11.573,4	9.513,0	3.104,3	33.822,5
Negrete	353,0	1.264,9	579,5	519,6	2.717,0
Mulchén	27.416,9	10.833,7	20.344,2	4.770,1	63.364,9
Quilaco	9.081,3	722,9	5.277,7	408,1	15.490,0
Yumbel	15.823,2	3.221,3	135,9	240,4	19.420,9
Cabrero	16.506,5	938,7	444,6	91,7	17.981,5
San Rosendo	3.292,6	441,0	30,6	21,4	3.785,7
Tucapel	9.041,0	163,2	7.822,8	313,9	17.340,9
Antuco	1.141,6	76,8	446,0	240,5	1.904,8
Alto Bío Bío	356,4	0,0	108,0	14,6	479,1
Prov. Biobío	175.341,7	36.554,6	69.990,9	11.299,3	293.186,5
Total	329.566,3	184.289,5	97.948,9	21.666,6	633.471,3

Cuadro 19
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DEL BIOBÍO

Año	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
<2000	52.033,7	10.471,1	2.803,3	2.420,8	67.728,8
2000	13.268,0	3.456,1	454,9	100,5	17.279,6
2001	9.877,1	4.385,6	268,6	1,5	14.532,8
2002	10.743,7	4.492,8	249,0	26,0	15.511,5
2003	15.885,0	4.508,2	548,7	81,1	21.023,0
2004	16.356,4	4.025,5	500,1	97,0	20.978,9
2005	16.799,4	5.446,4	821,7	125,0	23.192,4
2006	16.786,5	6.250,0	1.703,0	86,0	24.825,5
2007	17.490,0	7.698,4	2.904,2	93,4	28.186,1
2008	16.554,9	5.888,5	8.036,2	148,0	30.627,6
2009	14.204,6	6.098,4	8.073,1	175,9	28.551,9

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
2010	12.770,0	6.585,5	6.586,0	106,7	26.048,1
2011	11.425,7	9.158,2	7.735,3	159,3	28.478,5
2012	9.452,8	11.844,5	7.396,3	266,3	28.959,9
2013	10.073,8	12.218,5	6.895,8	154,1	29.342,1
2014	10.063,8	14.649,6	5.248,6	213,2	30.175,2
2015	11.466,0	12.858,7	5.427,2	586,9	30.338,7
2016	13.711,8	10.866,2	5.365,1	1.048,3	30.991,4
2017	11.236,9	12.067,8	6.221,8	3.447,2	32.973,7
2018	17.298,4	14.568,3	4.621,8	5.710,7	42.199,1
2019	12.983,0	11.728,4	7.444,5	3.697,2	35.853,2
2020	9.084,8	5.023,1	8.643,8	2.921,5	25.673,2
Total	329.566,3	184.289,5	97.948,9	21.666,6	633.471,3

Se detectaron 2.352,3 ha, pertenecientes a PYMP, que cambiaron a otros usos del suelo, en la región.

- Región de La Araucanía

Esta región contabiliza 480.035 hectáreas de plantaciones forestales al año 2020, lo que es 544 más que el año anterior.

Respecto del año anterior las plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* presentaron una disminución de 2.449 ha y 814 ha, respectivamente.

Eucalyptus nitens presentó un incremento total de 3.545 ha respecto del año 2019.

Cuadro 20
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Angol	17.020,3	16.552,8	8.772,2	1.238,8	43.584,1
Purén	3.470,7	7.958,6	147,4	12,6	11.589,3
Los Sauces	13.276,8	23.152,4	1.069,9	297,0	37.796,1
Renaico	1.001,3	3.536,6	3.407,8	602,3	8.547,9

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Collipulli	23.565,1	5.122,1	15.302,4	1.912,2	45.901,7
Ercilla	5.777,3	3.384,4	4.741,9	22,2	13.925,9
Traiguén	9.380,5	11.669,8	1.655,6	741,2	23.447,2
Lumaco	29.892,0	14.986,8	321,2	124,7	45.324,7
Victoria	10.944,8	231,6	8.092,5	58,8	19.327,7
Curacautín	1.339,2	143,9	6.431,6	248,9	8.163,7
Lonquimay	2,8	15,8	0,0	2.326,2	2.344,8
Prov. Malleco	115.670,9	86.754,7	49.942,6	7.584,9	259.953,1
Temuco	5.399,4	2.168,7	370,1	157,7	8.095,9
Vilcún	5.658,4	527,9	2.840,4	1.077,5	10.104,3
Freire	1.656,6	608,9	578,3	361,3	3.205,1
Cunco	10.766,0	718,0	4.407,8	232,4	16.124,1
Lautaro	7.034,7	2.918,9	4.682,3	288,0	14.923,9
Perquenco	756,7	905,1	241,0	0,0	1.902,8
Galvarino	7.877,2	9.425,3	532,1	31,4	17.866,0
Nueva Imperial	6.080,5	7.398,9	436,8	34,1	13.950,3
Carahue	29.081,8	6.421,4	1.115,9	622,9	37.242,1
Saavedra	586,5	1.228,2	0,0	0,0	1.814,7
Pitrufquén	1.049,4	2.555,5	306,2	16,8	3.927,9
Gorbea	12.766,9	5.210,7	543,4	166,2	18.687,2
Toltén	15.495,5	5.110,8	1.699,1	616,6	22.922,0
Loncoche	11.679,0	3.412,1	3.684,2	1.518,8	20.294,1
Villarrica	1.214,4	292,6	659,4	5.280,6	7.447,0
Pucón	146,3	27,4	280,6	280,3	734,6
Melipeuco	2.751,6	0,0	127,6	53,8	2.933,0
Curarrehue	8,3	0,0	23,9	9,0	41,2
Teodoro Schmidt	2.816,2	1.065,9	386,2	14,7	4.283,0
Padre Las Casas	1.615,5	609,3	137,4	1,8	2.364,0
Chol Chol	4.856,8	6.085,1	232,7	44,6	11.219,1
Prov. Cautín	129.297,7	56.690,7	23.285,2	10.808,5	220.082,1
Total	244.968,6	143.445,4	73.227,7	18.393,4	480.035,2

Cuadro 21
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Año	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
<2000	50.023,7	4.757,6	3.653,9	5.459,9	63.895,1
2000	7.947,1	3.241,6	567,2	1.064,5	12.820,4
2001	6.800,0	1.931,1	625,7	13,6	9.370,5
2002	7.085,9	2.185,8	433,5	123,1	9.828,3
2003	6.968,1	4.006,3	1.361,5	344,5	12.680,3
2004	9.500,9	4.411,7	658,0	208,2	14.778,9
2005	11.345,3	10.682,2	1.341,0	727,7	24.096,2
2006	11.378,8	9.231,4	887,2	751,7	22.249,2
2007	10.778,3	5.207,5	1.294,2	527,6	17.807,5
2008	10.548,1	6.631,2	2.522,1	440,5	20.141,9
2009	8.429,8	6.659,7	5.730,3	359,2	21.178,9
2010	9.885,4	9.036,1	5.761,7	443,5	25.126,8
2011	8.623,9	7.347,6	4.799,7	248,3	21.019,4
2012	9.351,6	9.225,2	3.874,1	590,0	23.040,9
2013	8.886,9	6.739,0	4.478,9	294,5	20.399,3
2014	8.578,4	7.266,6	4.802,7	304,1	20.951,7
2015	10.925,0	10.071,0	4.545,8	423,2	25.964,9
2016	10.375,1	8.745,0	4.079,6	1.222,0	24.421,6
2017	9.762,5	6.380,8	3.415,9	1.628,5	21.187,7
2018	9.542,5	9.103,5	5.871,7	1.388,0	25.905,6
2019	9.250,0	7.741,7	6.376,8	1.299,1	24.667,6
2020	8.981,2	2.842,8	6.146,6	531,8	18.502,4
Total	244.968,6	143.445,4	73.227,7	18.393,4	480.035,2

Se registraron 2.135 ha, pertenecientes a PYMP, que cambiaron a otros usos del suelo en la región.

- Región de Los Ríos

Esta región presentó 180.502 hectáreas de plantaciones forestales a diciembre 2020, 1.907 menos que el año anterior.

La provincia de Valdivia concentra el 77% de las plantaciones forestales de la región de Los Ríos. Las plantaciones de *Pinus radiata* representan el 48% de la superficie plantada en la región y en segundo lugar las de *Eucalyptus nitens* (32%).

Cuadro 22
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DE LOS RÍOS

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Valdivia	12.679,7	2.691,0	5.242,8	1.473,8	22.087,2
Mariquina	18.259,8	3.888,0	7.918,4	3.487,1	33.553,3
Lanco	6.259,4	1.969,8	2.418,1	1.360,9	12.008,2
Los Lagos	12.217,7	2.079,8	8.941,6	1.245,8	24.485,0
Corral	3.430,6	2.479,0	5.255,0	443,5	11.608,1
Máfil	9.682,0	1.049,4	3.662,2	272,7	14.666,4
Panguipulli	1.126,7	404,1	3.169,0	1.789,8	6.489,5
Paillaco	6.559,3	1.455,9	6.461,8	510,1	14.987,1
Prov. Valdivia	70.215,1	16.017,1	43.068,9	10.583,8	139.885,0
Futrono	335,7	277,4	1.221,7	304,3	2.139,1
La Unión	17.100,9	4.985,2	10.763,6	1.775,0	34.624,7
Río Bueno	38,5	70,1	2.797,5	40,2	2.946,3
Lago Ranco	138,3	30,2	719,8	19,0	907,2
Prov. Ranco	17.613,4	5.362,9	15.502,5	2.138,5	40.617,4
Total	87.828,6	21.380,0	58.571,4	12.722,3	180.502,3



Cuadro 23
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DE LOS RÍOS

Año	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
<2000	29.454,8	5.806,0	5.518,1	3.430,4	44.209,2
2000	2.882,0	1.482,9	1.428,0	304,2	6.097,2
2001	1.894,2	656,8	1.292,2	117,9	3.961,2
2002	2.021,8	908,2	1.193,1	200,2	4.323,3
2003	2.905,3	1.401,6	1.335,6	23,5	5.665,9
2004	2.487,4	915,9	1.433,1	66,6	4.903,0
2005	2.400,7	706,6	2.483,5	67,3	5.658,2
2006	3.133,4	846,7	2.682,6	239,4	6.902,1
2007	3.445,1	334,1	2.867,0	83,2	6.729,4
2008	3.811,6	417,7	2.892,2	56,0	7.177,6
2009	4.341,6	884,7	3.343,2	137,3	8.706,8
2010	4.070,3	742,8	3.221,6	681,7	8.716,4
2011	4.364,6	369,6	2.489,7	159,6	7.383,6
2012	3.430,9	419,9	2.948,2	73,6	6.872,7
2013	3.795,4	690,1	3.017,1	202,8	7.705,4
2014	3.886,3	270,6	1.886,9	206,2	6.249,9
2015	2.215,2	1.382,0	2.987,9	121,3	6.706,4
2016	2.155,8	702,1	3.188,2	236,8	6.282,8
2017	2.362,0	610,6	2.933,1	1.178,3	7.084,1
2018	1.174,7	674,3	3.050,2	1.906,9	6.806,0
2019	757,2	686,4	3.177,2	1.727,7	6.348,5
2020	838,1	470,4	3.202,8	1.501,4	6.012,7
Total	87.828,6	21.380,0	58.571,4	12.722,3	180.502,3

Se detectaron 1.047,5 ha de PYMP que cambiaron de plantaciones forestales a otros usos del suelo.

- Región de Los Lagos

La región de los Lagos presenta un total de 71.975 hectáreas de plantaciones forestales con un incremento de 2.188 ha respecto del año anterior. En la provincia de Osorno, se concentra el 67% de la superficie regional de plantaciones forestales.

Eucalyptus nitens es la especie más importante en términos de superficie (41%) en la región seguida por *Eucalyptus globulus* (35%).

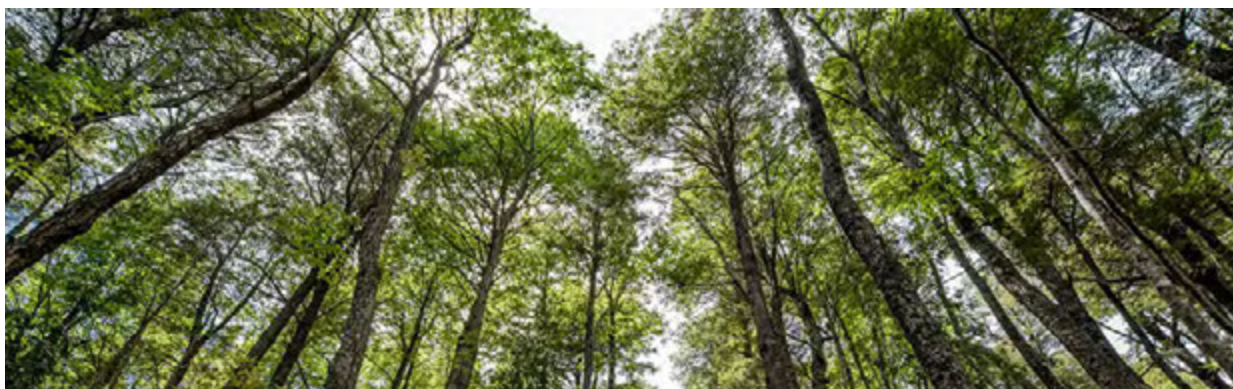
Respecto del año anterior, en esta región las plantaciones de *Eucalyptus globulus* se incrementaron en 3.685 ha y *Pinus radiata* en 421 ha. En tanto la superficie de *Eucalyptus nitens* disminuyó en 2.145 ha.

Cuadro 24
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DE LOS LAGOS

Comuna	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
Osorno	1.108,9	1.797,6	740,4	81,2	3.728,1
San Pablo	2.053,3	1.445,7	1.080,8	426,3	5.005,9
Puerto Octay	182,1	129,1	8.296,5	104,3	8.711,9
Puyehue	56,7	110,1	14,7	50,9	232,4
Río Negro	3.658,2	2.046,8	3.268,0	273,7	9.246,7
Purranque	899,4	5.216,7	3.409,3	426,6	9.951,9
San Juan	5.338,4	2.478,2	3.042,9	791,2	11.650,7
Prov. Osorno	13.296,9	13.224,0	19.852,6	2.154,2	48.527,7
Puerto Montt	23,1	578,0	386,1	68,8	1.056,0
Cochamó	0,6		15,4	2,9	18,8
Puerto Varas	32,9	77,6	697,0	258,8	1.066,3
Fresia	614,0	8.970,8	1.201,3	99,3	10.885,4
Frutillar	68,0	164,8		57,3	290,0
Llanquihue	5,3	36,5	6,4	0,0	48,2
Mauñín	72,1	935,4	984,0	16,9	2.008,5
Los Muermos	22,1	1.176,2	130,6	20,6	1.349,6
Calbuco	13,7	171,3	2.044,7	2,0	2.231,8
Prov. Llanquihue	851,8	12.110,6	5.465,6	526,6	18.954,5
Castro	0,0	0,0	150,5	71,4	221,9
Chonchi	5,7	5,9	239,5	1,7	252,8
Queilén	0,0	3,4	60,3	0,0	63,7
Quellón	0,0	0,0	138,9	8,3	147,2
Ancud	67,1	64,8	2.724,0	9,4	2.865,3
Quemchi	0,0	6,3	241,6	0,4	248,4
Dalcahue	0,0	0,0	647,9	44,7	692,6
Prov. Chiloé	72,8	80,4	4.202,6	136,0	4.491,8
Hualaihué	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3
Prov. Palena	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3
Total	14.221,4	25.416,3	29.520,8	2.816,8	71.975,3

Cuadro 25
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DE LOS LAGOS

Año	<i>Pino radiata</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. nitens</i>	Otras	Total
	(ha)				
<2000	4.414,1	1.000,6	1.718,3	647,3	7.780,4
2000	272,5	823,4	350,8	199,1	1.645,8
2001	133,8	183,0	442,6	4,2	763,6
2002	288,7	275,3	586,8	6,7	1.157,4
2003	530,5	310,9	358,3	24,4	1.224,1
2004	547,5	258,9	609,3	53,8	1.469,5
2005	729,5	545,3	604,3	63,3	1.942,4
2006	894,0	550,2	1.496,4	187,5	3.128,1
2007	423,9	608,1	4.960,5	35,7	6.028,3
2008	866,3	759,5	3.120,8	192,4	4.938,9
2009	1.063,6	1.464,4	2.144,8	73,9	4.746,7
2010	500,3	2.154,7	1.844,7	32,7	4.532,4
2011	248,2	1.322,7	1.208,3	4,8	2.783,9
2012	254,2	2.206,5	1.053,8	141,5	3.655,9
2013	256,9	1.240,4	964,1	12,9	2.474,2
2014	286,8	1.033,2	631,4	9,8	1.961,2
2015	188,7	1.900,4	1.697,8	17,1	3.804,0
2016	653,9	1.555,0	612,2	11,5	2.832,6
2017	724,2	2.008,9	1.189,0	78,5	4.000,6
2018	362,1	2.015,1	1.369,5	484,2	4.230,9
2019	400,8	1.926,9	1.971,6	243,4	4.542,8
2020	181,1	1.273,0	585,4	292,2	2.331,8
Total	14.221,4	25.416,3	29.520,8	2.816,8	71.975,3



- Región de Aysén

En total se registraron 29.893 hectáreas con plantaciones forestales, 74 menos en comparación con el año 2019.

La provincia de Coyhaique, es la que reúne la mayor superficie de plantaciones forestales de la región (65%) y la comuna de Coyhaique es la mayor superficie plantada.

Pinus ponderosa es la principal especie plantada en la región de Aysén (62%), seguida de *Pinus contorta* (17%) y *Pseudotsuga menziesii* (12%).

Esta situación está marcada principalmente por la casi nula superficie plantada en los últimos años.

Cuadro 26
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR COMUNA Y ESPECIE. REGIÓN DE AYSÉN

Comuna	<i>Pinus ponderosa</i>	<i>Pinus contorta</i>	<i>P. menziesii</i>	Otras	Total
	(ha)				
Aysén	781,3	45,0	2.304,7	14,3	3.145,3
Cisnes	0,0	0,0	346,2	11,2	357,4
Prov. Aysén	781,3	45,0	2.650,9	25,4	3.502,7
Chile Chico	957,2	198,4	77,9	246,2	1.479,7
Río Ibáñez	2.197,1	114,2	44,4	219,8	2.575,5
Prov. Gen. Carrera	3.154,3	312,6	122,4	465,9	4.055,2
Cochrane	1.528,0	859,0	1,9	548,3	2.937,2
O'Higgins	16,3	0,0	1,0	0,0	17,3
Prov. Capitán Prat	1.544,3	859,0	2,9	548,3	2.954,5
Coyhaique	12.675,8	3.788,0	621,1	1.582,6	18.667,5
Lago Verde	471,7	90,3	82,9	68,4	713,3
Prov. Coyhaique	13.147,5	3.878,3	704,0	1.651,0	19.380,8
Total	18.627,4	5.095,0	3.480,2	2.690,7	29.893,2

Cuadro 27
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y AÑO DE PLANTACIÓN. REGIÓN DE AYSÉN

Año	<i>Pinus ponderosa</i>	<i>Pinus contorta</i>	<i>P. menziesii</i>	Otras	Total
	(ha)				
S/I *	1.619,2	1.066,0	154,7	1.585,0	4.424,9
<2000	8.315,3	2.827,4	2.445,4	910,2	14.498,3
2000	917,1	31,3	202,7	0,0	1.151,2
2001	1.398,5	16,6	66,4	55,4	1.536,9
2002	750,9	35,2	375,7	21,5	1.183,4
2003	932,9	160,5	169,5	0,0	1.262,9
2004	1.381,5	269,7	1,9	0,0	1.653,1
2005	505,6	0,2	10,2	39,0	554,9
2006	1.238,2	75,8	53,7	35,0	1.402,7
2007	604,7	306,8	0,0	6,1	917,6
2008	370,2	172,9	0,0	13,0	556,0
2009	350,8	100,3	0,0	25,6	476,8
2010	183,6	32,2	0,0	0,0	215,8
2011	6,7	0,0	0,0	0,0	6,7
2012	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2013	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2014	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2017	52,1	0,0	0,0	0,0	52,1
2018	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	18.627,4	5.095,0	3.480,2	2.690,7	29.893,2

INVENTARIO DASOMÉTRICO EN PLANTACIONES DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA PROPIEDAD (PYMP)

Las existencias volumétricas de las plantaciones de la PYMP se estiman como parte del programa de Actualización Permanente de Plantaciones forestales. El conocimiento de los rendimientos esperados por hectárea de estas plantaciones es un dato de alto interés en el contexto de la evaluación retrospectiva de instrumentos de política de

fomento forestal desde el sector público, resultando también importante el conocimiento de la oferta desde este sector para la industria forestal del país desde el punto de vista de la planificación estratégica del recurso.

En los cuadros siguientes se presentan los resultados de las existencias volumétricas a nivel regional para las especies bajo inventario. Estos resultados se basan en el volumen promedio de todos los conglomerados de la región.

Cuadro 28
VOLUMEN POR ESPECIE REGIÓN DEL MAULE

Espece	Volúmen Medio (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
<i>Pinus radiata</i> *	132,53	113.819,3	15.084.472
<i>Eucalyptus globulus</i> *	97,64	26.555,2	2.592.850

Cuadro 29
VOLUMEN POR ESPECIE REGIÓN DEL BIOBÍO

Espece	Volúmen Medio (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
<i>Pinus radiata</i> *	132,53	113.819,3	15.084.472
<i>Eucalyptus globulus</i> *	97,64	26.555,2	2.592.850

En la región del Biobío hubo solo dos puntos seleccionados de *Eucalyptus nitens*, por lo tanto se descartaron por ser poco representativos.

Cuadro 30
VOLUMEN POR ESPECIE REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Espece	Volúmen Medio (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
<i>Pinus radiata</i> *	254,11	43.743,6	11.115.686
<i>Eucalyptus globulus</i> *	120,03	51.561,5	6.188.927
<i>Eucalyptus nitens</i> *	268,64	8.496,8	2.282.580

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los valores medios de los conglomerados, por clase de edad y especie.

En el caso de la región del Maule se describen en Cuadros 31 al 34 las variables de estado de rodal para las clases de edad seleccionadas de la especie *Pinus radiata*.

* Datos actualizados durante año 2011

Cuadro 31
VOLUMEN *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DEL MAULE

Clase Edad (años)	Volúmen (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	14,72	36.539,1	537.856
11-15	103,17	24.336,4	2.510.786
16-20	190,08	32.359,2	6.150.837
>=21	285,88	20.584,6	5.884.725
Total			15.084.204

Error de estimación volumen 27,0 %

Cuadro 32
DENSIDAD *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DEL MAULE

Clase Edad (años)	Densidad (árboles/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	1399,18	36.539,1	51.124.778
11-15	765,15	24.336,4	18.620.996
16-20	762,19	32.359,2	24.663.858
>=21	956,41	20.584,6	19.687.317
Total			114.096.949

Cuadro 33
ÁREA BASAL *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DEL MAULE

Clase Edad (años)	Área Basal (m²/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	12,50	36.539,1	456.739
11-15	21,11	24.336,4	513.741
16-20	22,89	32.359,2	740.702
>=21	27,22	20.584,6	560.313
Total			2.271.495

Cuadro 34
ALTURA DOMINANTE *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DEL MAULE

Clase Edad (años)	Altura (m)	Superficie (ha)
6-10	8,07	36.539,1
11-15	15,72	24.336,4
16-20	19,75	32.359,2
>=21	22,16	20.584,6

Alternativamente, para la región del Maule se describen en Cuadros 35 al 38 las variables de estado de rodal para las clases de edad seleccionadas de la especie *Eucalyptus globulus*.

Cuadro 35
VOLUMEN *E. globulus*, PYMP REGIÓN DEL MAULE

Clase Edad (años)	Volúmen (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	42,77	16.287,1	696.599
7-9	109,86	4.307,4	473.211
>=10	238,76	5.960,8	1.423.201
Total			2.593.011

Error de estimación en volumen 27,8 %

Cuadro 36
DENSIDAD *E. globulus*, PYMP REGIÓN DEL MAULE

Clase Edad (años)	Densidad (árboles/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	1.193,93	16.287,1	19.445.657
7-9	1.079,91	4.307,4	4.651.604
>=10	932,66	5.960,8	5.559.400
Total			29.656.661

Cuadro 37
ÁREA BASAL *E. globulus*, PYMP REGIÓN DEL MAULE

Clase Edad (años)	Área Basal (m²/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	11,07	16.287,1	180.298
7-9	18,22	4.307,4	78.481
>=10	26,00	5.960,8	154.981
Total			413.760

Cuadro 38
ALTURA DOMINANTE *E. globulus*, PYMP REGIÓN DEL MAULE

Clase Edad (años)	Altura (m)	Superficie (ha)
4-6	12,99	16.287,1
7-9	19,45	4.307,4
>=10	29,39	5.960,8

Para la región del Biobío se describen en Cuadros 39 al 42 las variables de estado de rodal para las clases de edad seleccionadas de la especie *Pinus radiata*.

Cuadro 39
VOLUMEN *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DEL BIOBÍO

Clase Edad (años)	Volúmen (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	65,1	22.379,5	1.457.043
11-15	147,9	25.750,1	3.809.151
16-20	243,4	18.239,3	4.438.556
>=21	311,3	18.216,8	5.671.031
Total			15.375.779

Error de estimación volumen 25,7 %

Cuadro 40
DENSIDAD *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DEL BIOBÍO

Clase Edad (años)	Densidad (árbo/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	1.006,7	22.379,5	22.529.886
11-15	574,7	25.750,1	14.799.433
16-20	489,9	18.239,3	8.935.952
>=21	500,6	18.216,8	9.118.750
Total			55.384.021

Cuadro 41
ÁREA BASAL *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DEL BIOBÍO

Clase Edad (años)	Área Basal (m²/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	19,1	22.379,5	427.697
11-15	25,7	25.750,1	661.700
16-20	28,8	18.239,3	525.562
>=21	34,3	18.216,8	625.443
Total			2.240.402

Cuadro 42
ALTURA DOMINANTE *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DEL BIOBÍO

Clase Edad (años)	Altura (m)	Superficie (ha)
6-10	12,12	22.379,5
11-15	17,94	25.750,1
16-20	24,50	18.239,3
>=21	28,20	18.216,8

También, para la región del Biobío se describen en Cuadros 43 al 46 las variables de estado de rodal para las clases de edad seleccionadas de la especie *Eucalyptus globulus*.

Cuadro 43
VOLUMEN *E. globulus*, PYMP REGIÓN DEL BIOBÍO

Clase Edad (años)	Volúmen (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	46,33	33.013,0	1.529.374
7-9	76,82	13.912,5	1.068.809
>=10	272,72	13.320,2	3.632.704
Total			6.230.887

Error estimación volumen 32,2 %

Cuadro 44
DENSIDAD *E. globulus*, PYMP REGIÓN DEL BIOBÍO

Clase Edad (años)	Densidad (árbo/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	1.249,18	33.013,0	41.239.106
7-9	1087,50	13.912,5	15.129.785
>=10	954,14	13.320,2	12.709.300
Total			69.078.191

Cuadro 45
ÁREA BASAL *E. globulus*, PYMP REGIÓN DEL BIOBÍO

Clase Edad (años)	Área Basal (m²/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	14,11	33.013,0	465.850
7-9	16,78	13.912,5	233.421
>=10	31,44	13.320,2	418.846
Total			1.118.117

Cuadro 46
ALTURA DOMINANTE *E. globulus*, PYMP REGIÓN DEL BIOBÍO

Clase Edad (años)	Altura (m)	Superficie (ha)
4-6	10,95	33.013,0
7-9	14,11	13.912,5
>=10	27,03	13.320,2

En el caso de la región de La Araucanía se describen en Cuadros 47 al 50, las variables de estado de rodal para las clases de edad seleccionadas de la especie *Pinus radiata*.

Cuadro 47
VOLUMEN *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Volúmen (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	71,0	5.193,7	368.753
11-15	184,9	12.793,8	2.365.162
16-20	287,1	14.741,1	4.231.999
>=21	376,7	11.015,1	4.149.740
Total			11.115.655

Error estimación volumen 29,8%

Cuadro 48
DENSIDAD *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Densidad (árbo/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	809,0	5.193,7	4.201.703
11-15	685,6	12.793,8	8.770.980
16-20	492,2	14.741,1	7.255.088
>=21	429,0	11.015,1	4.725.473
Total			24.953.245

Cuadro 49
ÁREA BASAL *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Área Basal (m²/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
6-10	16,3	5.193,7	84.657
11-15	31,0	12.793,8	396.608
16-20	35,6	14.741,1	524.536
>=21	39,6	11.015,1	435.707
Total			1.441.508

Cuadro 50
ALTURA DOMINANTE *Pinus radiata*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Altura (m)	Superficie (ha)
6-10	10,8	5.193,7
11-15	19,3	12.793,8
16-20	24,9	14.741,1
>=21	28,9	11.015,1

Para las clases de edad seleccionadas de la especie *Eucalyptus globulus* de la región de La Araucanía, se describen en cuadros 51 al 54, las variables de estado de rodal.

Cuadro 51
VOLUMEN *E. globulus*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Volúmen (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	44,36	23.288,5	1.033.078
7-9	93,34	12.977,1	1.211.282
>=10	257,88	15.296,0	3.944.532
Total			6.188.892

Error estimación volumen 32,3%

Cuadro 52
DENSIDAD *E. globulus*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Densidad (árbo/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	1.532,23	23.288,5	35.683.338
7-9	1.359,08	12.977,1	17.636.917
>=10	1.452,87	15.296,0	22.223.099
Total			74.182.327

Cuadro 53
ÁREA BASAL *E. globulus*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Área Basal (m²/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6	12,98	23.288,5	302.285
7-9	20,38	12.977,1	264.473
>=10	32,27	15.296,0	493.602
Total			1.060.360

Cuadro 54
ALTURA DOMINANTE *E. globulus*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Altura (m)	Superficie (ha)
4-6	11,39	23.288,5
7-9	14,73	12.977,1
>=10	24,69	15.296,0

Los cuadros 55 al 58 presentan las variables de estado de rodal para las clases de edad seleccionadas de la especie *Eucalyptus nitens* en la región de La Araucanía.

Cuadro 55
VOLUMEN *E. nitens*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Volúmen (m³/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
4-6 **	65,7	2.942,4	193.316
7-9	168,76	2.593,8	437.730
>=10	413,70	5.902,9	2.442.030
Total			3.073.076

Error estimación volumen 33,1 %.

**Valor estimado

Dentro de los conglomerados medidos en terreno, no aparecieron los pertenecientes a la primera clase de edad (cuatro a seis años)

Cuadro 56
DENSIDAD *E. nitens*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Densidad (árbo/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
7-9	1411,56	2.593,8	3.661.304
>=10	973,04	5.902,9	5.743.758
Total			9.405.062

Cuadro 57
ÁREA BASAL *E. nitens*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Área Basal (m²/ha)	Superficie (ha)	Volumen Región (m³)
7-9	25,56	2.593,8	66.298
>=10	40,47	5.902,9	238.890
Total			305.188

Cuadro 58
ALTURA DOMINANTE *E. nitens*, PYMP REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Clase Edad (años)	Altura (m)	Superficie (ha)
7-9	21,03	2.593,8
>=10	31,34	5.902,9

CAPÍTULO III

**INVENTARIO DE
BOSQUE NATIVO**



INFOR

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan en forma detallada las existencias totales por región comprendidas en el proceso de actualización 2021, el que involucra la publicación de valores de existencias actualizados para las regiones de Maule, Ñuble, BioBío, Araucanía y Los Ríos y levantamiento de datos biofísicos de inventario para la región de Aysén.

Es importante destacar que el reporte presentado, incluye desde el año 2019 cifras de los inventarios realizados en las islas y archipiélagos de las regiones de Aysén y Magallanes; esfuerzo habilitado gracias al apoyo del proyecto GEF Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (GEF SIMEF). Esto permite la entrega de información más completa para el país, cubriendo millones de hectáreas de bosques situadas en zonas de difícil acceso, que previamente no estaban sujetas a inventario.

El inventario asume como población objetivo el país y las regiones. Dado su carácter de continuo y de grandes áreas, al subdividir la población en áreas más pequeñas, el número de muestras disminuye. Es por esto, que el nivel máximo de subdivisión considerado corresponde a provincias, con errores de estimación variables como se observa en los cuadros de existencias por región. Los cuadros de resultados que se presentan, consideran volúmenes sólidos fustales de los individuos sin corteza y sin deducción por defectos. Se aconseja al lector considerar en su análisis de estos datos, los valores de precisión de la media detallados en los cuadros respectivos, de forma de tener en consideración estos niveles de incertidumbre como escenarios antes de tomar decisiones.

El total de superficie bajo actualización alcanza en este período aproximadamente 3,715 millones de hectáreas, correspondientes al tercer año del tercer ciclo del Inventario Forestal Nacional (IFN).

RESUMEN

El Inventario Forestal Nacional (IFN) ejecutado por el Instituto Forestal, conocido también como Inventario Continuo de los Ecosistemas Forestales, se encuentra en operación desde el año 2000 a la fecha. El propósito de este inventario es apoyar los procesos de toma de decisión, los procesos internacionales y diferentes áreas de interés actual y futuro.

Se ha logrado completar con información aquellos bosques comprendidos entre las regiones de Coquimbo a la región de Magallanes, cubriendo 13,4 millones de hectáreas de la superficie definida por el Catastro CONAF-MMA como bosque nativo en Chile.

En este informe se expresan los resultados asociados a la caracterización cuantitativa de los bosques de las regiones involucradas en el presente ciclo de medición correspondiente al año 2021 equivalente a 3.715.532 ha. Las existencias brutas totales fustales comprendidas en las regiones medidas alcanzan los 1.329,2 millones de m³ssc sobre una base cubierta con unidades de muestra de 13,424 millones de ha. A modo de resumen general el siguiente cuadro describe las existencias por región, así como, las superficies bajo inventario que dieron origen a las medias estimadas.

Cuadro 1
EXISTENCIAS PARA BASE MUESTRAL ESTADÍSTICA

Región	Existencias (m³ssc)	Crecimiento anual (m³ssc)	Superficie bajo inventario (ha)
Coquimbo	113.462	-	3.514
Valparaíso	4.135.629	68.604	95.463
Región Metropolitana	4.501.044	70.819	93.526
O'Higgins	8.407.984	114.674	118.013
Maule	26.905.734	1.030.259	370.330
Biobío	139.183.077	5.568.582	786.208
La Araucanía	256.878.030	6.289.080	908.501
Los Ríos	295.381.209	5.336.713	850.000
Los Lagos	862.610.176	19.076.036	2.758.873
Aysén	1.722.186.813	31.746.736	4.814.066
Magallanes	902.185.233	12.327.750	2.625.506
Total	4.222.488.391	81.629.254	13.424.000

Las existencias expandidas a la población total programada a la base país de 13,4 millones de hectáreas totalizan 4.222 millones de m³ssc, y se detallan a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2
EXISTENCIAS EN SUPERFICIES TOTALES PROGRAMADAS

Región	Superficie Total (ha)	Volumen Medio (m³ssc/ha)	Existencias (m³ssc)
Coquimbo	3.514	32,29	113.462
Valparaíso	95.463	43,32	4.135.629
Región Metropolitana	93.526	48,13	4.501.044
O'Higgins	118.013	71,25	8.407.984
Maule	370.330	72,65	26.905.734
Biobío	786.208	177,03	139.183.077
La Araucanía	908.501	282,75	256.878.030
Los Ríos	850.000	347,51	295.381.209
Los Lagos	2.758.873	312,67	862.610.176
Aysén	4.814.066	357,74	1.722.186.813
Magallanes	2.625.506	343,62	902.185.233
Total	13.424.000		4.222.488.391

El detalle de las superficies comprometidas en el período 2020 se describe a continuación según superficies de base muestral y total programada:

Cuadro 3
SUPERFICIES PARA BASE MUESTRAL ESTADÍSTICA

Región	Superficie para Base Muestral Estadística (ha)
Aysén	3.715.532
Total	3.715.532

Cuadro 4
EXISTENCIAS EN SUPERFICIES TOTALES PROGRAMADAS Y OBTENIDAS EN 2021

Región	Superficie Total (ha)	Volumen Medio (m³ssc/ha)	Existencias (m³ssc)
Aysén	3.715.532	357,74	1.329.194.418
Total	3.715.532		1.329.194.418

En el Cuadro 5 a continuación se describe la secuencia histórica de superficies medidas en ciclo de mediciones iniciado el año 2011.

Cuadro 5
EXISTENCIAS EN SUPERFICIES TOTALES ACUMULADAS AL 2021

Ciclo	Región	Superficie Total (ha)	Volumen Medio (m³ssc/ha)	Existencias (m³ssc)
1	Coquimbo	3.514	28,79	101.168
	Valparaíso	95.463	21,16	2.019.997
	Región Metropolitana	93.526	28,21	2.638.791
	O'Higgins	118.013	36,43	4.299.119
	Los Lagos	2.758.873	265,36	732.100.592
	Subtotal 2011	3.069.389		741.159.667
	Maule	370.330	161,54	59.823.108
	Biobío	786.208	172,62	135.715.225
	La Araucanía	908.501	290,60	264.010.428
	Los Ríos	850.000	357,43	303.815.500
	Aysén	325.000	266,32	86.554.000
	Subtotal 2012	3.240.039		824.365.492
	Aysén	3.715.532	266,32	989.520.482
	Subtotal 2013	3.715.532		989.520.482
	Magallanes	2.625.506	248,17	651.571.824

Ciclo	Región	Superficie Total (ha)	Volumen Medio (m³ssc/ha)	Existencias (m³ssc)
	Aysén	774.494	266,32	206.263.242
	Subtotal 2014	3.400.000		857.835.066
2	Coquimbo	3.514	117,75	413.763
	Valparaíso	95.463	35,43	3.382.228
	Región Metropolitana	93.526	41,68	3.895.240
	O'Higgins	118.013	74,32	8.770.862
	Maule	210.094	156,27	32.831.073
	Los Lagos	2.758.873	235,36	649.328.384
	Subtotal 2015	3.279.483		698.621.550
	Maule	160.236	200,77	32.170.587
	Biobío	786.208	283,78	223.113.280
	La Araucanía	908.501	252,11	229.040.944
	Los Ríos	850.000	263,00	223.551.472
	Aysén *	325.000	357,74	116.265.692
	Subtotal 2016	3.029.945		824.141.975
	Aysén *	3.715.532	357,74	1.329.196.611
	Subtotal 2017	3.715.532		1.329.196.611
	Aysén *	773.534	357,74	276.724.510
	Magallanes *	2.625.506	343,62	902.185.233
	Subtotal 2018	3.399.040		1.178.909.743
3	Coquimbo	3.514	32,29	113.462
	Valparaíso	95.463	43,32	4.135.629
	Región Metropolitana	93.526	48,13	4.501.044
	O'Higgins	118.013	71,25	8.407.984
	Los Lagos	2.758.873	312,67	862.610.176
	Subtotal 2019	3.069.389		879.768.295
	Maule	370.330	72.65	26.905.734
	Ñuble y Biobío	786.208	177.03	139.183.077
	La Araucanía	908.501	282.75	256.878.030
	Los Ríos	850.000	347.51	295.381.209
	Subtotal 2020	2.915.039		718.348.051
	Aysén	3.715.532	357,74	1.329.194.418
	Subtotal 2021	3.715.532		1.329.194.418

EXISTENCIAS TOTALES POR REGIÓN

MACRORREGIÓN NORTE

Dada su baja representatividad en superficie de bosques (~9%) las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins se agrupan como una macrorregión.

No obstante, se entregan valores estimados para cada región.

Aquellas celdas marcadas con (*) indican alta incertidumbre (>30% en volumen).

Cuadro 6
EXISTENCIAS TOTALES DE LA MACRORREGIÓN NORTE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	310.453	0,81	252.129	*
Volumen (m³ssc)	310.453	53,85	16.718.628	*
Area Basal (m²)	310.453	9,66	3.000.125	*
Número árboles	310.453	659,02	204.593.472	*
Vol Neto (m³ssc)	310.453	35,09	10.894.688	*
Vol Neto Pulp (m³ssc)	310.453	34,37	10.669.590	*
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	310.453	0,72	222.097	*

- Región de Coquimbo

La región del Coquimbo contabiliza una existencia total de 113.5 mil m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con un error que supera el 30%.

Cuadro 7
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE COQUIMBO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Volumen (m³ssc)	3.514	32,29	113.462	*
Área Basal (m²)	3.514	10,79	37.920	*
Número árboles	3.514	488,94	1.718.135	*
Vol Neto (m³ssc)	3.514	27,66	97.211	*

- Región de Valparaíso

La región del Valparaíso contabiliza una existencia total de 4.14 millones m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con un error que supera el 30%.

Cuadro 8
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	95.463	0,72	68.604	*
Volumen (m³ssc)	95.463	43,32	4.135.629	*
Area Basal (m²)	95.463	8,70	830.939	*
Número árboles	95.463	594,91	56.791.615	*
Vol Neto (m³ssc)	95.463	28,79	2.748.573	*
Vol Neto Pulp (m³ssc)	95.463	28,79	2.748.573	*

- Región Metropolitana

La región del Metropolitana contabiliza una existencia total de 4.5 millones m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con un error sobre el 30% en volumen.

Cuadro 9
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN METROPOLITANA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	93.463	0,76	70.819	*
Volumen (m³ssc)	93.463	48,13	4.501.044	*
Area Basal (m²)	93.463	8,64	807.703	*
Número árboles	93.463	631,15	59.028.486	*
Vol Neto (m³ssc)	93.463	31,36	2.932.557	*
Vol Neto Pulp (m³ssc)	93.463	30,84	2.884.627	*

- Región de O'Higgins

La región del O'Higgins contabiliza una existencia total de 8.41 millones m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con un error sobre el 30% en volumen.

Cuadro 10
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE O'HIGGINS

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m ³ ssc)	118.013	0,97	114.674	*
Volumen (m ³ ssc)	118.013	71,25	8.407.984	*
Area Basal (m ²)	118.013	11,65	1.374.439	*
Número árboles	118.013	759,24	89.600.584	*
Vol Neto (m ³ ssc)	118.013	45,60	5.380.962	*
Vol Neto Pulp (m ³ ssc)	118.013	43,89	5.180.129	*

- Región del Maule

La región del Maule contabiliza una existencia total de 26.9 millones de m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10, cm con un error de 33,7%.

Cuadro 11
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DEL MAULE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m ³ ssc)	370.330	2,78	1.030.259	*
Volumen (m ³ ssc)	370.330	72,65	26.905.734	33,65
Area Basal (m ²)	370.330	12,46	4.613.135	31,60
Número árboles	370.330	663,27	245.630.126	*
Vol Neto (m ³ ssc)	370.330	50,76	18.799.769	*
Vol Neto Pulp (m ³ ssc)	370.330	46,77	17.321.837	*

- Existencias por Provincia

Cuadro 12
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE CURICÓ

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	105.896	-	-
Volumen (m³ssc)	105.896	114,65	12.140.789
Area Basal (m²)	105.896	16,28	1.723.515
Número árboles	105.896	822,46	87.095.777
Vol Neto (m³ssc)	105.896	-	-

Cuadro 13
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE LINARES

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	160.213	0,37	59.363
Volumen (m³ssc)	160.213	88,55	14.187.385
Area Basal (m²)	160.213	16,48	2.640.776
Número árboles	160.213	994,64	159.353.855
Vol Neto (m³ssc)	160.213	67,19	10.765.203
Vol Neto Pulp. (m³ssc)	160.213	61,02	9.775.668

Cuadro 14
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE TALCA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	90.420	0,32	29.239
Volumen (m³ssc)	90.420	40,94	3.701.615
Area Basal (m²)	90.420	8,30	750.185
Número árboles	90.420	418,95	37.881.886
Vol Neto (m³ssc)	90.420	26,19	2.368.189
Vol Neto Pulp. (m³ssc)	90.420	26,19	2.368.189

- Existencias por Tipo Forestal

Cuadro 15
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ESCLERÓFILO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	41.195	1,21	49.957
Volumen (m³ssc)	41.195	35,85	1.476.880
Area Basal (m²)	41.195	8,98	369.857
Número árboles	41.195	609,73	25.117.745
Vol Neto (m³ssc)	41.195	20,91	861.423
Vol Neto Pulp. (m³ssc)	41.195	20,30	836.134

Cuadro 16
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ROBLE HUALO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	148.182	0,49	72.101
Volumen (m³ssc)	148.182	114,45	16.959.021
Area Basal (m²)	148.182	18,04	2.673.005
Número árboles	148.182	816,74	121.026.661
Vol Neto (m³ssc)	148.182	86,25	12.780.415
Vol Neto Pulp. (m³ssc)	148.182	78,01	11.560.115

Cuadro 17
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ROBLE-RAULÍ-COIHUE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	159.916	-	-
Volumen (m³ssc)	159.916	141,98	22.704.871
Area Basal (m²)	159.916	17,61	2.816.329
Número árboles	159.916	684,72	109.496.998
Vol Neto (m³ssc)	159.916	105,65	16.894.807
Vol Neto Pulp. (m³ssc)	159.916	95,65	15.295.434

- Distribución de Existencias Totales

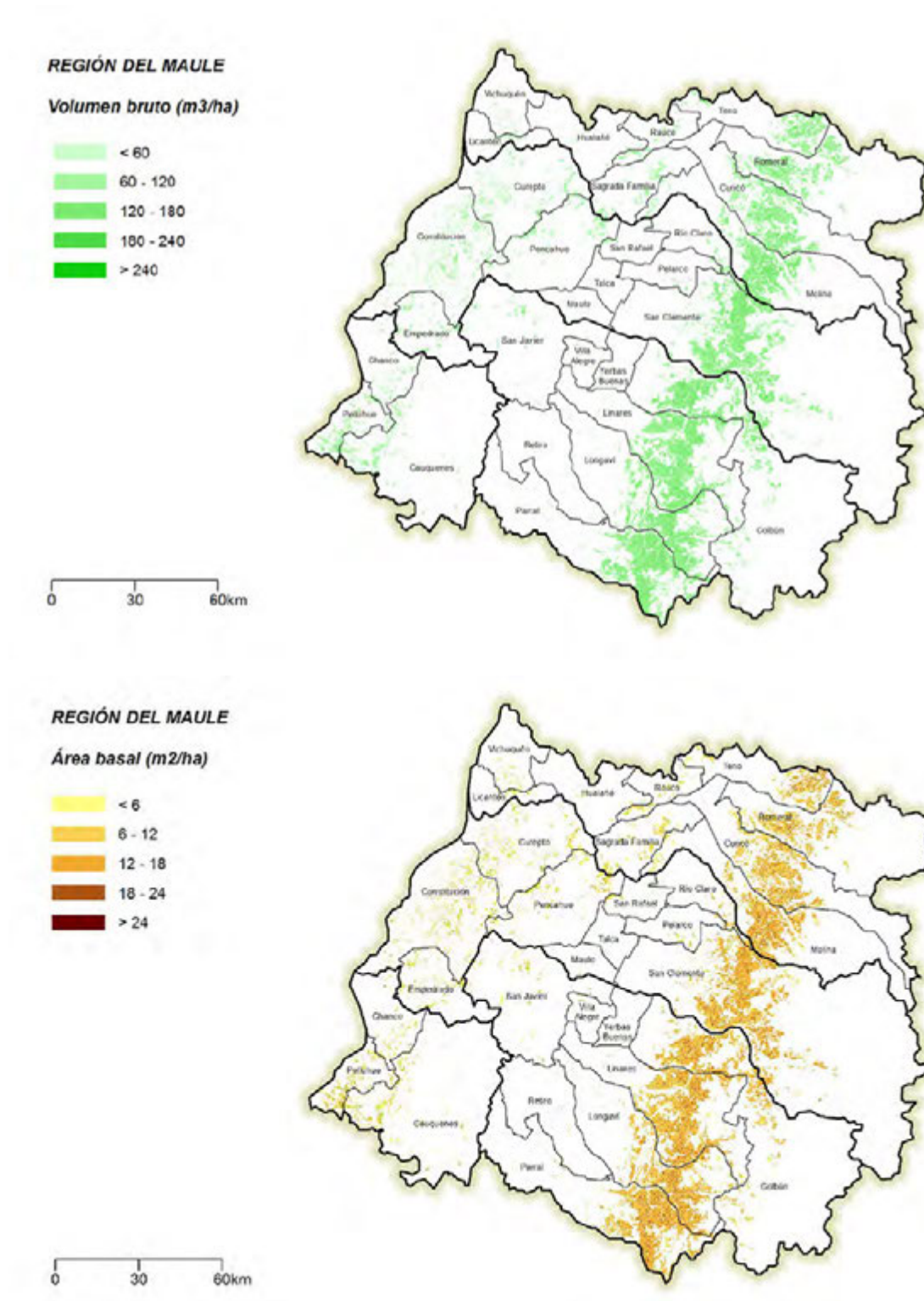


Figura 1
EXISTENCIAS EN ÁREA BASAL Y VOLUMEN. REGIÓN DEL MAULE

- Región del Biobío

La región del Biobío contabiliza una existencia total de 139,2 millones de m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con un error de 31,99%.

Cuadro 18
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	786.208	7,08	5.568.582	*
Volumen (m³ssc)	786.208	177,03	139.183.077	31,99
Área Basal (m²)	786.208	23,34	18.353.617	28,35
Número árboles	786.208	960,54	755.183.036	27,80
Vol Neto (m³ssc)	786.208	115,08	90.476.386	29,36
Vol Neto Pulp (m³ssc)	786.208	100,79	79.242.340	25,04

Cuadro 19
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE ARAUCO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	92.714	-	-
Volumen (m³ssc)	92.714	165,88	15.379.616
Área Basal (m²)	92.714	25,10	2.327.503
Número árboles	92.714	990,12	91.797.743
Vol Neto (m³ssc)	92.714	117,12	10.858.441
Vol Neto Pulp (m³ssc)	92.714	87,77	8.137.076

Cuadro 20
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE BIOBÍO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	436.587	10,53	4.596.885
Volumen (m³ssc)	436.587	194,33	84.843.593
Área Basal (m²)	436.587	26,24	11.454.373
Número árboles	436.587	1125,44	491.352.314
Vol Neto (m³ssc)	436.587	130,08	56.791.883
Vol Neto Pulp (m³ssc)	436.587	118,52	51.744.823

Cuadro 21
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE ÑUBLE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	231.021	6,25	1.442.837
Volumen (m³ssc)	231.021	186,26	43.029.624
Área Basal (m²)	231.021	21,60	4.988.904
Número árboles	231.021	815,50	188.397.381
Vol Neto (m³ssc)	231.021	111,44	25.745.581
Vol Neto Pulp (m³ssc)	231.021	102,23	23.617.077

Las existencias por tipo forestal se detallan como:

Cuadro 22
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ARAUCARIA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	43.609	-	-
Volumen (m³ssc)	43.609	271,37	11.834.417
Área Basal (m²)	43.609	35,02	1.527.229
Número árboles	43.609	855,01	37.286.084
Vol Neto (m³ssc)	43.609	-	-

Cuadro 23
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ESCLERÓFILO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	15.269	-	-
Volumen (m³ssc)	15.269	10,85	165.601
Área Basal (m²)	15.269	4,06	61.974
Número árboles	15.269	366,46	5.595.280
Vol Neto (m³ssc)	15.269	6,57	100.371
Vol Neto Pulp (m³ssc)	15.269	6,57	100.371

Cuadro 24
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ROBLE-RAULÍ-COIHUE

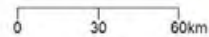
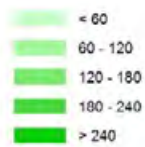
Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	480.667	7,49	3.601.257
Volumen (m³ssc)	480.667	164,72	79.174.831
Área Basal (m²)	480.667	21,47	10.320.010
Número árboles	480.667	1060,88	509.932.022
Vol Neto (m³ssc)	480.667	109,83	52.792.469
Vol Neto Pulp (m³ssc)	480.667	99,87	48.005.670



- Distribución de Existencias Totales

REGIÓN DEL BÍO-BÍO

Volumen bruto (m3/ha)



REGIÓN DEL BÍO-BÍO

Área basal (m2/ha)

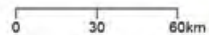
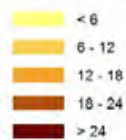


Figura 2
EXISTENCIAS EN ÁREA BASAL Y VOLUMEN. REGIÓN DEL BÍO-BÍO

- Región de La Araucanía

La región del Araucanía contabiliza una existencia total de 256,9 millones de m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con un error de 39,23%.

Cuadro 25
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	908.501	6,92	6.289.080	35,32
Volumen (m³ssc)	908.501	282,75	256.878.030	*
Área Basal (m²)	908.501	33,16	30.124.696	*
Número árboles	908.501	859,29	780.669.405	29,07
Vol Neto (m³ssc)	908.501	209,10	189.971.387	*
Vol Neto Pulp (m³ssc)	908.501	163,49	148.531.914	*

Las existencias por provincia corresponden a:

Cuadro 26
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE CAUTÍN

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	490.142	5,83	2.856.029
Volumen (m³ssc)	490.142	309,24	151.569.601
Área Basal (m²)	490.142	34,49	16.905.118
Número árboles	490.142	855,18	419.159.469
Vol Neto (m³ssc)	490.142	230,49	112.972.658
Vol Neto Pulp (m³ssc)	490.142	183,64	90.008.128

Cuadro 27
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA MALLECO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	418.360	8,06	3.371.386
Volumen (m³ssc)	418.360	255,28	106.799.308
Área Basal (m²)	418.360	31,78	13.294.529
Número árboles	418.360	863,56	361.278.375
Vol Neto (m³ssc)	418.360	186,93	78.202.464
Vol Neto Pulp (m³ssc)	418.360	142,60	59.657.735

Las existencias por tipo forestal se detallan como:

Cuadro 28
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ARAUCARIA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	207.885	-	-
Volumen (m³ssc)	207.885	333,39	69.307.561
Área Basal (m²)	207.885	45,17	9.389.963
Número árboles	207.885	574,85	119.503.639
Vol Neto (m³ssc)	207.885	201,09	41.804.218

Cuadro 29
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL COIHUE-RAULÍ-TEPA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	104.639	5,62	588.359
Volumen (m³ssc)	104.639	293,41	30.701.790
Área Basal (m²)	104.639	37,38	3.911.348
Número árboles	104.639	651,63	68.185.324
Vol Neto (m³ssc)	104.639	223,07	23.341.442

Cuadro 30
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL LENGUA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	102.200	3,33	340.195
Volumen (m³ssc)	102.200	196,98	20.131.767
Área Basal (m²)	102.200	18,03	1.842.758
Número árboles	102.200	279,28	28.542.072
Vol Neto (m³ssc)	102.200	126,15	12.892.673

Cuadro 31
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ROBLE-RAULÍ-COIHUE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	432.488	8,27	3.574.934
Volumen (m³ssc)	432.488	275,68	119.227.590
Área Basal (m²)	432.488	30,13	13.030.192
Número árboles	432.488	1084,42	468.997.295
Vol Neto (m³ssc)	432.488	219,97	95.134.492
Vol Neto Pulp (m³ssc)	432.488	183,17	79.220.275

Cuadro 32
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL SIEMPREVERDE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	55.670	10,48	583.435
Volumen (m³ssc)	55.670	296,81	16.523.257
Área Basal (m²)	55.670	36,37	2.024.935
Número árboles	55.670	1151,71	64.116.041
Vol Neto (m³ssc)	55.670	231,79	12.903.794

- Distribución de Existencias Totales

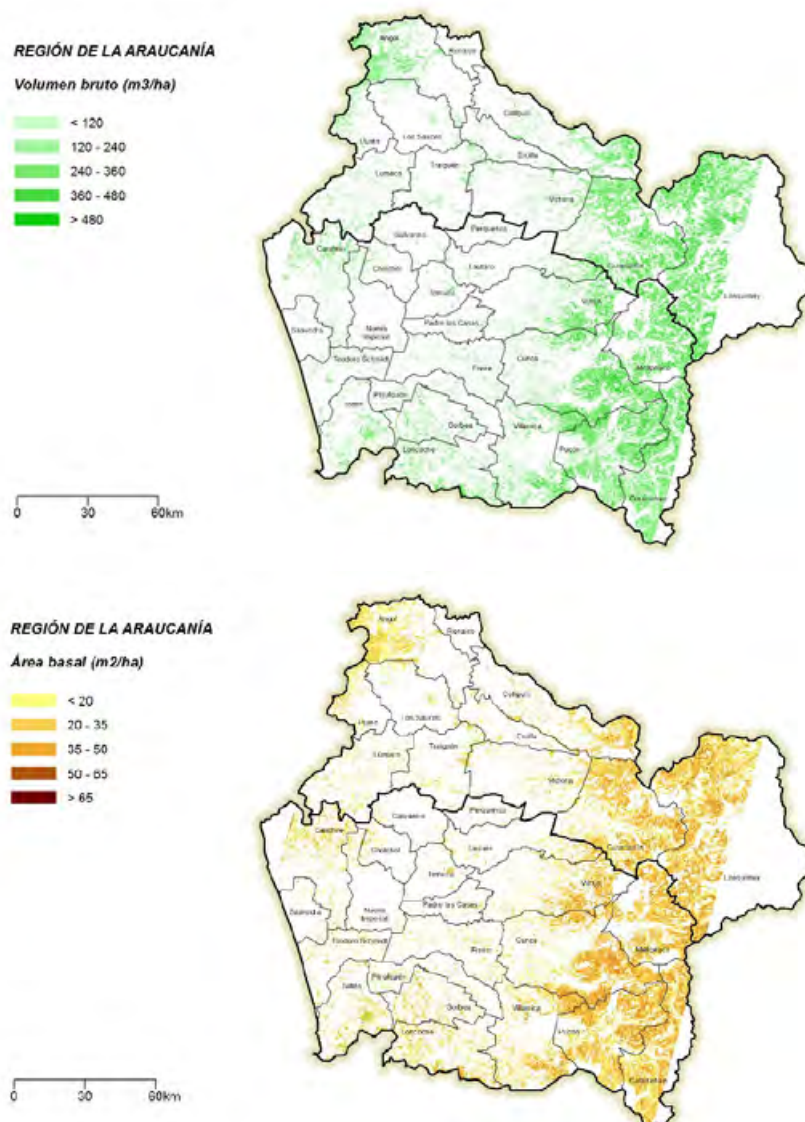


Figura 3
EXISTENCIAS EN ÁREA BASAL Y VOLUMEN. REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

- Región de Los Ríos

La región de los Ríos contabiliza una existencia total de 295,3 millones de m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con un error de 34,28%.

Cuadro 33
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE LOS RÍOS

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	849.771	6,28	5.335.276	*
Volumen (m³ssc)	849.771	347,51	295.301.630	34,28
Área Basal (m²)	849.771	34,23	29.087.867	33,63
Número árboles	849.771	760,53	646.277.233	*
Vol Neto (m³ssc)	849.771	237,62	201.924.652	34,91
Vol Neto pulp (m³ssc)	849.771	189,43	160.969.503	28,84

Las existencias totales por provincia corresponden a:

Cuadro 34
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA RANCO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	406.351	4,68	1.901.542
Volumen (m³ssc)	406.351	498,72	202.655.684
Área Basal (m²)	406.351	43,15	17.535.834
Número árboles	406.351	519,36	211.044.199
Vol Neto (m³ssc)	406.351	358,20	145.556.688
Vol Neto pulp (m³ssc)	406.351	244,33	99.284.934

Cuadro 35
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA VALDIVIA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	443.420	6,93	3.072.855
Volumen (m³ssc)	443.420	285,90	126.774.483
Área Basal (m²)	443.420	30,59	13.566.191
Número árboles	443.420	858,78	380.801.862
Vol Neto (m³ssc)	443.420	188,50	83.583.037
Vol Neto Pulp (m³ssc)	443.420	167,06	74.076.715

Las existencias por tipo forestal se detallan como:

Cuadro 36
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL COIHUE-RAULÍ-TEPA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	246.911	4,85	1.197.368
Volumen (m³ssc)	246.911	720,36	177.864.486
Área Basal (m²)	246.911	62,56	15.446.782
Número árboles	246.911	576,33	142.302.661
Vol Neto (m³ssc)	246.911	444,19	109.674.791
Vol Neto pulp (m³ssc)	246.911	402,62	99.410.159

Cuadro 37
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ROBLE-RAULÍ-COIHUE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	192.732	5,41	1.041.785
Volumen (m³ssc)	192.732	253,82	48.918.451
Área Basal (m²)	192.732	25,55	4.923.478
Número árboles	192.732	642,24	123.779.943
Vol Neto (m³ssc)	192.732	183,75	35.414.686
Vol Neto pulp (m³ssc)	192.732	129,27	24.913.897

Cuadro 38
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL SIEMPREVERDE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	215.441	9,17	1.975.170
Volumen (m³ssc)	215.441	236,61	50.975.278
Área Basal (m²)	215.441	28,94	6.233.870
Número árboles	215.441	1144,48	246.567.283
Vol Neto (m³ssc)	215.441	180,11	38.803.820
Vol Neto Pulp (m³ssc)	215.441	139,20	29.988.508

- Distribución de Existencias Totales

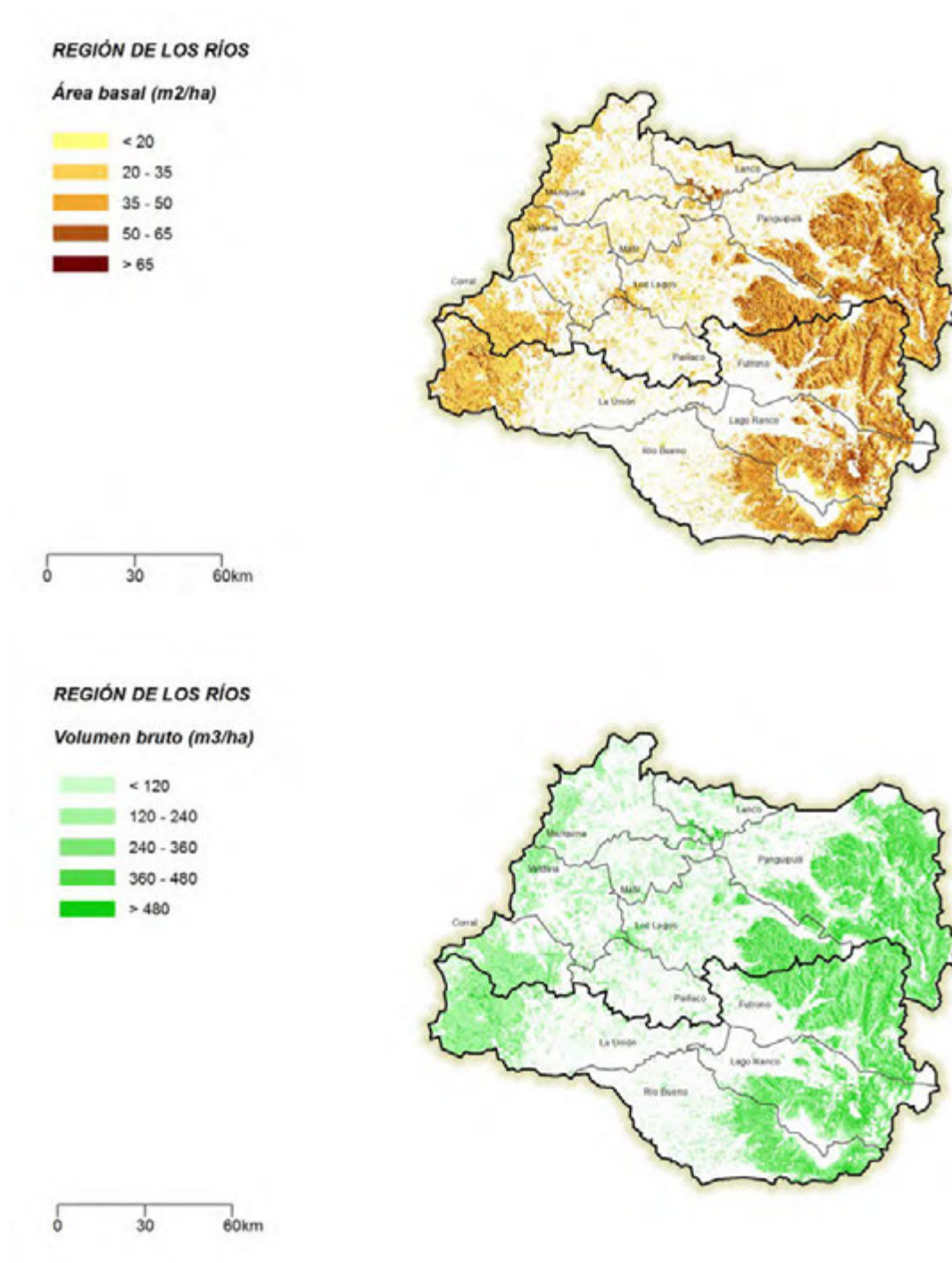


Figura 4
EXISTENCIAS EN ÁREA BASAL Y VOLUMEN. REGIÓN DE LOS RÍOS

- Región de Los Lagos

La región de los Lagos contabiliza una existencia total de 649.3 millones de m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con un error de 19.1%.

Cuadro 39
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE LOS LAGOS

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	2.758.873	6,91	19.076.036	20,2
Volumen (m³ssc)	2.758.873	312,67	862.610.176	20,4
Area Basal (m²)	2.758.873	39,90	110.074.088	18,4
Número árboles	2.758.873	1,121,60	3.094.356.992	22,6
Vol Neto (m³ssc)	2.758.873	200,60	553.425.408	19,0
Vol Neto Pulp (m³ssc)	2.758.873	182,00	502.125.408	19,5
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	2.758.873	18,59	51.299.984	*

Las existencias totales por provincia corresponden a:

Cuadro 40
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA CHILOÉ

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	621.928	7,30	4.540.763
Volumen (m³ssc)	621.928	274,51	170.728.307
Area Basal (m²)	621.928	41,07	25.543.992
Número árboles	621.928	1.466,89	912.297.116
Vol Neto (m³ssc)	621.928	209,13	130.063.698
Vol Neto Pulp (m³ssc)	621.928	177,47	110.373.262
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	621.928	31,66	19.690.436

Cuadro 41
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE LLANQUIHUE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	776.992	5,57	4.330.859
Volumen (m³ssc)	776.992	209,33	162.645.247
Area Basal (m²)	776.992	27,22	21.152.607
Número árboles	776.992	948,73	737.155.430
Vol Neto (m³ssc)	776.992	122,62	95.273.857
Vol Neto Pulp (m³ssc)	776.992	121,49	94.397.347

Cuadro 42
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA OSORNO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	377.345	7,03	2.651.665
Volumen (m³ssc)	377.345	279,80	105.580.159
Area Basal (m²)	377.345	37,50	14.149.067
Número árboles	377.345	957,53	361.320.823
Vol Neto (m³ssc)	377.345	147,77	55.759.253
Vol Neto Pulp (m³ssc)	377.345	147,26	55.569.703

Cuadro 43
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA PALENA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	982.608	7,38	7.247.335
Volumen (m³ssc)	982.608	453,06	445.181.496
Area Basal (m²)	982.608	49,67	48.801.966
Número árboles	982.608	1.016,17	998.498.206
Vol Neto (m³ssc)	982.608	290,13	285.082.161
Vol Neto Pulp (m³ssc)	982.608	258,10	253.610.514
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	982.608	32,03	31.471.648

Las existencias totales por tipo forestal corresponden a:

Cuadro 44
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL COIHUE-RAULÍ-TEPA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	383.552	5,07	1.945.417
Volumen (m³ssc)	383.552	585,64	224.624.809
Area Basal (m²)	383.552	62,53	23.984.792
Número árboles	383.552	601,75	230.801.649
Vol Neto (m³ssc)	383.552	338,08	129.672.731
Vol Neto Pulp (m³ssc)	383.552	292,15	112.053.599

Cuadro 45
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL LENGUA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	497.533	5,25	2.613.453
Volumen (m³ssc)	497.533	231,17	115.016.561
Area Basal (m²)	497.533	23,56	11.722.910
Número árboles	497.533	-	-
Vol Neto (m³ssc)	497.533	159,65	79.431.118
Vol Neto Pulp (m³ssc)	497.533	147,59	73.432.651

Cuadro 46
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL ROBLE-RAULÍ-COIHUE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	238.722	7,01	1.672.763
Volumen (m³ssc)	238.722	317,00	75.675.272
Area Basal (m²)	238.722	34,91	8.333.000
Número árboles	238.722	918,25	219.207.531
Vol Neto (m³ssc)	238.722	204,39	48.792.617
Vol Neto Pulp (m³ssc)	238.722	194,85	46.515.575

Cuadro 47
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL SIEMPREVERDE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	1.251.096	7,31	9.148.080
Volumen (m³ssc)	1.251.096	291,93	365.238.253
Area Basal (m²)	1.251.096	41,68	52.151.306
Número árboles	1.251.096	1.322,68	1.654.804.859
Vol Neto (m³ssc)	1.251.096	190,12	237.852.357
Vol Neto Pulp (m³ssc)	1.251.096	169,36	211.884.082
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	1.251.096	20,76	25.968.274



- Distribución de Existencias Totales

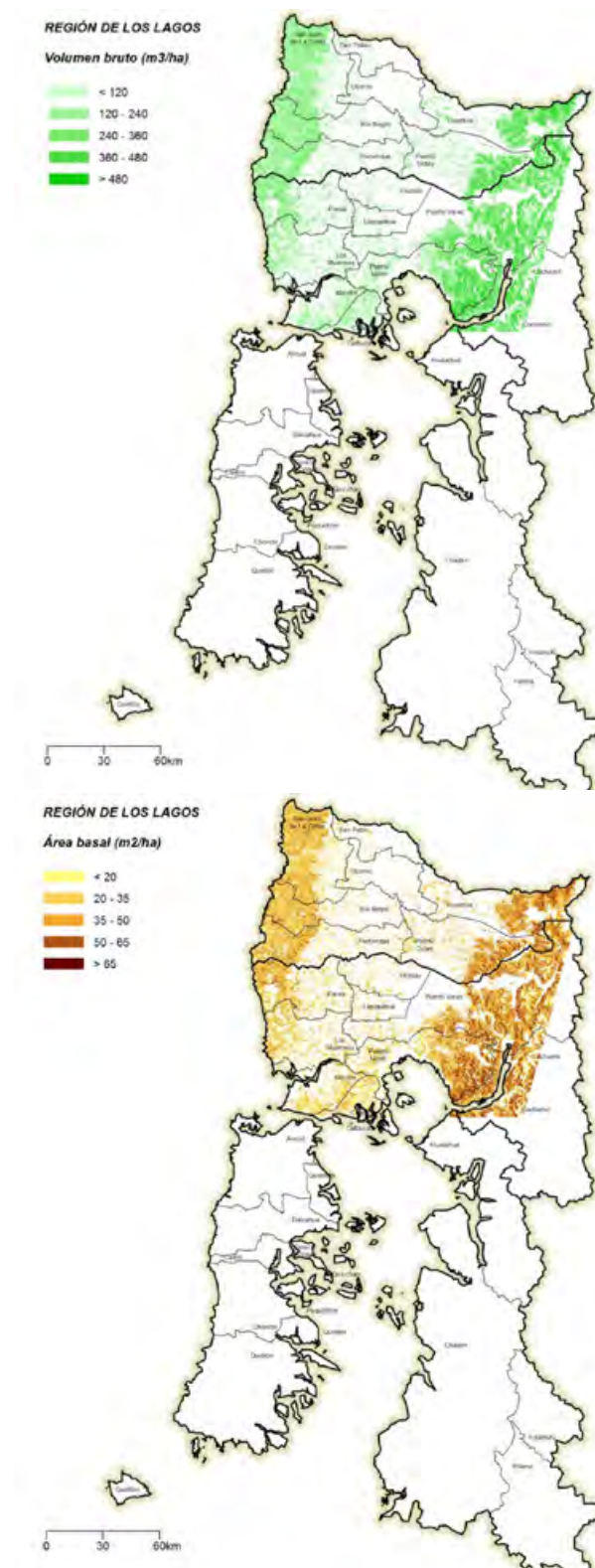


Figura 5
EXISTENCIAS EN ÁREA BASAL Y VOLUMEN. REGIÓN DE LOS LAGOS

- Región de Aysén

La región de Aysén contabiliza una existencia total de 1.396 millones de m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con una precisión cercana al 82% para su área de bosques continental y superior al 78% para las áreas de bosques nativos de sus archipiélagos.

Cuadro 48
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE AYSÉN (CONTINENTAL)

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m ³ ssc)	2.291.727	6,64	15.207.299	25,9
Volumen (m ³ ssc)	2.291.727	357,53	819.361.802	17,8
Área Basal (m ²)	2.291.727	39,21	89.855.991	17,1
Número árboles	2.291.727	757,64	1.736.294.907	*
Vol Neto (m ³ ssc)	2.291.727	211,35	484.358.114	18,9
Vol Neto Pulp (m ³ ssc)	2.291.727	348,35	798.325.090	20,3
Vol Prod (D>25 cm) (m ³ ssc)	2.291.727	25,43	58.276.060	*

Cuadro 49
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE AYSÉN (ARCHIPIÉLAGOS)

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m ³ ssc)	1.611.890	6,53	10.524.829	17,7
Volumen (m ³ ssc)	1.611.890	358,04	577.127.975	21,4
Área Basal (m ²)	1.611.890	41,51	66.910.475	18,2
Número árboles	1.611.890	849,89	1.369.932.682	21,3
Vol Neto (m ³ ssc)	1.611.890	216,55	349.053.218	20,9
Vol Neto Pulp (m ³ ssc)	1.611.890	195,73	315.501.468	21,2
Vol Prod (D>25 cm) (m ³ ssc)	1.611.890	20,82	33.551.760	*

Las existencias totales por provincia son:

Cuadro 50
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE AYSÉN

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m ³ ssc)	997.771	6,58	6.568.202
Volumen (m ³ ssc)	997.771	375,74	374.903.315
Área Basal (m ²)	997.771	39,75	39.663.283
Número árboles	997.771	-	-
Vol Neto (m ³ ssc)	997.771	231,38	230.863.165
Vol Neto Pulp (m ³ ssc)	997.771	-	-
Vol Prod (D>25 cm) (m ³ ssc)	997.771	-	-

Cuadro 51
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE AYSÉN (ARCHIPIÉLAGOS)

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	1.611.890	6,53	10.524.829
Volumen (m³ssc)	1.611.890	358,04	577.127.986
Área Basal (m²)	1.611.890	41,51	66.910.475
Número árboles	1.611.890	849,89	1.369.932.679
Vol Neto (m³ssc)	1.611.890	216,55	349.053.223
Vol Neto Pulp (m³ssc)	1.611.890	195,73	315.501.464
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	1.611.890	-	-

Cuadro 52
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE CAPITÁN PRAT

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	429.015	-	-
Volumen (m³ssc)	429.015	264,81	113.608.234
Área Basal (m²)	429.015	32,17	13.799.636
Número árboles	429.015	-	-
Vol Neto (m³ssc)	429.015	147,58	63.315.603
Vol Neto Pulp (m³ssc)	429.015	-	-
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	429.015	-	-

Cuadro 53
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE COYHAIQUE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol m³ssc	562.834	-	-
Volumen m³ssc	562.834	375,68	211.446.137
Área Basal (m²)	562.834	41,58	23.400.645
Número árboles	562.834	-	-
Vol Neto m³ssc	562.834	228,59	128.655.733
Vol Neto Pulp (m³ssc)	562.834	415,03	233.591.671
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	562.834	-	-

Las existencias totales por tipo forestal corresponden a:

Cuadro 54
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL LENGA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	1.355.324	-	-
Volumen (m³ssc)	1.355.324	352,75	478.091.659
Área Basal (m²)	1.355.324	39,57	53.626.120
Número árboles	1.355.324	-	-
Vol Neto (m³ssc)	1.355.324	195,52	264.995.670
Vol Neto Pulp (m³ssc)	1.355.324	377,99	512.292.624
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	1.355.324	-	-

Cuadro 55
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL SIEMPREVERDE

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	613.948	6,12	3.758.439
Volumen (m³ssc)	613.948	366,30	224.891.969
Área Basal (m²)	613.948	39,74	24.400.736
Número árboles	613.948	522,66	320.886.251
Vol Neto (m³ssc)	613.948	224,51	137.839.637
Vol Neto Pulp (m³ssc)	613.948	343,89	211.131.236
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	613.948	-	-

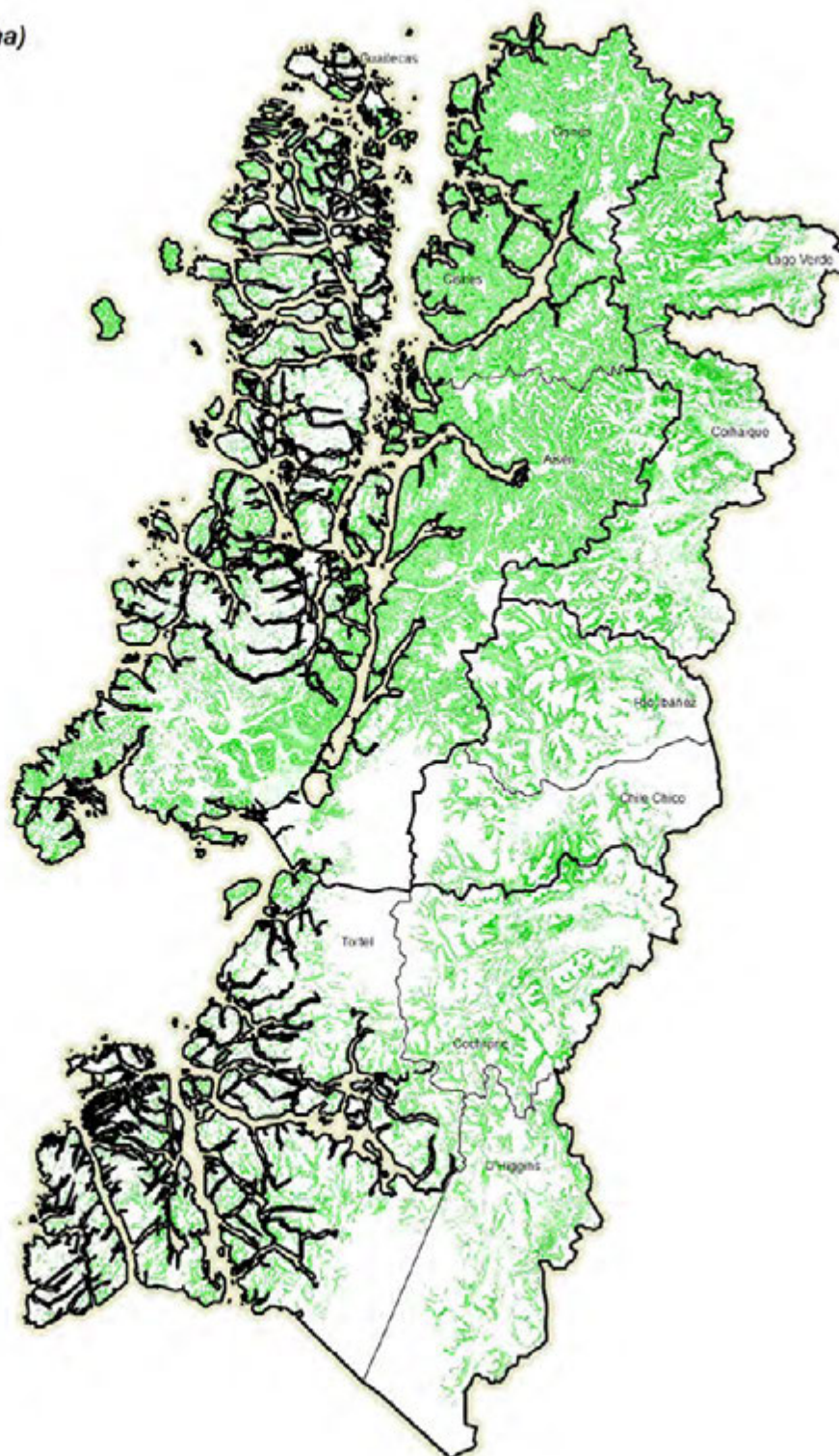
Cuadro 56
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL SIEMPREVERDE (ARCHIPIÉLAGOS)

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	1.172.191	6,58	7.716.313
Volumen (m³ssc)	1.172.191	355,73	416.983.534
Área Basal (m²)	1.172.191	41,29	48.404.810
Número árboles	1.172.191	860,82	1.009.046.583
Vol Neto (m³ssc)	1.172.191	214,33	251.241.086
Vol Neto Pulp (m³ssc)	1.172.191	195,22	228.836.063
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	1.172.191	-	-

- Distribución de Existencias Totales

REGIÓN DE AYSÉN

Volumen bruto (m³/ha)



0 30 60km

REGIÓN DE AYSÉN

Área basal (m²/ha)

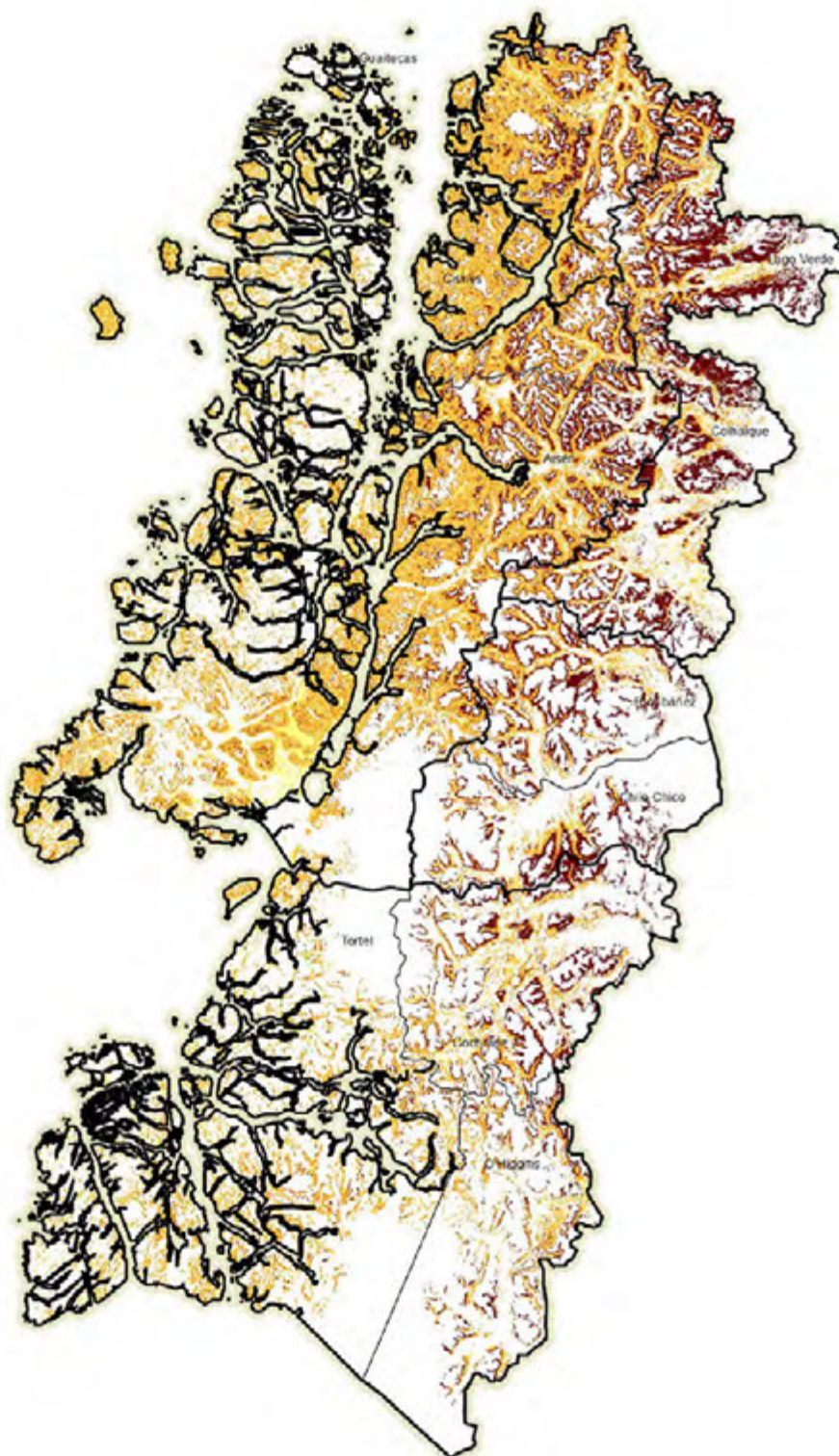
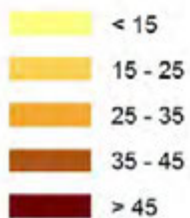


Figura 6
EXISTENCIAS EN ÁREA BASAL Y VOLUMEN. REGIÓN DE AYSÉN

- Región de Magallanes

La región de Magallanes contabiliza una existencia total de 854,5 millones de m³ sólidos sin corteza a un índice de utilización de 10 cm, con una precisión superior al 82% para su área de bosques continental y cercana al 74% para las áreas de bosques nativos de sus archipiélagos.

Cuadro 57
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES (CONTINENTAL)

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	1.077.340	6,56	7.071.339	21,0
Volumen (m³ssc)	1.077.340	395,47	426.056.400	17,8
Área Basal (m²)	1.077.340	40,63	43.771.444	17,2
Número árboles	1.077.340	748,45	806.339.609	32,7
Vol Neto (m³ssc)	1.077.340	226,13	243.620.316	18,9
Vol Neto Pulp (m³ssc)	1.077.340	207,68	223.740.625	19,9
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	1.077.340	18,45	19.879.702	*

Cuadro 58
EXISTENCIAS TOTALES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES (ARCHIPIÉLAGOS)

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales	Error (%)
Crecimiento Vol (m³ssc)	1.409.328	3,27	4.604.632	27,4
Volumen (m³ssc)	1.409.328	303,99	428.423.706	25,4
Área Basal (m²)	1.409.328	31,32	44.142.060	23,3
Número árboles	1.409.328	830,71	1.170.736.082	31,4
Vol Neto (m³ssc)	1.409.328	187,63	264.428.689	28,8
Vol Neto Pulp (m³ssc)	1.409.328	176,28	248.431.969	28,0
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	1.409.328	11,35	15.996.715	*

Cuadro 59
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA DE MAGALLANES

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	436.080	-	-
Volumen (m³ssc)	436.080	313,08	136.526.453
Área Basal (m²)	436.080	32,08	13.988.139
Número árboles	436.080	-	-
Vol Neto (m³ssc)	436.080	-	-
Vol Neto Pulp (m³ssc)	436.080	-	-
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	436.080	-	-

Cuadro 60
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA TIERRA DEL FUEGO

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	324.424	-	-
Volumen (m³ssc)	324.424	462,51	150.049.169
Área Basal (m²)	324.424	49,30	15.995.589
Número árboles	324.424	-	-
Vol Neto (m³ssc)	324.424	283,99	92.134.297
Vol Neto Pulp (m³ssc)	324.424	245,83	79.753.380
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	324.424	-	-

Cuadro 61
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA ULTIMA ESPERANZA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	316.835	6,51	2.063.012
Volumen (m³ssc)	316.835	411,88	130.497.425
Área Basal (m²)	316.835	41,74	13.224.014
Número árboles	316.835	655,70	207.748.501
Vol Neto (m³ssc)	316.835	218,61	69.262.119
Vol Neto Pulp (m³ssc)	316.835	201,39	63.806.715
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	316.835	-	-

Cuadro 62
EXISTENCIAS TOTALES PROVINCIA ULTIMA ESPERANZA (ARCHIPIÉLAGOS)

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	1.031.632	2,58	2.657.114
Volumen (m³ssc)	1.031.632	262,18	270.474.021
Área Basal (m²)	1.031.632	29,80	30.742.063
Número árboles	1.031.632	714,27	736.863.605
Vol Neto (m³ssc)	1.031.632	167,19	172.482.884
Vol Neto Pulp (m³ssc)	1.031.632	158,17	163.174.891
Vol,Prod (D>25 cm) (m³ssc)	1.031.632	-	-

Cuadro 63
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL COIHUE DE MAGALLANES (ARCHIPIÉLAGOS)

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	785.289	3,07	2.409.494
Volumen (m³ssc)	785.289	303,14	238.049.988
Área Basal (m²)	785.289	30,90	24.263.463
Número árboles	785.289	783,60	615.352.505
Vol Neto (m³ssc)	785.289	184,26	144.701.151
Vol Neto Pulp (m³ssc)	785.289	174,11	136.729.545
Vol Prod (D>25 cm) m³ssc	785.289	-	-

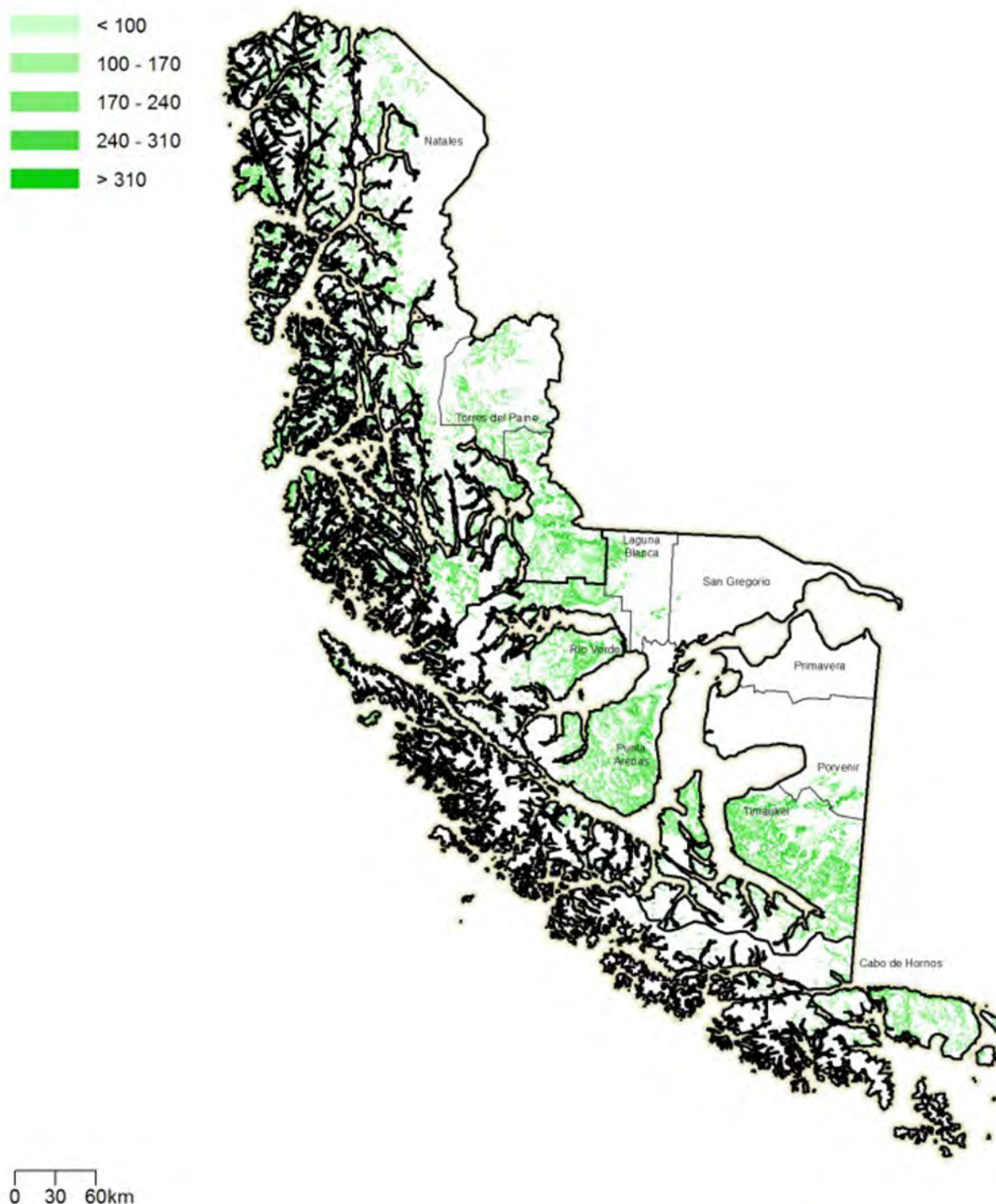
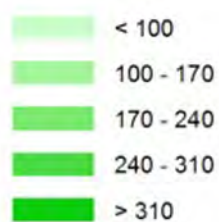
Cuadro 64
EXISTENCIAS TOTALES TIPO FORESTAL LENGUA

Variable	Superficie (ha)	Valor Medio (valor/ha)	Existencias Totales
Crecimiento Vol (m³ssc)	1.008.476	6,93	6.991.595
Volumen (m³ssc)	1.008.476	411,98	415.467.091
Área Basal (m²)	1.008.476	42,74	43.099.664
Número árboles	1.008.476	753,08	759.464.740
Vol Neto (m³ssc)	1.008.476	234,85	236.836.292
Vol Neto Pulp (m³ssc)	1.008.476	215,25	217.075.887
Vol Prod (D>25 cm) (m³ssc)	1.008.476	-	-

- Distribución de Existencias Totales

REGIÓN DE MAGALLANES

Volumen bruto (m³/ha)



REGIÓN DE MAGALLANES

Área basal (m²/ha)

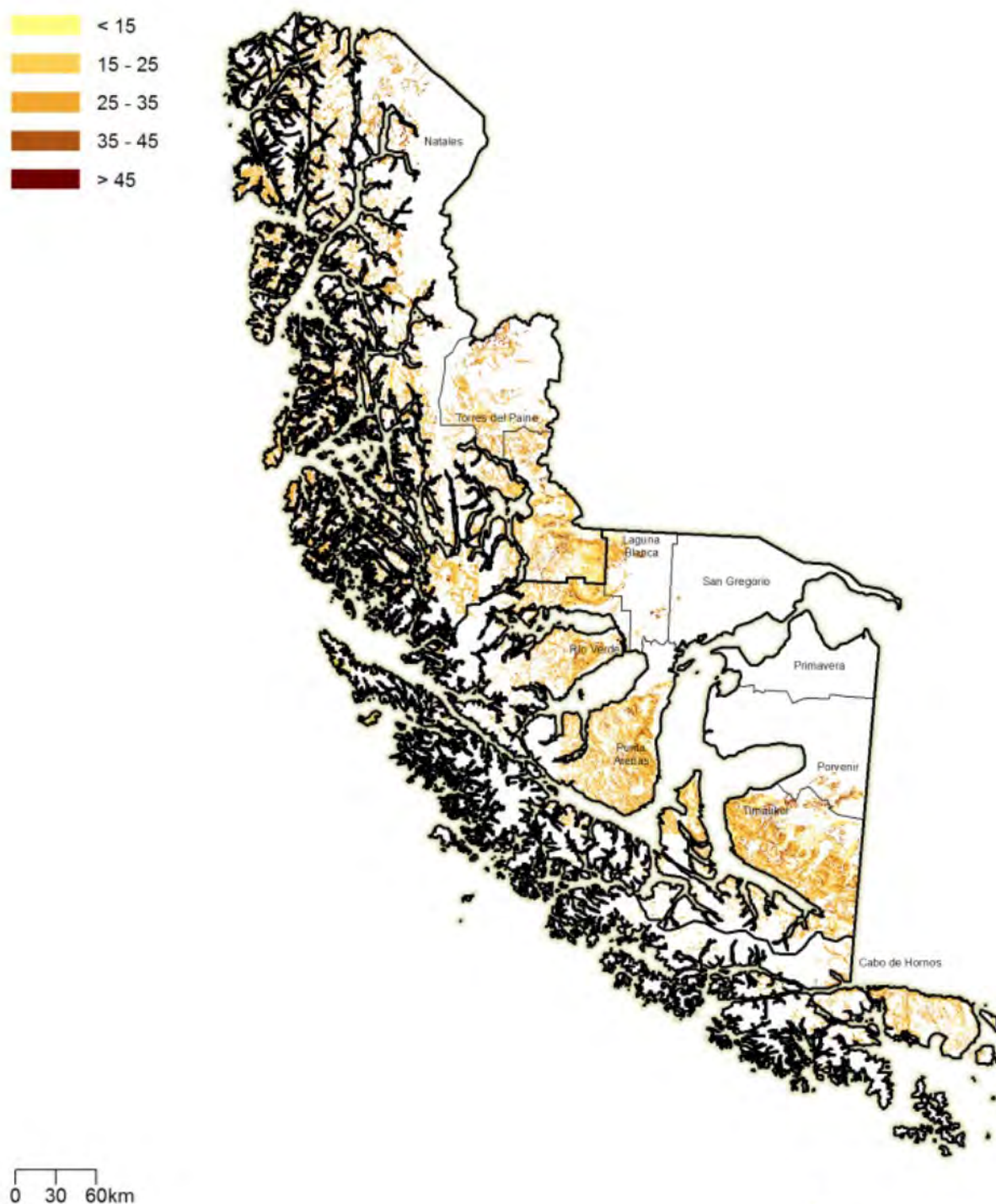
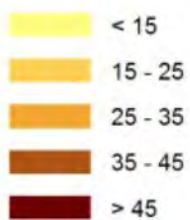


Figura 7
EXISTENCIAS EN ÁREA BASAL Y VOLUMEN. REGIÓN DE MAGALLANES



CAPÍTULO IV

EXISTENCIAS DE CARBONO



INFOR

INTRODUCCIÓN

La cantidad de carbono capturado en los bosques naturales del país es un tema de alto interés actualmente, en especial desde la cumbre de Río de 1992 y la implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC). En este contexto se reportan de forma referencial aquí las existencias de bosques en su equivalencia a gases efecto invernadero¹. Estas equivalencias se estiman bajo el detalle metodológico descrito en Capítulo I del presente informe (Capítulo I: Procesamiento para la Estimación de Existencias en Biomasa y Carbono). Los datos entregados en estos cuadros resúmenes se refieren a tCO_{2-eq} total aérea y radicular de individuos vivos. No obstante, en base de datos se cuenta con información de biomasa para material muerto en pie y desechos gruesos.

EXISTENCIAS DE tCO_{2-eq} A NIVEL REGIONAL

Las existencias de tCO_{2-eq} para aquellas regiones más relevantes por sus posibilidades de constituir datos de actividad ("activity data") se detallan a continuación. Estas alcanzan para toda el área inventariada a 8.288.756.027 tCO_{2-eq}. Las existencias medias de tCO_{2-eq} más altas se dan en la región de Los Lagos con 772,18 tCO_{2-eq} /ha, con un aporte de captura anual bruta de 12,41 tCO_{2-eq} /ha. La captura anual bruta total para todas las regiones alcanza los 153.470.331 tCO_{2-eq}.

Cuadro 1
EXISTENCIAS DE CO_{2-EQ} A NIVEL REGIONAL

Región	Existencias Medias (tCO _{2-eq} /ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO _{2-eq} /ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO _{2-eq})	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO _{2-eq})
Coquimbo	60,38	-	3.514,00	212.178,59	-
Valparaíso	89,82	1,25	95.463,00	8.574.738,63	119.370,06
Metropolitana	93,54	1,32	93.526,00	8.748.385,73	123.548,84
O'Higgins	147,84	1,72	118.013,00	17.446.539,08	202.409,22
Maule	140,61	5,54	370.330,00	52.070.722,73	2.051.340,88
Bio Bío	385,12	18,17	786.208,00	302.786.220,61	14.287.614,29
La Araucanía	545,36	15,72	908.501,10	495.464.263,56	14.282.864,77
Los Ríos	659,48	15,38	849.771,00	560.409.607,64	13.066.248,61
Los Lagos	772,18	12,41	2.758.873,00	2.130.334.720,00	34.250.080,00
Aysén *	767,89	13,73	3.903.617,94	2.997.550.756,44	53.604.846,45
Magallanes *	689,74	8,64	2.486.667,63	1.715.157.893,54	21.482.007,57

* incluye en el valor de inventarios realizados en zonas de archipiélagos

1 Si bien la IPCC enfatiza los cambios en existencias de biomasa leñosa debidas a cambios de uso o debidas a prácticas de manejo, estos datos sirven de referencia respecto de los cambios producidos en terrenos forestales que siguen siendo terrenos forestales. No se entregan cifras netas por no existir aún datos de mortalidad, los que estarán disponibles solo después varios períodos de monitoreo.

EXISTENCIAS DE tCO₂-eq A NIVEL PROVINCIAL

Los cuadros a continuación describen el desglose a nivel provincial para las regiones inventariadas. No se desglosan aquí las regiones de Coquimbo a O'Higgins debido a la pobre representación muestral en estas regiones en superficies de bosques.

- Existencias Provinciales Región del Maule

Cuadro 2
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DEL MAULE A NIVEL PROVINCIAL

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Curicó	268,25	-	105.896,10	28.406.908,85	-
Linares	164,15	0,88	160.213,40	26.298.363,56	141.166,36
Talca	74,19	0,52	90.420,30	6.708.733,83	46.708,33

- Existencias Provinciales Región del Biobío

Cuadro 3
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO A NIVEL PROVINCIAL

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Arauco	397,35	15,39	92.713,50	36.839.567,92	1.426.839,42
Bio Bío	417,98	22,87	436.586,60	182.483.426,16	9.983.347,34
Ñuble	392,11	18,89	231.020,70	90.584.401,91	4.363.141,29

- Existencias Provinciales Región de La Araucanía

Cuadro 4
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA A NIVEL PROVINCIAL

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Cautín	577,82	14,21	490.141,60	283.216.024,23	6.966.422,65
Malleco	511,70	17,29	418.359,50	214.075.356,56	7.231.544,97

- Existencias Provinciales Región de Los Ríos

Cuadro 5
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DE LOS RÍOS A NIVEL PROVINCIAL

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Ranco	921,95	9,85	406.350,80	374.633.148,99	4.002.808,73
Valdivia	552,55	17,63	443.419,80	245.013.427,87	7.816.320,59

- Existencias Provinciales Región de Los Lagos

Cuadro 6
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DE LOS LAGOS A NIVEL PROVINCIAL

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Chiloé	760,21	13,35	621.927,60	472.797.711,96	8.301.826,85
Llanquihue	530,99	9,77	776.991,80	412.572.923,44	7.587.560,87
Osorno	731,83	12,83	377.345,00	276.153.460,87	4.841.956,74
Palena	989,64	12,99	982.607,80	972.431.349,62	12.764.706,69

- Existencias Provinciales Región de Aysén

Cuadro 7
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DE AYSÉN A NIVEL PROVINCIAL

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Aysén	750,80	11,69	997.771,29	749.127.384,32	11.667.493,57
Capitán Prat	575,54	-	429.014,52	246.914.299,80	-
Coyhaique	744,44	-	562.834,28	418.994.650,44	-
General Carrera	728,28	-	302.107,36	220.017.772,88	-

Cuadro 8
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DE AYSÉN A NIVEL PROVINCIAL (ARCHIPIÉLAGOS)

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Aysén	843,23	12,58	1.611.890,49	1.359.199.550,58	20.283.452,48
Capitan Prat	-	-	429.014,52	-	-

- Existencias Provinciales Región de Magallanes

Cuadro 9
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DE MAGALLANES A NIVEL PROVINCIAL

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Magallanes	598,36	-	436.080,31	260.932.420,32	-
Tierra del Fuego	878,38	-	324.424,10	284.968.505,64	-
Ultima Esperanza	779,49	12,14	316.835,24	246.969.422,54	3.847.460,75

Cuadro 10
EXISTENCIAS DE CO₂-EQ DE LA REGIÓN DE MAGALLANES A NIVEL PROVINCIAL (ARCHIPIÉLAGOS)

Provincia	Existencias Medias (tCO ₂ -eq/ha)	Incremento Fustal Anual Periódico (tCO ₂ -eq/ha)	Superficie (ha)	Existencias Totales (tCO ₂ -eq)	Incremento Fustal Total Anual Periódico (tCO ₂ -eq)
Magallanes	-	-	253.002,95	-	-
Tierra del Fuego	-	-	124.692,63	-	-
Ultima Esperanza	573,26	4,55	1.031.632,40	591.391.576,07	4.698.404,29



CAPÍTULO V

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS



INFOR

INTRODUCCIÓN

En el marco del componente socioeconómico del “Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales y Formaciones Xerofíticas” (SIMEF), se encuestó por segunda vez a los principales tomadores de decisión (propietarios y/o administradores) de explotaciones silvoagropecuarias¹ que fueron encuestados en 2015 en la región de Los Ríos, con la finalidad de observar cambios en sus sistemas productivos, así como también en aspectos sociales y económicos. Estas explotaciones albergan puntos de muestreo biofísicos del SIMEF, en los cuales se miden periódicamente un set de variables que dan cuenta del estado de los bosques: composición, estructura, estado de desarrollo y sanidad, entre otras.

El análisis conjunto de variables biofísicas y sociales permitirá consolidar un sistema integrado de monitoreo, en el cual sea posible relacionar el estado de los ecosistemas con los cambios sociales, económicos y productivos que ocurren en las explotaciones, los que se conectan a su vez con procesos más amplios relativos a los mercados (regional, nacional y global) y la política pública (ej. cambios de gobierno, crisis sociales, e implementación de nuevas leyes). Esto es especialmente importante en un país como Chile, cuya estrategia de desarrollo se basa en la apertura comercial y la exportación de *commodities* (minerales, productos agrícolas y forestales, etc.) (Leight, 2008; O’Ryan et al., 2010).

El modelo de análisis adoptado por el componente socioeconómico del SIMEF asume que las personas desean “aumentar, o al menos mantener, cierto nivel de bienestar”, para lo cual utilizan todos los recursos que tienen a su disposición. Entre estos se cuentan el capital humano (escolaridad y fuerza de trabajo), el capital financiero (ahorros, ingresos monetarios, etc.), el capital natural (bosque nativo, praderas, etc.), y elementos de contexto que se consideran relevantes, como la calidad de los caminos de acceso, la tenencia de la tierra y la distancia a los mercados. Los bosques forman parte del capital natural y están disponibles para satisfacer necesidades humanas a partir de los múltiples bienes y servicios que estos proveen, como madera, leña, agua, biodiversidad, etc.

En este documento se presentan los resultados del primer monitoreo socioeconómico realizado en la región de Los Ríos y el análisis preliminar de los datos recolectados. El objetivo de este primer informe es identificar tendencias, aspectos críticos y áreas de mejora, que permitan aumentar la efectividad de esta herramienta para explicar los cambios biofísicos que están siendo detectados por SIMEF.

En la primera sección del documento se describe el modelo teórico, en la segunda se presentan los principales cambios que se observaron en las explotaciones durante el período 2015-2020 y en la tercera sección y final se discuten los principales hallazgos y se elaboran algunas conclusiones.

¹ Explotación silvoagropecuaria: todo terreno que se utiliza total o parcialmente en actividades agrícolas, ganaderas y/o forestales por un productor, sin consideración de tenencia o tamaño. La explotación puede comprender parte de un predio, uno o varios predios colindantes o separados, ubicados en una misma comuna y siempre que en conjunto formen la misma Unidad Técnica (INE, 2007).

MODELO TEÓRICO

Decisión de utilizar el bosque a partir de una percepción sesgada de utilidad

Dado que el 70% del bosque nativo en Chile está en manos privadas, su uso es el resultado de decisiones que emergen a partir de la interacción de una serie de factores, como características de los tomadores de decisión, mercados, contexto socioeconómico y ambiental y políticas públicas, entre otros (Amacher *et al.*, 1996; Heltberg *et al.*, 2000; Heltberg, 2002; Joshi and Mehmood, 2011).

Algunos de estos factores son propios del tomador de decisión y su explotación, y no cambian bruscamente, como edad, escolaridad y calidad de sitio, mientras que otros sí (ej. uso del suelo). Es así como se puede diferenciar variables estructurales (estables) y transitorias (cambiantes), las que a su vez se diferencian por el grado de control que puede ejercer el tomador de decisiones sobre ellas (bajo o alto) (Cuadro 1).

Cuadro 1
EJEMPLOS DE VARIABLES QUE INCIDEN EN LA TOMA DE DECISIÓN

Control que ejerce el tomador de decisión	Velocidad de cambio	
	Estructurales	Transitorias
Alto nivel de control	Escolaridad del tomador de decisión y tamaño explotación	Área sembrada con trigo y extracción de madera nativa
Bajo nivel de control	Distancia a los mercados y productividad del bosque	Disponibilidad de empleos e ingreso monetario

Los tomadores de decisión desarrollan sistemas productivos que incluyen actividades dentro y fuera de la explotación. Los sistemas productivos son dinámicos y cambian a través del tiempo, por ejemplo, los predios se heredan y se dividen, la economía crece y surgen nuevas oportunidades de ingreso, mejoran los caminos, etc.

Heltberg *et al.* (2000) plantean que debido a que en áreas rurales la oferta y demanda de mano de obra se deciden al mismo tiempo, los modelos deben considerar un supuesto de no-separabilidad. Eso quiere decir que los tomadores de decisión deciden la cantidad de recursos asignados a actividades dentro y fuera del predio, evaluando los costos y beneficios de diferentes alternativas, en un proceso heurístico (basado en la experiencia) (Uijt, ecuación 1). Por este motivo, el uso del bosque no depende solo de su disponibilidad física, sino también de la ubicación del predio, la

disponibilidad de mano de obra y del desempeño de otras actividades que generan bienes y servicios (Deweese, 1989).

Para incorporar esto se seleccionó un modelo de utilidad aleatorio que representa la decisión de utilizar los bosques para generar ingresos (Walker and Ben-Akiva, 2002).

$$\begin{aligned}U_{ijt} &= V_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \\V_{ijt} &= \beta_i X_i \\U_{ijt} &= \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \dots + \varepsilon_{ijt} \quad (\text{Ecuación 1}) \\ \text{Si, } U_{ijt} &\geq U_{i-1jt}, \text{ se decide extraer madera u otros productos del bosque} \\ \text{Si, } U_{ijt} &< U_{i-1jt}, \text{ no se decide extraer madera u otros productos del bosque}\end{aligned}$$

Donde:

- U_{ijt} = Utilidad percibida con respecto a la alternativa i (extraer madera del bosque) por el tomador de decisión j en el momento t.
- U_{i-1jt} = Utilidad percibida con respecto a la alternativa i-1 (no extraer madera del bosque) por el tomador de decisión j en el momento t.
- V_{ijt} = Fracción observable² de la función de utilidad de la alternativa i por el tomador de decisión j en el momento t.
- β_i = Parámetros del modelo.
- X_i = Variables que influyen en la toma de decisión.
- ε_{ijt} = Fracción no observable de la función de utilidad de la alternativa i por el tomador de decisión j en el momento t.

El tomador de decisión j tomará la alternativa i (ej. extraer madera del bosque) en vez de i-1 (no extraer) en el momento t, cuando la utilidad percibida de i sea mayor a la utilidad percibida de i-1.

Por ejemplo, si la alternativa i era extraer madera del bosque (variable transitoria sobre la cual el tomador de decisión tiene un alto nivel de control), pero se genera una buena oportunidad laboral fuera del predio (variable transitoria sobre la cual el tomador de decisión tiene un bajo nivel de control), entonces el tomador de decisión podría optar por i-1 (no extraer madera y dedicarse a otras actividades).

Es importante diferenciar la decisión de extraer madera de aquellas decisiones que resultan en la producción de madera. Muchas veces se produce leña o carbón vegetal como consecuencia de otras decisiones, distintas a la de extraer madera, como por ejemplo cuando se talan bosques para ampliar áreas de cultivo y se aprovechan los desechos del roce (Reyes *et al.*, 2018). Esos productos no se generan a partir de la decisión de extraer madera (alternativa i), sino como consecuencia de la decisión de no extraer madera y dedicar las tierras a otros fines (alternativa i-1).

La percepción de utilidad del tomador de decisión con respecto a la opción de extraer madera u otros productos del bosque (U_{ijt}) depende fuertemente del costo de oportunidad del capital (escolaridad, mano de obra, ahorros, etc.). Hipotéticamente, todas aquellas variables que aumenten dicho costo disminuirían la probabilidad de que se decida extraer madera u otros productos del bosque (ej. buena accesibilidad, alto nivel de escolaridad, cercanía a centros urbanos, etc.), mientras que lo contrario ocurriría con aquellas variables que reducen el costo de oportunidad del capital (ej. mala accesibilidad, baja escolaridad, abundancia de bosques, etc.).

Los aspectos considerados en la función de utilidad fueron capital humano (CH), capital natural disponible dentro de la explotación (CN), capital financiero (CF) y elementos de contexto (EC), precios de mercado, accesibilidad de la explotación, etc.), cada uno de los cuales se expresó a través de un conjunto de variables (Cuadro 2).

² Parte de la función de utilidad que es posible evaluar usando las variables disponibles en el estudio.

Cuadro 2
VARIABLES ELABORADAS A PARTIR DE LA ENCUESTA

Categoría	Variables
Capital humano	Tipo de tomador de decisiones (persona natural o jurídica) Edad del principal tomador de decisiones (años) Escolaridad del principal tomador de decisiones (años)
Capital natural	Tamaño de la explotación (hectáreas) Superficie de bosque nativo (hectáreas) Cobertura de bosque nativo (%)
Capital financiero	Ingreso total (\$/año) Importancia del ingreso extrapredial (%) Importancia del ingreso agrícola (%) Importancia del ingreso ganadero (%) Importancia del ingreso no monetario por autoconsumo (%) Cantidad de bovinos Cantidad de ovinos y caprinos Presencia y extensión de plantaciones forestales
Elementos de contexto	Distancia a la ciudad más cercana (km) Distancia a la ciudad principal de la región (km) Uso residencial del predio (si/no) Calidad del camino de acceso ¹ Tenencia de la tierra (si/no) Precios de productos (\$/unidad)

¹ Calidad baja (vehículos 4 x 4), calidad media (camiones pequeños), y calidad alta (camiones con acoplado).

La Figura 1 muestra el proceso de toma de decisión a través del tiempo. En el tiempo $t-1$ (izquierda), el tomador de decisión j decidirá sobre i (extraer madera del bosque) e $i-1$ (no extraer) en base al capital humano disponible (CH_{jt-1}), el capital natural (CN_{jt-1}), el capital financiero (CF_{jt-1}) y elementos de contexto (EC_{jt-1}), a partir de lo cual se generará un nuevo set de bienes y servicios que incidirá sobre las decisiones del siguiente ciclo (derecha, tiempo t).

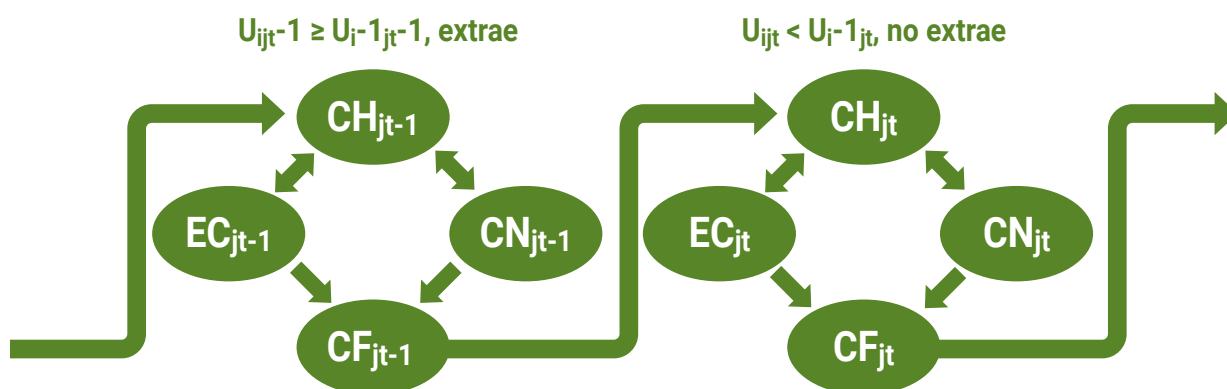


Figura 1
PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN RELATIVO A LA EXTRACCIÓN DE MADERA DEL BOSQUE

La decisión de extraer productos del bosque depende de los cambios producidos en el capital humano, el capital natural, el capital financiero y el contexto (mercados, políticas, etc.). Esto resulta en períodos en los que esta opción tendría una mayor probabilidad de ocurrencia, cuando $U_{ijt} \geq U_{i-1jt}$, y otros en los que sería menos probable. Es así como cada bosque se vería enfrentado a distintas trayectorias de uso: A-B, A-C o A-Z, las cuales implicarían su recuperación, mantención o degradación (Figura 2).

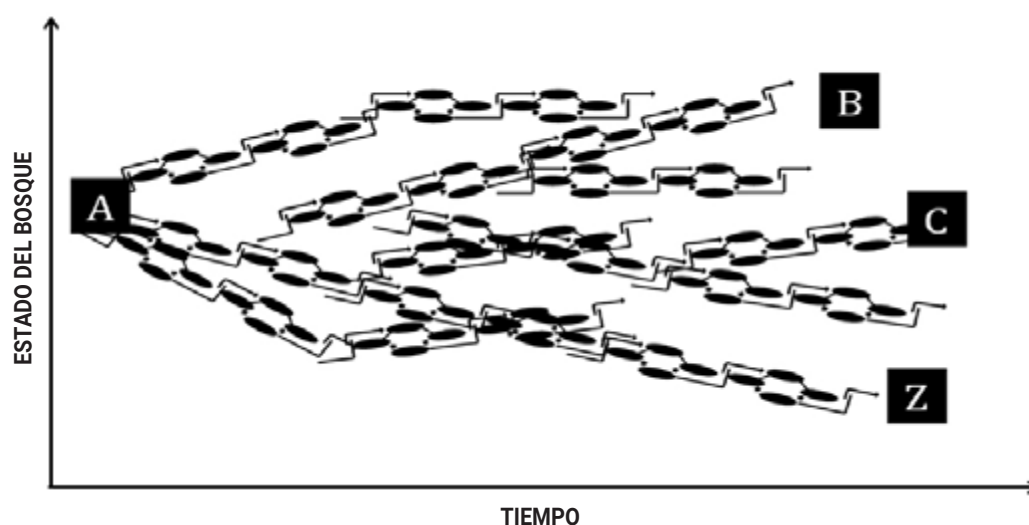


Figura 2
TOMA DE DECISIÓN CON RESPECTO AL BOSQUE NATIVO A TRAVÉS DEL TIEMPO

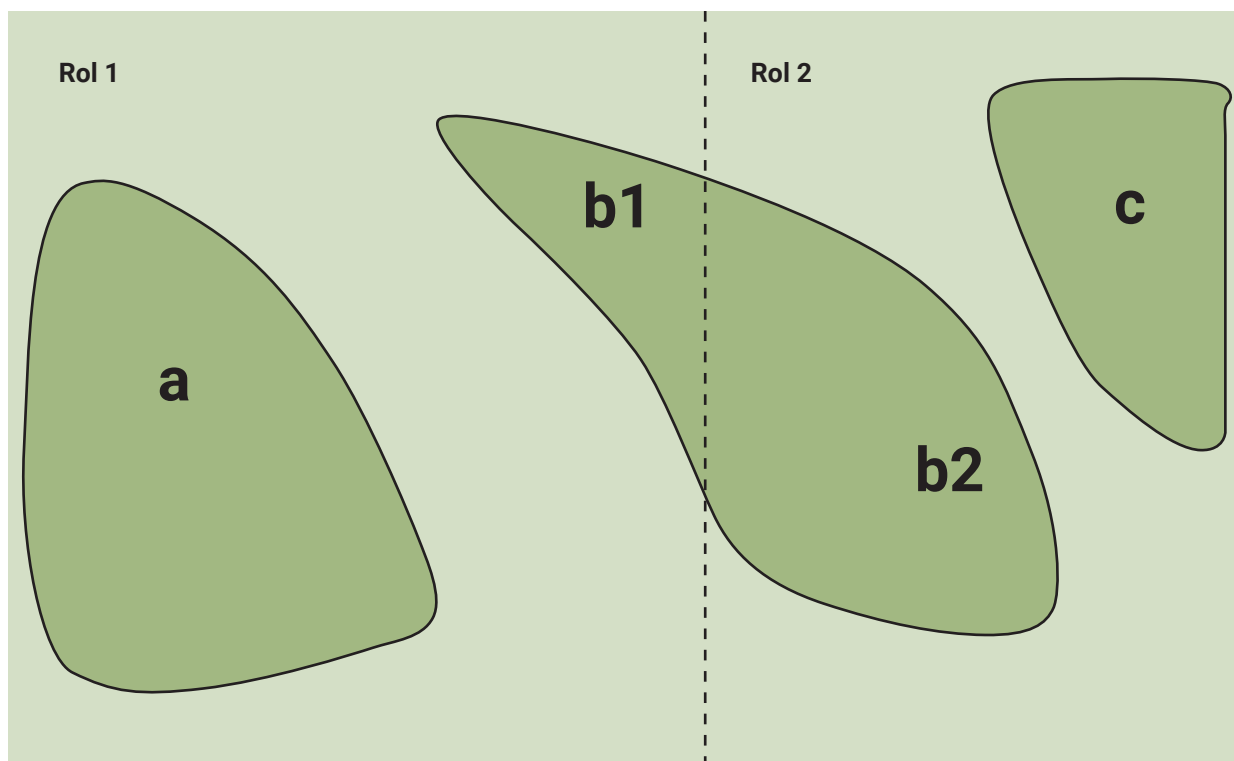
Integrando las dimensiones biofísica y social del SIMEF

La unidad básica de análisis del componente socioeconómico del SIMEF es la explotación silvoagropecuaria, en la cual existe una persona o grupo de personas que toman decisiones de uso, y que para efectos de este análisis se denominan “principal(es) tomador(es) de decisión”. Esto difiere del componente biofísico, cuya unidad básica de análisis es un conglomerado de tres parcelas instaladas en el bosque. Esto genera una primera divergencia entre los componentes socioeconómico y biofísico del SIMEF, pues el primero no considera los bosques que están en manos del Estado, debido a que no existe un tomador de decisiones (propietario o usufructuarios) que genere beneficios directos de su explotación. Además, varios puntos biofísicos pueden estar albergados en una misma explotación (Cuadro 3).

Cuadro 3
DIVERGENCIAS ENTRE LOS COMPONENTES SOCIOECONÓMICO Y BIOFÍSICO DEL SIMEF

Componente SIMEF	Población objetivo	Tenencia bosques	Unidad de análisis	Relación
Biofísico	Bosques nativos y formaciones xerofíticas	Públicos y privados	Conglomerado compuesto por tres parcelas	Una parcela biofísica está en un solo predio
Socioeconómico	Propietarios y usufructuarios de bosques nativos y formaciones xerofíticas	Privados	Explotación silvoagropecuaria compuesta por uno o más predios	Un predio puede contener una o más parcelas biofísicas

La información de los conglomerados biofísicos puede extrapolarse al rodal, que cubre una superficie determinada y está compuesto por bosques que tienen características relativamente homogéneas en cuanto a su estado de desarrollo, composición y estructura, mientras que la información socioeconómica solo es representativa del rol o los roles que conforman la explotación (el rol corresponde a la unidad de decisión). De esta forma, cuando se cruza la información de los componentes socioeconómico y biofísico surge una nueva unidad de análisis, el polígono rodal-predio (Figura 3).



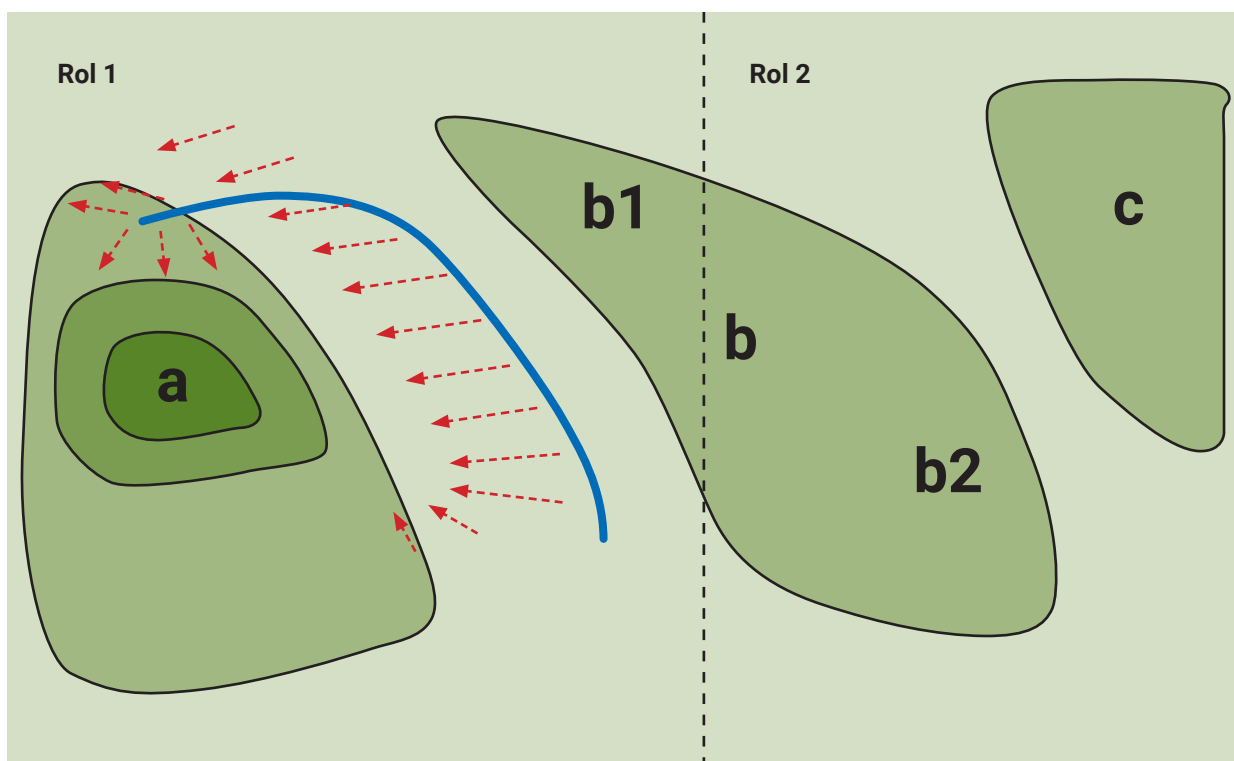
La línea punteada representa el límite entre dos predios que tienen dueños o usufructuarios distintos, mientras que las áreas verdes corresponden a rodales de bosque (rodales a, b y c). Las unidades biofísico-sociales son a y b1, en el caso de la explotación 1, y b2 y c en el caso de la explotación 2.

Figura 3

UNIDAD DE ANÁLISIS PARA INTEGRAR LOS COMPONENTES SOCIOECONÓMICO Y BIOFÍSICO DEL SIMEF

A pesar de que b1 y b2, en la Figura 4, son similares en cuanto a tipo de bosque, estado de desarrollo, composición y estructura (ambos forman parte del rodal b), están bajo la influencia de distintos tomadores de decisión, lo que implica que pueden seguir distintas trayectorias de uso dependiendo de las decisiones productivas que estos tomen a través del tiempo.

Integrar la información biofísica y social no es sencillo, ya que además de lo anterior, el estado del bosque cambia a lo largo del rodal. Por ejemplo, áreas del rodal que estén más cerca de caminos o áreas de pastoreo podrían estar sometidas a una mayor presión productiva que aquellas más alejadas. Esto quiere decir que el impacto de la toma de decisión sobre el bosque no es homogéneo a través del polígono rodal-predio, diluyéndose gradualmente en la medida que se alejan de sus bordes y caminos de penetración (Figura 4).



La línea azul corresponde al camino de acceso al predio, mientras que las flechas rojas representan la presión que se ejerce sobre el bosque desde el perímetro del rodal (ej. ganado) y en sectores aledaños al camino dentro del bosque (ej. extracción de leña). Verdes más oscuros representan zonas más alejadas de los bordes del rodal-predio y de los caminos de penetración, y por ende serían zonas menos intervenidas por los tomadores de decisión.

Figura 4
DISTINTOS NIVELES DE PRESIÓN SOBRE EL BOSQUE

El modelo que relaciona la información socioeconómica y biofísica, a partir de datos de panel, tendría la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\Delta EB_{ijt} &= ((\Delta Soc_{ijt} + \varepsilon S_{ijt})/FC_j) + \varepsilon N_{ijt} \\ \Delta Soc_{ijt} &= \beta_x \Delta X_i \\ \Delta EB_{ijt} &= ((\beta_1 \Delta X_1 + \beta_2 \Delta X_2 + \beta_3 \Delta X_3 + \beta_4 \Delta X_4 + \dots + \varepsilon S_{ijt})/FC_j) + \varepsilon N_{ijt} \quad (\text{Ecuación 2})\end{aligned}$$

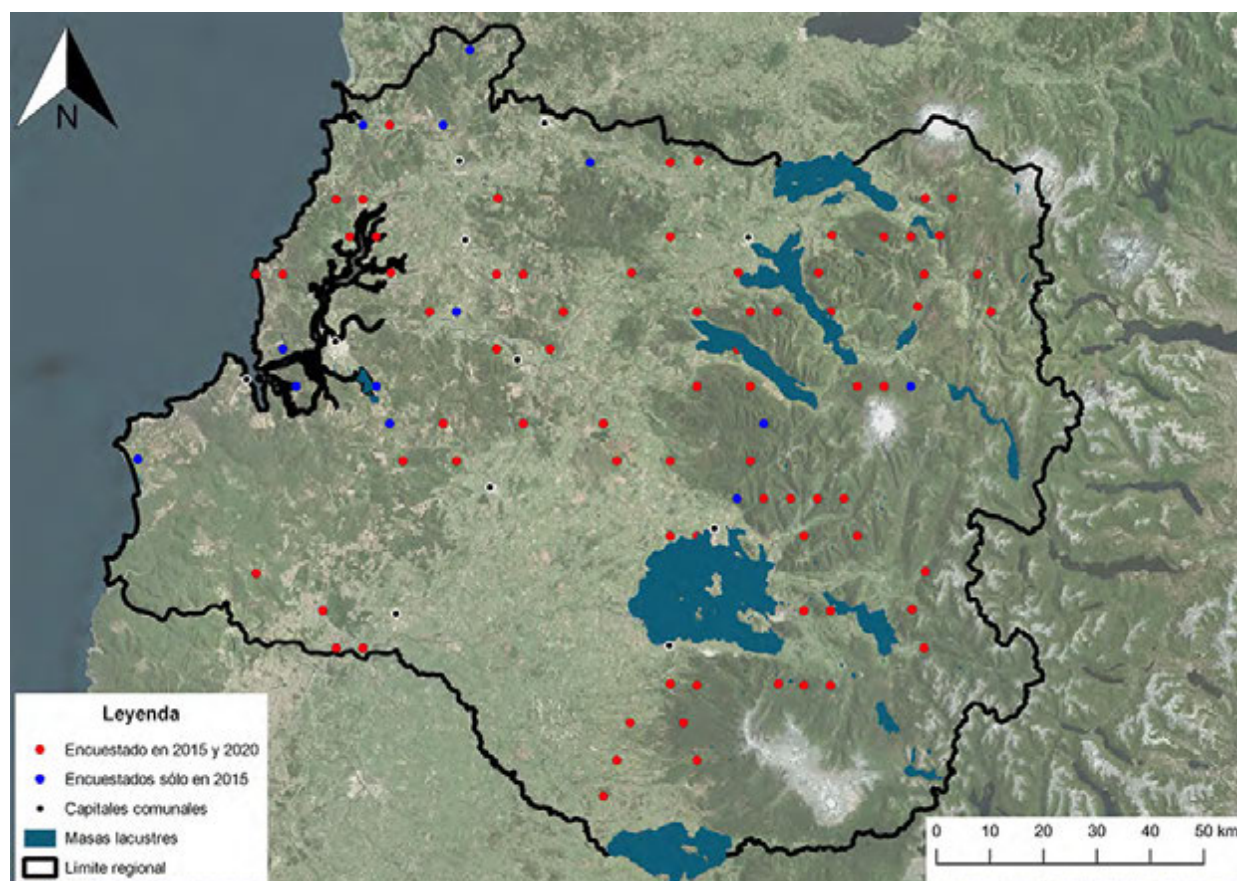
Donde:

- ΔEB_{ijt} = Cambios en el estado biofísico del bosque de la parcela i, ubicada en j (metros desde el borde del rodal-predio o desde el camino de penetración) durante el período t.
- ΔSoc_{ipt} = Cambios socioeconómicos observables en la explotación que contiene a la parcela biofísica i, que está en manos del tomador de decisión p, durante el período t.
- B_x = Parámetros del modelo.
- ΔX_x = Cambios en las variables socioeconómicas que influyen en la toma de decisión.
- εS_{ipt} = Factores socioeconómicos no observables en la explotación que contiene a la parcela biofísica i, que está en manos del tomador de decisión p, durante el período t.
- εN_{ijt} = Factores no observables que inciden sobre el estado biofísico del bosque de la parcela i, ubicada en j, durante el período t (ej. disturbios de origen natural).
- FC_j = Factor de corrección de la ubicación j (metros desde el borde del rodal-predio, o desde el camino de penetración).

Este modelo aún está en elaboración, pero es un ejemplo de cómo podría establecerse una relación econométrica entre las variables socioeconómicas y el estado del bosque, monitoreado a través de las parcelas biofísicas del SIMEF. Al aumentar la distancia entre las parcelas biofísicas y el borde del rodal-predio o el camino de penetración, menor será el impacto de los cambios socioeconómicos en el estado del bosque. En estos casos, el estado del bosque dependerá más de factores no observables atribuibles a la dinámica natural del bosque o a disturbios de otro tipo (incendios, pestes, temporales de viento, etc.). Esto último se menciona como una hipótesis, la cual debe estudiarse con mayor profundidad antes de avanzar en el desarrollo del modelo econométrico.

MÉTODO

Se aplicó una encuesta a los principales tomadores de decisión de explotaciones con bosque nativo, las que habían sido previamente encuestadas en 2015. Las explotaciones se seleccionaron al azar, a partir de la misma grilla de puntos utilizada por el componente biofísico del SIMEF. Los puntos de muestreo se observan en la Figura 5.



Los puntos rojos muestran la ubicación de las explotaciones que fueron encuestadas en 2015 y 2020, mientras que los puntos azules aquellas que solo fueron encuestadas en 2015, y que por alguna razón no quisieron o no pudieron volver a ser encuestas en 2020.

Figura 5
PUNTOS DE MUESTREO

A partir de la base de datos elaborada en 2015 se llamó por teléfono a los principales tomadores de decisión de las explotaciones para agendar una visita. Una vez en terreno, se explicó el objetivo de la visita, y si la persona accedía a participar, se leía la carta de consentimiento previo e informado y se aplicaba la encuesta.

Antes de comenzar la encuesta propiamente tal se les preguntó a los tomadores de decisión lo siguiente: ¿En general, usted diría que se puede confiar en la gente? Incluir una pregunta que permita tener una percepción del nivel de confianza del entrevistado es parte de los procedimientos normales en este tipo de estudios (Johnson y Mislin, 2012). La respuesta que se obtiene refleja indirectamente la predisposición que tiene el encuestado con respecto al encuestador. Esto se incluye en los análisis estadísticos como una variable de ajuste.

La encuesta cubrió temas relacionados con el uso de suelo de la explotación, las características socio-demográficas del principal tomador de decisiones y su entorno (familia o empresa), y la producción dentro y fuera de la explotación al año 2020. El ingreso total (monetario y no monetario llevado a pesos) fue estimado a partir de la suma de los ingresos percibidos dentro y fuera de la explotación. En el caso de la producción agrícola, ganadera y forestal extrapredial, los ingresos corresponden a la valoración de la producción de bienes y servicios. En el caso de los salarios, se consideraron los salarios de todos los integrantes del grupo familiar que dependen económicamente del tomador de decisión, estimados en base a promedios regionales (pago promedio para ciertos tipos de trabajos). Todas las preguntas abordaban además los cambios que se habían producido en el ámbito en cuestión entre 2015 y 2020.

RESULTADOS

Distribución de la muestra

La línea base del componente socioeconómico del SIMEF se elaboró a partir de una encuesta aplicada a 88 tomadores de decisión de explotaciones silvoagropecuarias con presencia de bosque nativo, durante el año 2015. Esta encuesta fue aplicada nuevamente en 2020 a los mismos tomadores de decisión, 75 de los cuales aceptaron participar y 13 decidieron no hacerlo o no fue posible contactarlos por teléfono o en sus explotaciones. La distribución comunal de los puntos de muestreo se observa en el Cuadro 4.

De los 75 tomadores de decisión encuestados, 72 fueron útiles para realizar comparaciones inter-temporales, ya que 3 puntos de muestreo cambiaron de dueño o se detectaron inconsistencias u omisiones relevantes con respecto a la línea base.

Este es el caso de los conglomerados 14_082, 14_167 y 14_111. En 2015, el punto 14_082 era propiedad de la Sociedad Agrícola Andina con 900 ha, predio que fue dividido y vendido en 2017 a la Sociedad Los Esteros Ltda. (272 ha). Se desconoce cuál porción del predio se vendió a esta nueva sociedad. El punto 14_167 no fue utilizado para realizar comparaciones, dado que en 2015 se entrevistó al tomador de decisión de un campo vecino, lo que fue corregido en 2020. Finalmente, el punto 14_111 contaba con datos insuficientes para realizar comparaciones.

Cuadro 4
DISTRIBUCIÓN COMUNAL DE LAS EXPLOTACIONES QUE FORMAN PARTE DE LA MUESTRA

Comunas	Explotaciones encuestadas en 2015	Explotaciones re-encuestadas en 2020
Mariquina	9	6
Lanco	3	2
Panguipulli	20	19
Valdivia	8	5
Los Lagos	10	9
Corral	2	0
Paillaco	2	2
Futrono	14	13
La Unión	4	4
Lago Ranco	7	7
Máfil	4	3
Río Bueno	5	5
Total	88	75

Cambios observados con respecto al tipo de propietario y el tomador de decisión

Entre 2015 y 2020 se observa un leve aumento en la proporción de explotaciones que están en manos de personas naturales (propietario/usufructuario individual, sucesiones o sociedades de hecho sin contrato legal, y comunero en goce individual), en desmedro de aquellas que son administradas por personalidades jurídicas (Instituciones fiscales o municipales, sociedades anónimas y de responsabilidad limitada, órdenes religiosas, escuelas técnicas, universidades, comunidades agrícolas históricas y comunidades indígenas). En la línea base (2015) el 49% de las explotaciones estaban en manos de personas naturales, lo que aumentó al 54% en 2020 (Figura 6).

Con respecto al tomador de decisión, de un total de 68 explotaciones consideradas³, 52 no sufren cambios (76,5%) y 16 sí (23,5%) (Cuadro 5). Estos cambios corresponden al reemplazo de administradores, en el caso de explotaciones que están en manos de sociedades, el fallecimiento de propietarios y a cambios en la toma de decisión (hijos que asumen la toma de decisión en reemplazo de sus padres, producto de enfermedad, envejecimiento u otras causas).

³ Cuatro explotaciones no fueron consideradas en este análisis, ya que en la línea base no se especificó el nombre del tomador de decisión.

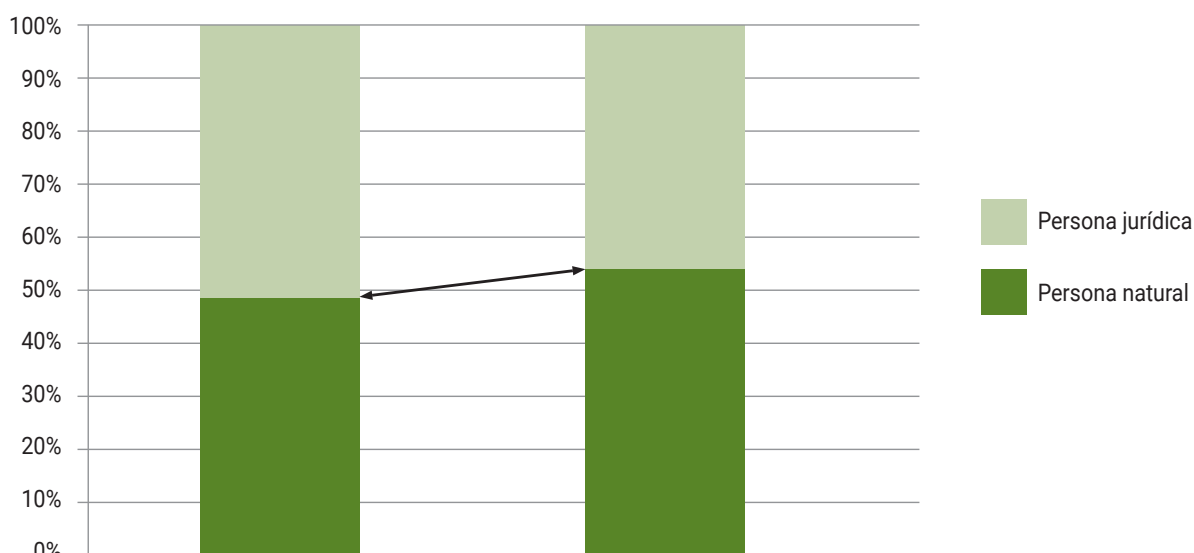


Figura 6
TIPO DE PROPIETARIO PERÍODO 2015 - 2020

Cuadro 5
CAMBIOS DE TOMADOR DE DECISIÓN EN EL PERÍODO 2015-2020

Tomador de decisión	N°	%
No cambia	52	76,5
Cambia	16	23,5
Total	68	100,0

Con respecto al sexo del tomador de decisión, en las 16 explotaciones donde cambió el tomador de decisión, se observa una leve disminución (-13%) de la participación de los hombres. Aun así, en 2020 las mujeres siguen siendo significativamente menos que los hombres en la toma de decisión (25% mujeres versus 75% hombres).

Por otra parte, y solo considerando las 16 explotaciones donde cambió el tomador de decisión, se observa una leve disminución de su edad y un aumento bastante importante de su escolaridad, la que aumentó de 8,8 a 10,5 años de educación formal. El resto de los tomadores de decisión que forman parte de la muestra mantiene constante su escolaridad, y evidentemente envejeció, dado los 5 años que transcurrieron entre ambas encuestas. Esto incrementó la edad promedio de los tomadores de decisión de 56,8 a 60,2 años entre 2015 y 2020.

Cambios en el uso del suelo de las explotaciones⁴

En 2015, la superficie total de las explotaciones consideradas en este análisis (70 explotaciones) sumaba 147.190 hectáreas, lo que se redujo a 117.354 hectáreas en 2020. Esta diferencia de casi 30 mil hectáreas se debe a dos

⁴ Se excluyen del análisis de uso de suelo las siguientes explotaciones: 14_200 pues los datos no son comparables dado que en 2015 respondió por su campo, y en 2020 por el campo de la comunidad; 14_097 pues en 2015 se registró la información de 4 predios y en 2020 solo de 2.

explotaciones de gran tamaño que declararon una superficie mucho menor en 2020 (14_078 y 14_097). En total, 20 explotaciones muestran cambios importantes de superficie, de las cuales 17 declararon una superficie menor en 2020 y 3 una superficie mayor. Las 50 explotaciones restantes (71%) declararon una superficie similar a la reportada en 2015.

El uso del suelo predominante en ambos períodos es el bosque nativo, representando cerca del 78% de la superficie total de las explotaciones. La cobertura de bosque nativo se mantiene estable en el período de análisis y su predominancia se debe a que los predios grandes albergan una gran superficie de bosques. La Figura 7 muestra la importancia relativa por clase de uso del suelo, para todas las explotaciones que conforman la muestra, mientras que las Figuras 8 y 9 muestran la misma información, pero para las explotaciones que tienen menos de 1000 hectáreas (pequeñas y medianas explotaciones) y menos de 200 hectáreas (solo pequeñas), respectivamente.

Cuando se agrupan todas las explotaciones se observa una leve disminución en la cobertura de plantaciones forestales, áreas agrícolas y praderas naturales entre 2015 y 2020, y un aumento de las empastadas y las praderas mejoradas. Además, se observa una disminución importante de los matorrales. Cuando se agrupan las explotaciones que tienen menos de 1000 hectáreas, es decir, explotaciones medianas y pequeñas, se observa un ligero aumento de la cobertura de plantaciones forestales, áreas agrícolas y matorrales, y una situación similar a la descrita anteriormente con respecto a las praderas. Finalmente, cuando se agrupan las explotaciones que tienen menos de 200 hectáreas (pequeñas explotaciones), se observa un aumento en la cobertura de praderas naturales, praderas mejoradas, empastadas y matorrales, y una disminución en la cobertura de bosque nativo y plantaciones forestales.

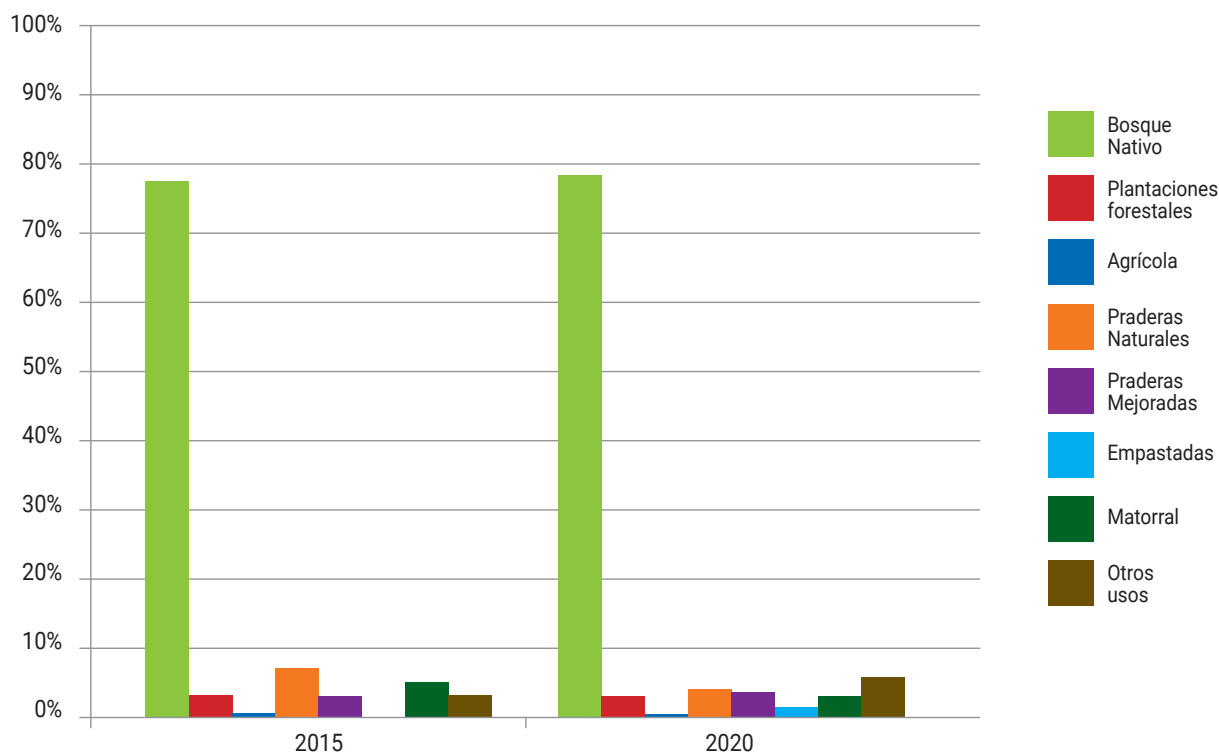


Figura 7
IMPORTANCIA RELATIVA DE DISTINTAS CLASES DE USO DEL SUELO EN 2015 Y 2020
(TODAS LAS EXPLOTACIONES)

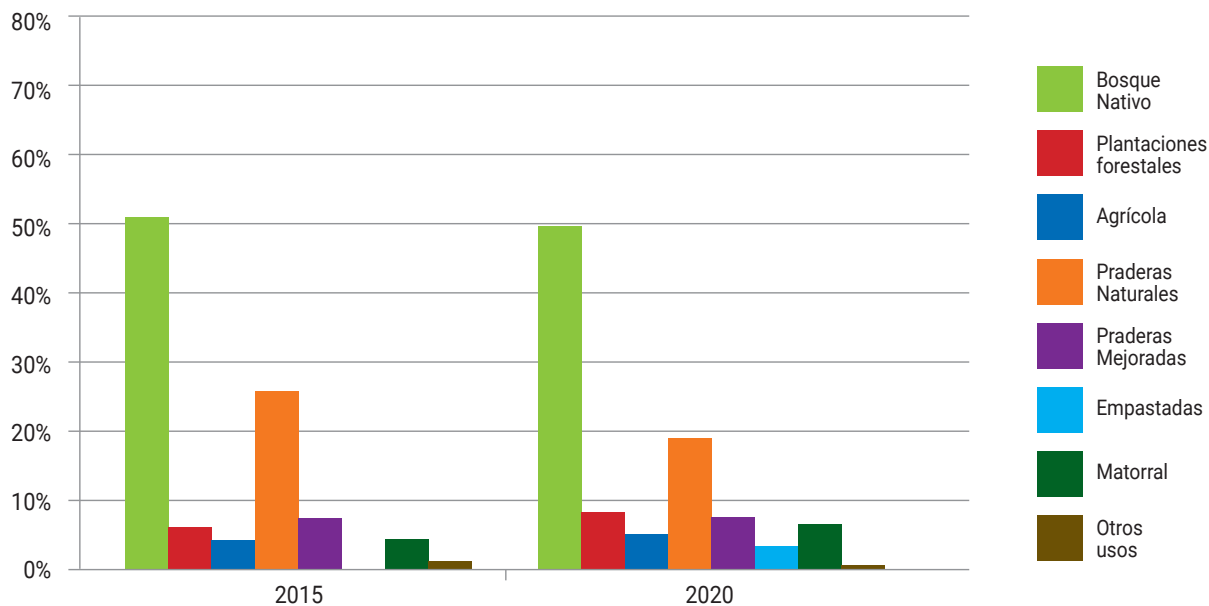


Figura 8
IMPORTANCIA RELATIVA DE DISTINTAS CLASES DE USO DEL SUELO EN 2015 Y 2020
(EXPLOTACIONES CON MENOS DE 1000 HECTÁREAS)

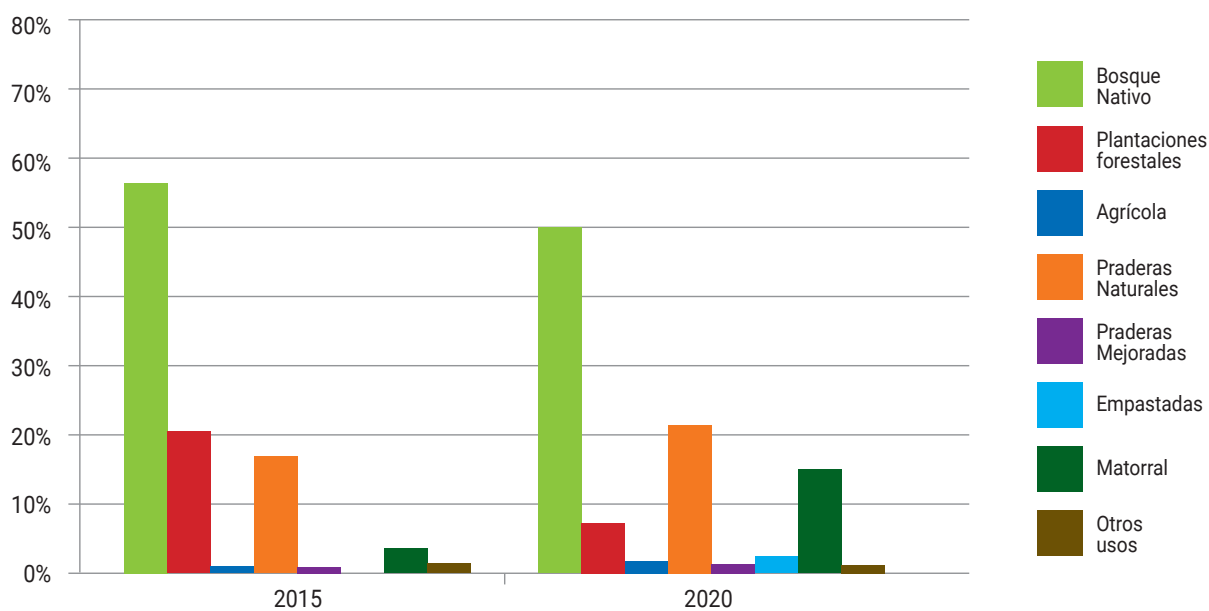


Figura 9
IMPORTANCIA RELATIVA DE DISTINTAS CLASES DE USO DEL SUELO EN 2015 Y 2020
(EXPLOTACIONES CON MENOS DE 200 HECTÁREAS)

Cambios en el subsistema agrícola

En términos generales la cantidad de explotaciones que realizan actividades agrícolas aumentó del 73% al 79% entre 2015 y 2020. Esto considera desde cultivos de subsistencia hasta aquellos más tecnificados que se orientan al mercado. Al explorar con más detalles los datos, se observa que la agricultura de subsistencia está presente en el 60,5% de las explotaciones, lo que implica un aumento con respecto al 2015 (44,7%), mientras que las explotaciones que comercializan productos agrícolas disminuyeron del 28,9% al 18,4% en el mismo período (Cuadro 6).

Cuadro 6
CAMBIOS EN EL SUBSISTEMA AGRÍCOLA, PERÍODO 2015 - 2020

Actividad agrícola	2015 (%)	2020 (%)
Autoconsumo	44,7	60,5
Venta	28,9	18,4
No cultiva	26,4	21,1
Total	100,0	100,0

La caída en la proporción de explotaciones que comercializan productos agrícolas se vio reflejada también en la superficie cultivada, la que se redujo al 51,3% en 2020. Uno de los principales cultivos que disminuyó en el período fue el maíz, con una disminución del 97%.

En 2020, el cultivo más mencionado en las explotaciones fue el trigo, presente en el 68,5% de las explotaciones en las cuales se realiza agricultura, seguido por raps (12,7%), avellano europeo (6,3%) y castaño (6,3%). Mientras que, en 2015, los cultivos más frecuentes fueron trigo, raps, avellano europeo y papas.

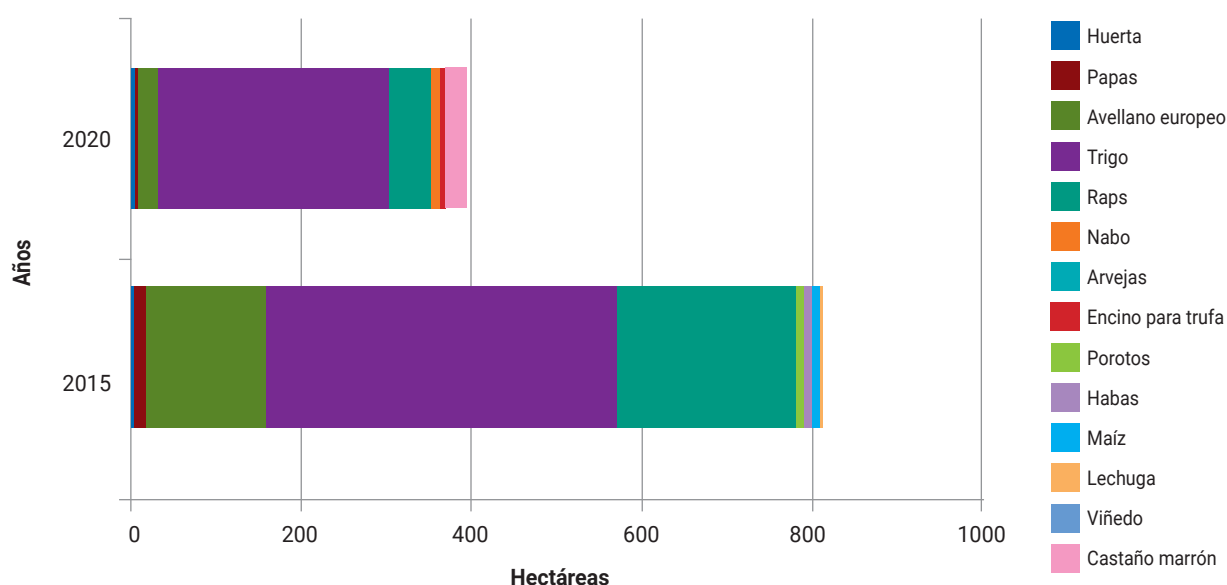


Figura 10
DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE CULTIVADA, PERÍODO 2015-2020.

En la Figura 10 se presenta la distribución de la superficie cultivada, donde se aprecia con claridad como cae desde 810 hectáreas en 2015 a 394 hectáreas en 2020.

Subsistema Forestal Bosque Nativo

En un total de 61 explotaciones⁵ se extrae madera del bosque nativo para la producción de leña, carbón, madera aserrada y metro ruma, las que equivalen al 84,7% de las explotaciones. La producción de leña predomina por sobre el resto de las actividades, observándose en el 84% y 66% de las explotaciones en 2015 y 2020, respectivamente (Figura 11). El 8% de las explotaciones no reportaron extracción de madera nativa en 2015, lo que aumentó al 20% en 2020.

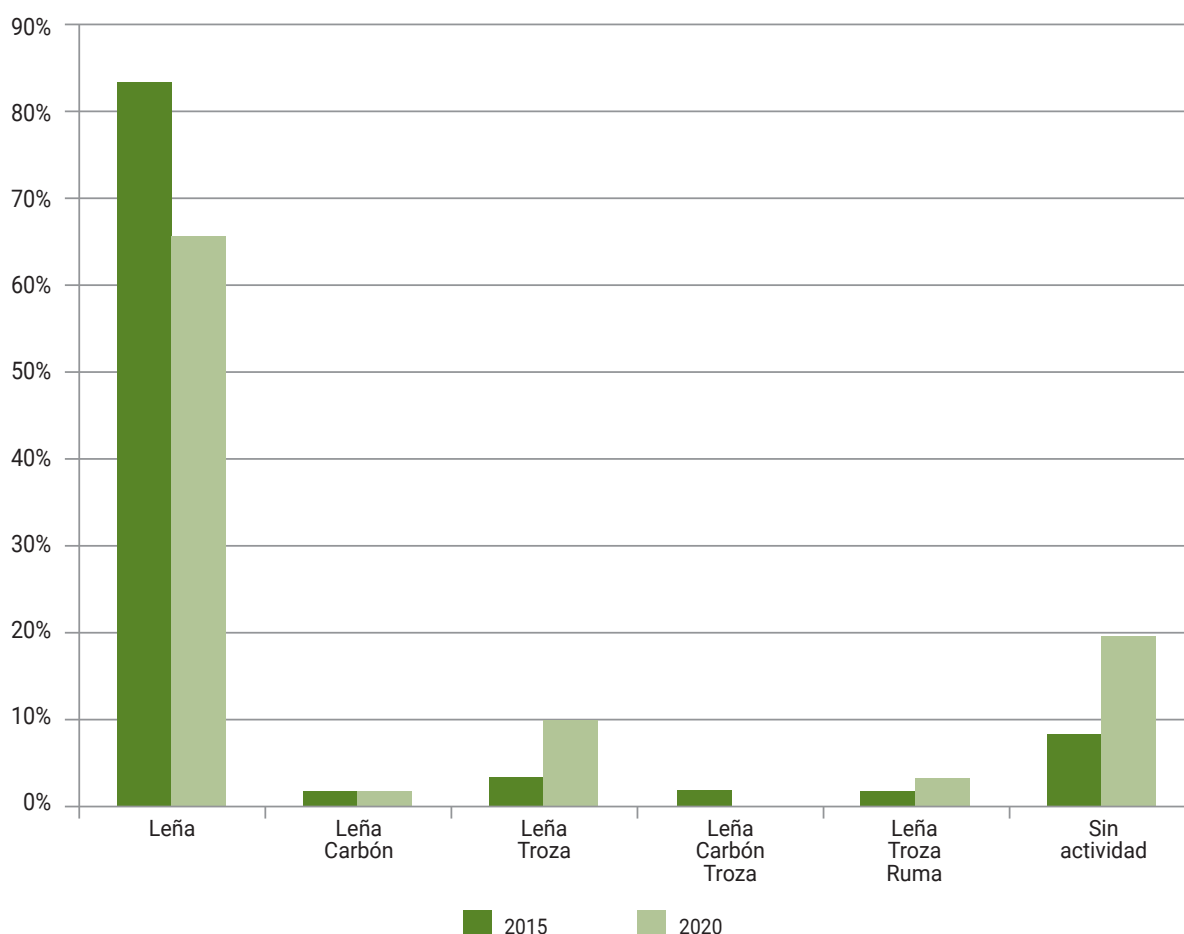


Figura 11
PRODUCTOS MADEREROS DEL BOSQUE NATIVO EN 2015 Y 2020

La producción de leña se destinada a autoconsumo, venta o ambos objetivos. Tanto en 2015 como 2020, el 67% de las explotaciones reportaron producción de leña para autoconsumo.

⁵ Se excluyen del análisis las siguientes explotaciones: 14_111 no registra información al año 2015; 14_044 tiene plan de manejo y recoge leña de los residuos forestales (no registra datos numéricos); 14_106 recoge leña nativa muerta (no registra datos numéricos); 14_143 hacen durmientes de la madera nativa pero no registra el consumo.

Sin embargo, aquellas que producen leña para venta disminuyeron del 20% al 10%. Esto muestra una reducción en el porcentaje de explotaciones que vendieron leña nativa en 2020 (Figura 12).

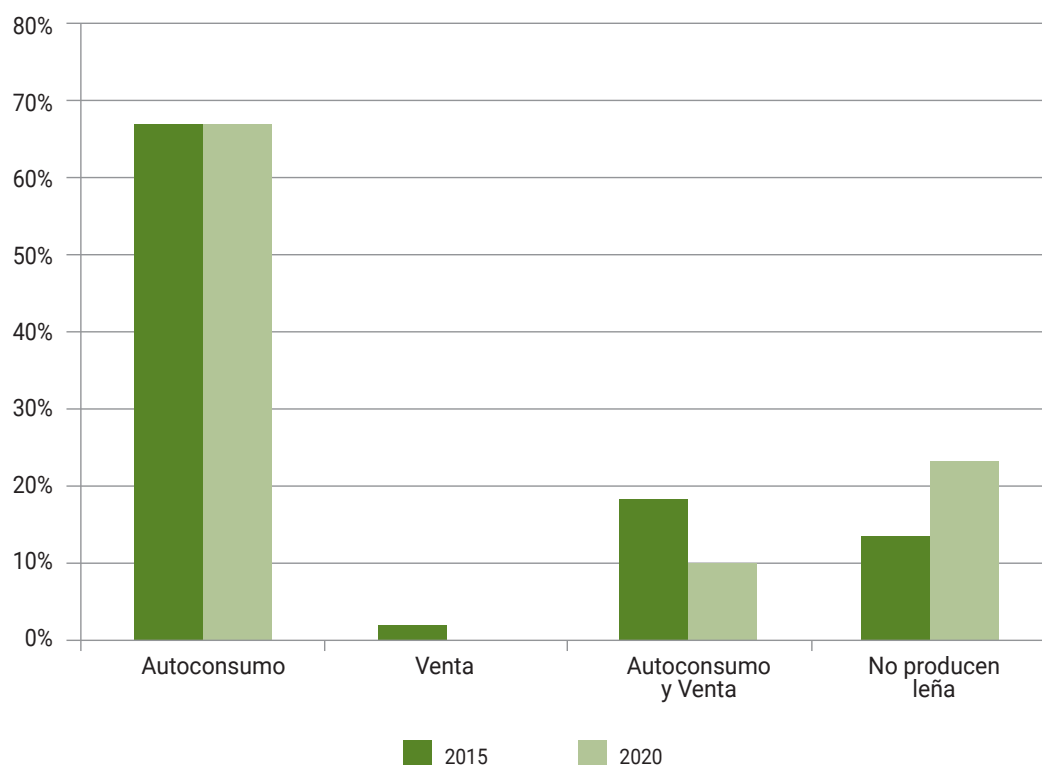


Figura 12
PRODUCCIÓN DE LEÑA NATIVA EN 2015 Y 2020

De las 61 explotaciones que producen leña nativa, 34 reportaron una disminución en el volumen producido entre 2015 y 2020, a una tasa de 115 m³ estéreo/año (desviación estándar de 160 m³ estéreo), mientras que 21 explotaciones aumentaron el volumen de producción en 286 m³ estéreo/año (desviación estándar de 568 m³ estéreo). Solo 6 explotaciones mantuvieron sus niveles de producción en el período.

Subsistema Forestal Plantaciones Forestales

En un total de 36 explotaciones⁶ (50% del total) se produce leña, carbón, metro ruma, y trozas aserrables. En 2015, el 39% de las explotaciones produjeron leña a partir de sus plantaciones, lo que aumentó al 50% en 2020, siendo por lejos el principal destino de las plantaciones forestales que están en manos de estos tomadores de decisión.

Es importante mencionar que las plantaciones forestales se cosechan cuando acumulan cierto volumen de biomasa, lo que depende del criterio y necesidades de cada productor (Figura 13).

⁶ Se excluye del análisis: 14_220 ya que en 2015 dice que destina la plantación para la producción de leña, pero no registra volumen cosechado, y en 2020 no registra información.

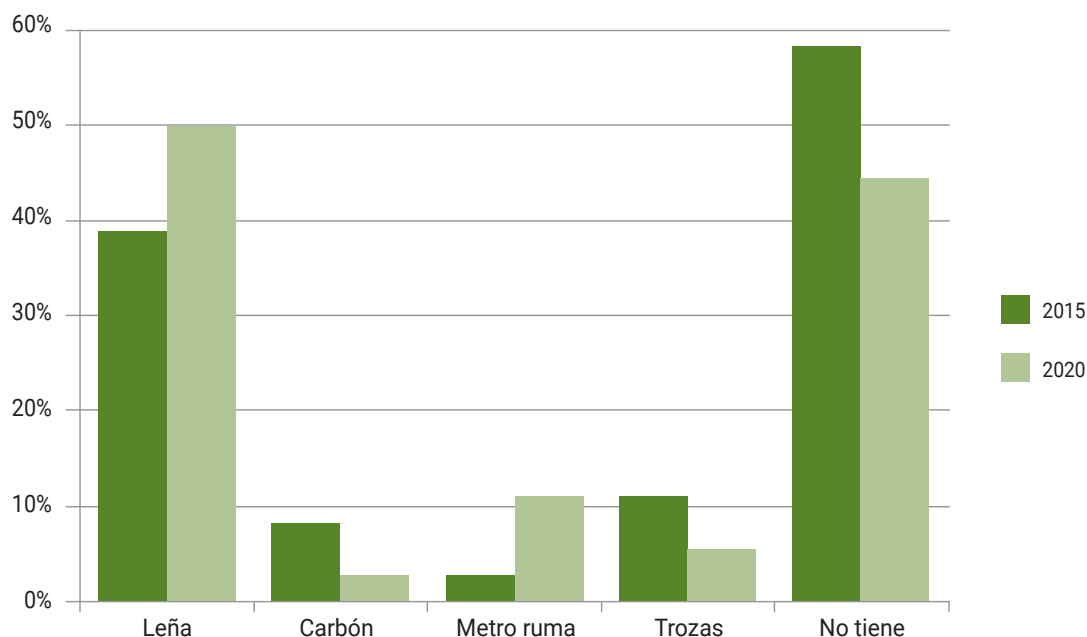


Figura 13
TIPO DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA EN PLANTACIONES FORESTALES EN EL PERÍODO 2015 – 2020

En 2015, el 17% de las explotaciones declaró que no había plantaciones forestales dentro de sus terrenos, lo que aumentó al 33% en 2020. Además, en 2015, el 44% declaró presencia de plantaciones forestales, pero no cosecha, porcentaje que cae al 8% en 2020. Es decir, menos explotaciones cuentan con plantaciones forestales, pero aquellas donde persisten están siendo utilizadas para la producción de leña y otros productos. Las trozas aserrables fueron el segundo producto más importante para venta en 2015, siendo reemplazado por el metro ruma en 2020. Finalmente, gran parte del carbón que se produce de las plantaciones se vende, aunque su importancia relativa con respecto a los otros productos disminuyó en el período (Figuras 14 y 15).

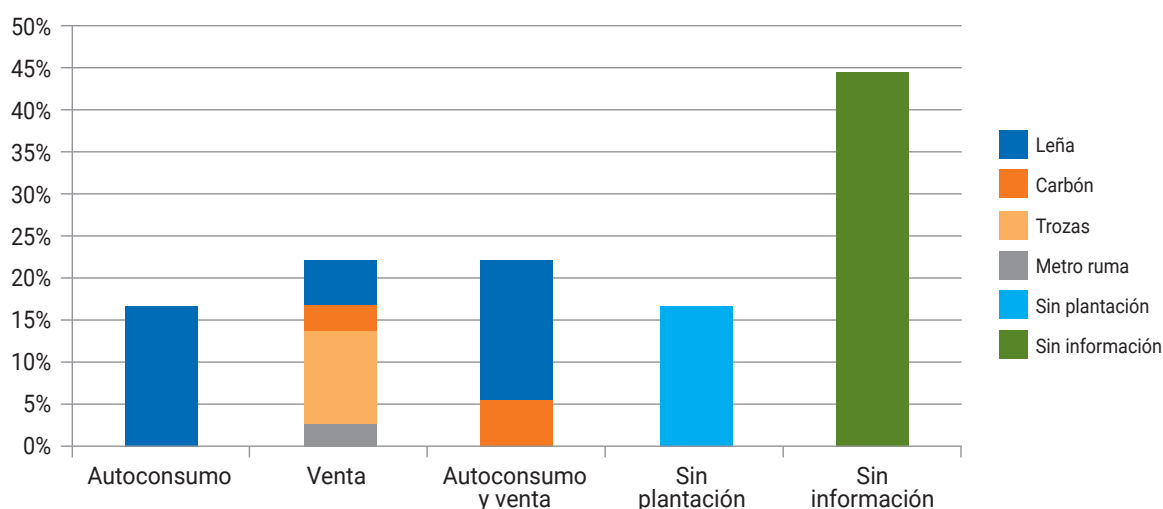


Figura 14
PRODUCCIÓN MADERERA A PARTIR DE PLANTACIONES FORESTALES EN 2015

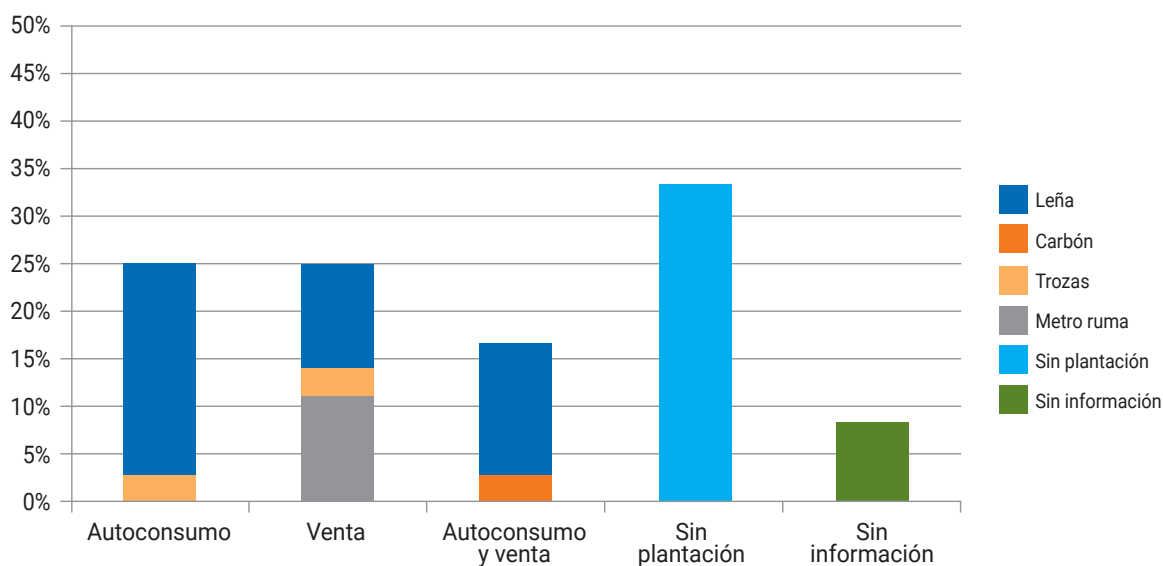


Figura 15
PRODUCCIÓN MADERERA A PARTIR DE PLANTACIONES FORESTALES EN 2020



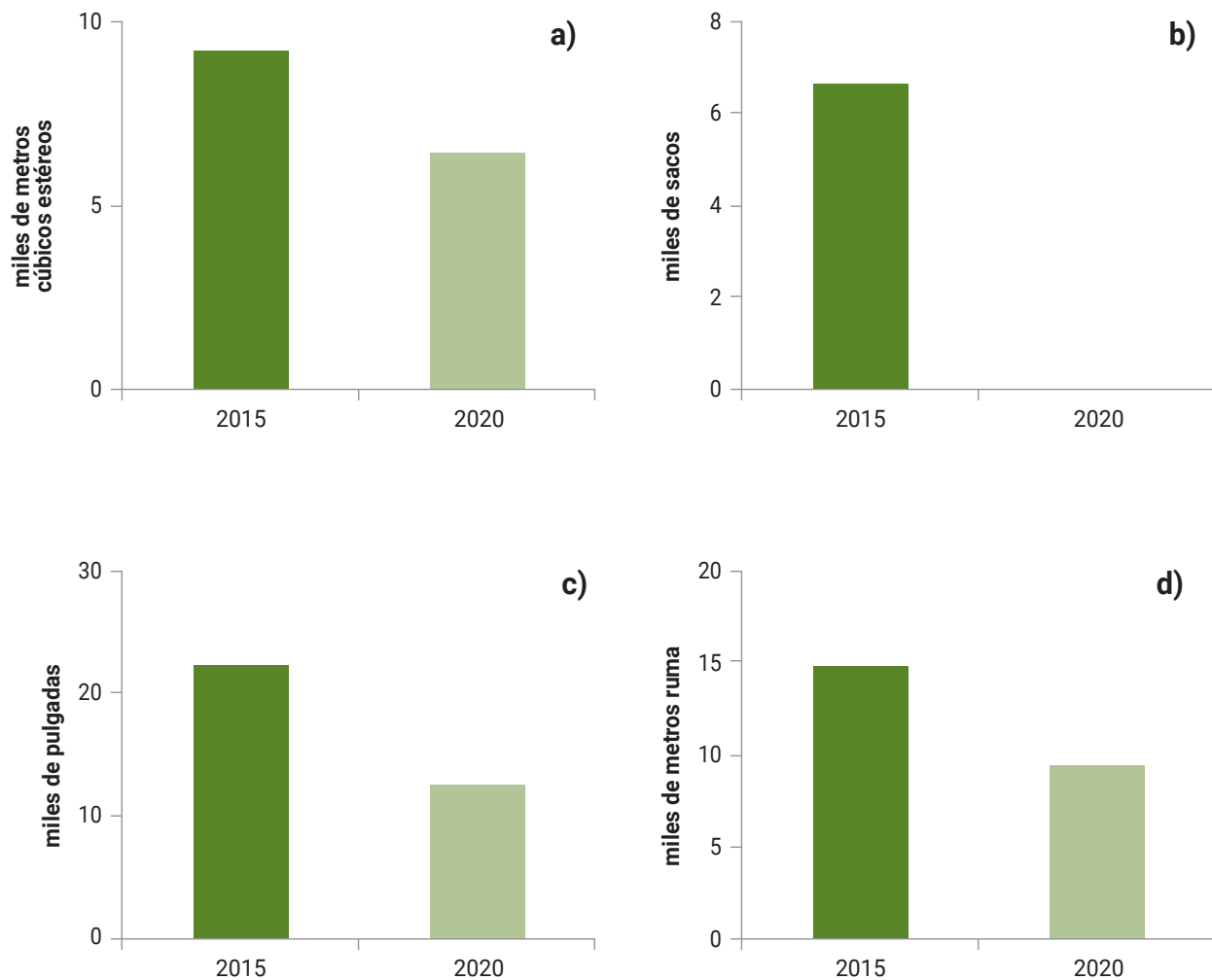
A continuación, se presentan 4 figuras que muestran cómo varía la producción en las plantaciones forestales en el período 2015-2020.

En la Figura 16 a) se observa la variación del volumen de leña producido en el año 2015, con 9.250 m³ estéreos, el que disminuye a 6.485 m³ estéreos en 2020.

La Figura 16 b) presenta la variación en la producción de sacos de carbón, que en 2015 fue de 6.720 sacos, y en 2020 de 20 sacos.

La Figura 16 c) presenta la producción de trozas aserrables, que en 2015 era de 22.224 pulgadas y en 2020 de 12.500 pulgadas.

Por último, en la Figura 16 d) se observa la producción total de metros ruma, que en 2015 fue de 15.000 metros ruma y en 2020 de 9.500 metros ruma.



a) variación de producción de metros cúbicos estéreos de leña de plantaciones forestales; b) variación de producción de sacos de carbón a partir de plantaciones forestales; c) variación de producción de troza a partir de plantaciones forestales; d) variación de producción de metro ruma a partir de plantaciones forestales.

Figura 16
VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN PLANTACIONES FORESTALES EN EL PERÍODO 2015-2020

Subsistema Pecuario

De las 72 explotaciones analizadas, los bovinos están presentes en el 74% de ellas en 2015, lo que aumentó al 81% en 2020.

Los equinos se mantuvieron estables en el período, estando presentes en el 43% de las explotaciones, mientras que la presencia ovina disminuyó ligeramente de 35% en 2015 a 33% en 2020 (Figura 17).

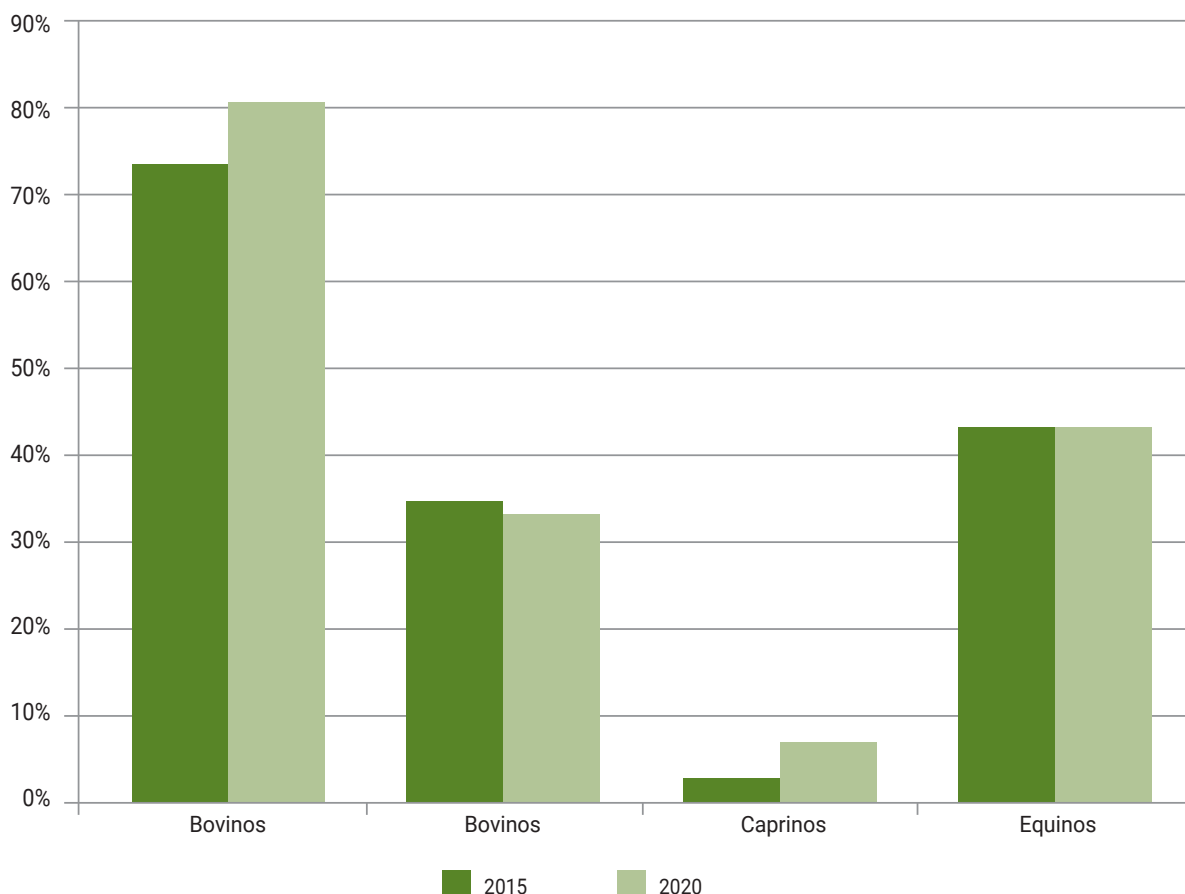


Figura 17
TIPO DE TENENCIA ANIMAL EN LAS EXPLOTACIONES EN EL PERÍODO 2015-2020

En 2015, las explotaciones que forman parte de la muestra albergaban 19.615 bovinos, cantidad que se mantuvo constante en 2020 (19.465). Los ovinos, en tanto, sumaban 3.867 animales en 2015, lo que disminuyó a 1.472 animales en 2020. Esta disminución también se observó en los equinos, aunque mucho más leve (de 508 a 437 animales entre 2015 y 2020). Finalmente, los caprinos aumentaron en más de dos veces, aunque en una cantidad muy inferior al resto.

Actividades Extraprediales

En 2015, el 37,5% de los tomadores de decisión de las explotaciones realizaban algún tipo de trabajo asalariado, lo que se redujo al 16,7% en 2020.

El trabajo por cuenta propia, en tanto, disminuyó ligeramente, siendo realizado por el 20,8% y 16,7% de los tomadores de decisión en 2015 y 2020, respectivamente.

Por último, los tomadores de decisión que recibieron aportes estatales aumentaron del 2,8% al 9,7% en el mismo período (Figura 18).

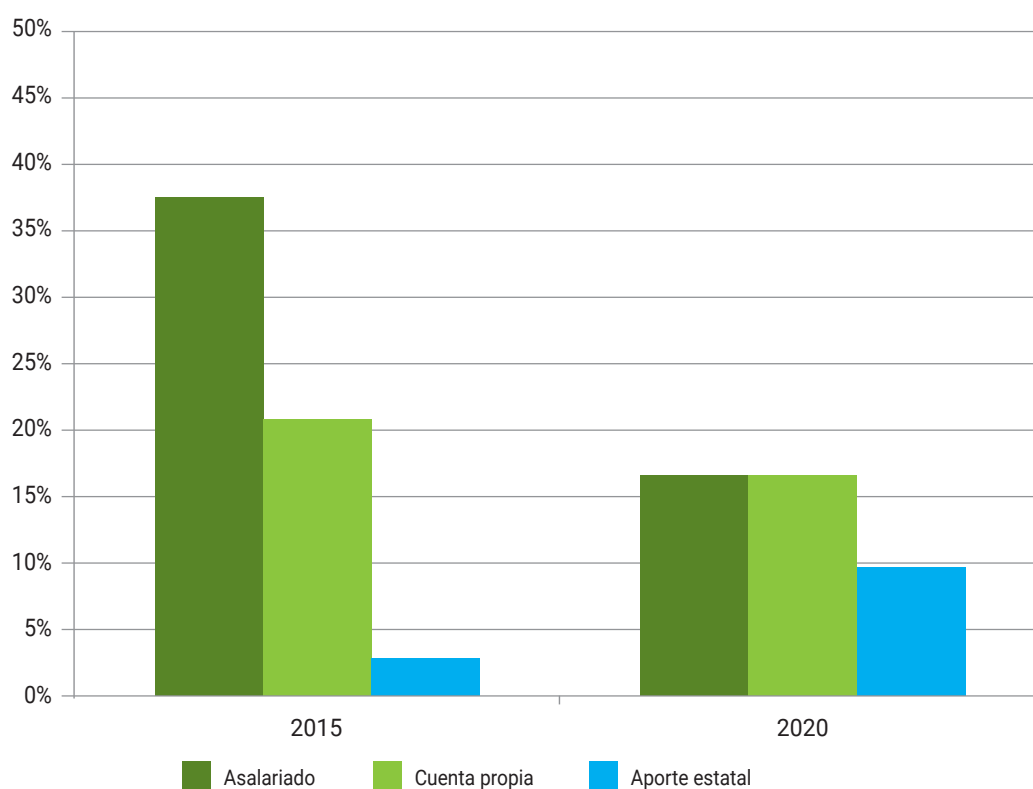
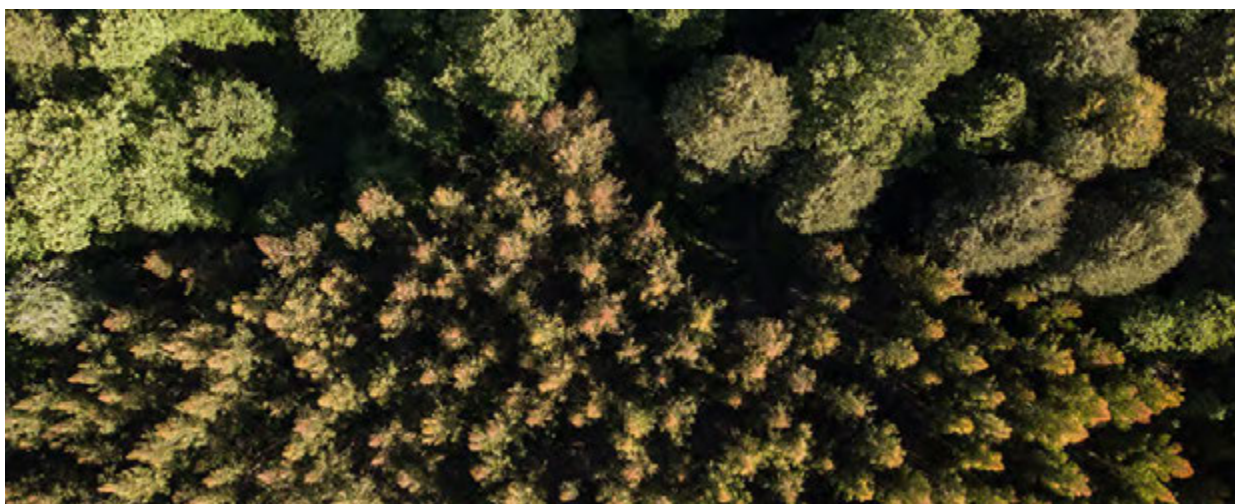


Figura 18
COMPOSICIÓN DEL INGRESO EXTRAPREDIAL EN 2015 Y 2020

En 2015, el 22% del trabajo asalariado se ubicaba dentro de los límites comunales, lo que aumentó al 50% en 2020. El 78% y 50% restante se ubicaba fuera de la comuna e incluso de la región.

El trabajo por cuenta propia, en cambio, se realiza principalmente dentro de los límites comunales (más del 60% de los casos), e incluso en el sector específico donde se encuentra a explotación. Este último aumentó del 13% al 33% entre 2015 y 2020.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Fortalecer el vínculo entre INFOR y los tomadores de decisión

Los tomadores de decisión de la región de Los Ríos que forman parte de la muestra han sido los primeros en ser re-encuestados después del levantamiento de línea base realizado en 2015. Este proceso permitió identificar aspectos críticos que deben ser abordados en futuras mediciones, en orden a consolidar una metodología de recolección de información consistente, confiable y eficiente.

Uno de los temas más importantes es la disposición de las personas a ser re-encuestadas. De hecho, de las 88 explotaciones silvoagropecuarias que formaron parte de la muestra 2015, solo 75 accedieron a ser re-encuestadas en 2020. Trece tomadores de decisión no fueron ubicados o simplemente no quisieron seguir, lo que equivale al 15% de la muestra original. Esto es preocupante, pues impediría sostener el componente socioeconómico en el largo plazo, ya que cada año se perdería parte de la muestra original. Para abordar este tema, hay que formalizar una relación de trabajo libre, informada y consentida entre INFOR y los tomadores de decisión, en el marco de la cual ellos se comprometan a aportar información para SIMEF.

Muchas veces los tomadores de decisión realizan actividades en sus explotaciones, como tala de bosques, prácticas agrícolas inadecuadas, etc., por las cuales podrían ser sancionados. Estas actividades a veces ni siquiera implican sanción, pero dado que la gente desconoce los verdaderos límites de la ley, tienden a asumirlas como tal. En esta posición, ellos tratan de evitar cualquier riesgo, entre los cuales estaría “responder una encuesta”. Por ello, establecer una relación de confianza entre INFOR y los tomadores de decisión es clave para consolidar una “red de colaboradores” que contribuyan a mantener el sistema de monitoreo funcionando en el largo plazo.

Esta relación de confianza debe surgir del entendimiento pleno de que INFOR no es una institución fiscalizadora, y de que las encuestas están protegidas por el secreto estadístico. Formalizar esto, a través de documentos legales firmados por la dirección ejecutiva, e interlocutores creíbles y estables a través del tiempo, pueden ser parte de la solución. Esto último implica que el proceso de aplicación de encuestas debe ser parte de las labores que realizan los técnicos de la institución, y no personas externas, ya que estas últimas tienden a rotar con mucha frecuencia.

Adicionalmente, se debería desarrollar un conjunto de incentivos para motivar a las personas a participar. Estos incentivos pueden ser, por ejemplo, recibir copias de las publicaciones que realiza INFOR, especialmente de aquellas que tienen una aplicación práctica, como manuales, boletines técnicos, monografías, etc.; entregar mapas de la explotación con cobertura de uso del suelo o de otro tipo, en base a la información que los mismos tomadores de decisión proveen; y recibir invitaciones a eventos y cursos que organiza INFOR, entre otros.

Por otra parte, se debe mejorar el protocolo de aplicación de encuestas para minimizar los errores que se producen en la sistematización de la información. Las diferencias que se observan entre una encuesta y otra, aplicadas a través del tiempo, se deben a cambios que se producen en las explotaciones, los cuales se busca identificar y analizar. Sin embargo, en algunos casos, estos cambios se deben a descuidos en los apuntes de terreno, problemas de transcripción, malos entendidos a lo largo de la conversación entre el encuestador y el encuestado, entre otras razones. Para evitar este problema se debe mejorar la preparación y capacitación de los encuestadores, y los formularios de terreno.

Todos estos cambios implican una nueva manera de aproximarse a los tomadores de decisión, la cual debe ser implementada con urgencia.

Cambios en la toma de decisión y en el tamaño y uso del suelo de las explotaciones

El 23% de los tomadores de decisión encuestados en 2015 fueron reemplazados por otras personas, lo que implica una transición muy dinámica en la toma de decisión entre 2015 y 2020. Este reemplazo de tomadores de decisión es especialmente activo en explotaciones que están en manos de sociedades (personas jurídicas), las que cambian de administrador de acuerdo a sus necesidades.

En el caso de personas naturales, el reemplazo de tomadores de decisión ocurre como consecuencia de envejecimiento o enfermedad del tomador de decisión, y de procesos de sucesión y división de predios.

Transitar entre un tomador de decisión a otro es un desafío adicional para SIMEF. Las consecuencias de esa transición van a depender, en buena medida, de la voluntad del nuevo tomador de decisión, quien libre, informada y consentidamente decide si sigue aportando información o no. Para el sistema es clave que la respuesta sea sí, razón por la cual se deben duplicar los esfuerzos e incentivos. Al respecto, se debe elaborar un protocolo para abordar estas situaciones, el cual tiene que ser incorporado en la capacitación de los encuestadores.

En esta primera evaluación se observaron pequeños cambios en la edad, sexo y escolaridad de los tomadores de decisión. Si bien, envejecieron como consecuencia de los cinco años que transcurrieron entre ambas encuestas, la edad promedio no aumentó linealmente, dado que en promedio los nuevos tomadores de decisión son más jóvenes. También se observó un leve aumento de la participación de las mujeres en la toma de decisión y una mayor escolaridad.

Estos cambios son relevantes, dado que, por ejemplo, la escolaridad ha sido señalada como una de las variables que más incide en la decisión de utilizar el bosque nativo. Una mayor escolaridad reduce la probabilidad de extraer madera del bosque (Reyes, 2021).

Por otra parte, parece importante también incorporar en la encuesta preguntas que permitan caracterizar mejor la dimensión valórica de los tomadores de decisión. Esto permitiría mejorar la interpretación cualitativa de los cambios que se observan en los sistemas productivos y el uso del bosque a través del tiempo.

Otra de las observaciones relevantes de este primer ejercicio de monitoreo fueron las diferencias observadas en el tamaño de las explotaciones. El 29% de ellas reportó cambios significativos de superficie. Independientemente de que algunas de ellas se hayan efectivamente expandido o dividido, parece clave avanzar hacia su delimitación geográfica. Para eso, la encuesta debe solicitar los roles de los distintos predios que conforman la explotación e incluso llevar impresas imágenes de satélite para demarcar los límites de la explotación junto con los tomadores de decisión, método que se probó en la región de Los Lagos en 2021 y dio buenos resultados.

La superficie de las explotaciones puede cambiar a través del tiempo, en la medida que se compren otros predios o se vende parte de la explotación. Esto es muy común cuando las explotaciones están en proceso de sucesión, o como ha ocurrido en los últimos años, cuando los tomadores de decisión deciden realizar parcelaciones. En estos casos, el conglomerado biofísico puede quedar en manos de otra persona (un nuevo tomador de decisión), lo que obligaría a reemplazar al tomador de decisión que se venía entrevistando. Esto implica identificar, ubicar y convencer a ese nuevo tomador de decisión para que siga aportando información al sistema.



También se observaron cambios en la importancia relativa de las distintas clases de uso del suelo reportadas por los tomadores de decisión. En general, cerca del 80% de la superficie de las explotaciones grandes (más de 1000 hectáreas) están cubiertas por bosque nativo, lo que disminuye al 50% en explotaciones medianas (entre 200 y 1000 hectáreas) y pequeñas (menos de 200 hectáreas).

No se observaron cambios importantes en la cobertura del bosque nativo entre 2015 y 2020, excepto en las explotaciones pequeñas, donde en promedio disminuyó del 55% al 50% (desforestación). Esto debe comprobarse a través del análisis de imágenes de satélite.

Otra observación interesante es el aumento de las praderas durante el período, especialmente de las praderas mejoradas y las empastadas. En explotaciones medianas y grandes, las praderas mejoradas y empastadas habrían aumentado a costa de las praderas naturales, pero en el caso de las explotaciones pequeñas, todos los tipos de praderas habrían aumentado a costa del bosque nativo.

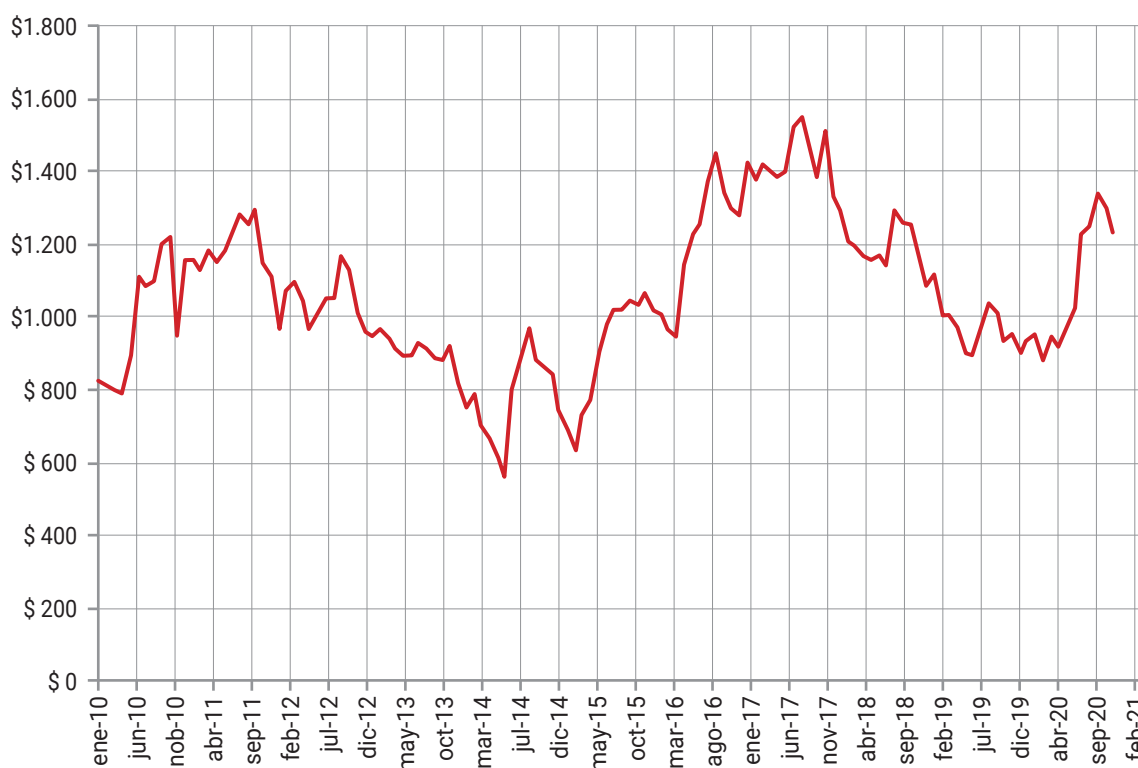
En explotaciones pequeñas también se vio un aumento significativo de los matorrales y una disminución del área cubierta por plantaciones forestales, las que, por el contrario, habrían aumentado en explotaciones medianas.

Cambios en los sistemas productivos e impactos sobre el bosque

La superficie cultivada, así como el valor de la producción agrícola disminuyeron cuando se comparan 2015 y 2020. Las causas de esta disminución no están claras, por lo que se requiere un análisis más profundo.

Sin embargo, los cambios observados en la agricultura, así como el aumento en la superficie de praderas, especialmente de praderas mejoradas y empastadas, podría estar relacionado con un cambio favorable en el precio del ganado bovino a partir de 2015 (Figura 19).

El precio pagado a los productores en las ferias ganaderas de la región de Los Ríos disminuyó entre 2010 y 2015, llegando a menos de \$600 por kilo, en el caso de los terneros para engorda (vaquillas y novillos muestran una tendencia similar). Esto cambió a partir del 2015 e implicó un aumento en los precios, los que llegaron a casi \$1.600 por kilo en 2017 (precios ajustados por inflación).



(Fuente: ODEPA, 2021)

Novillos y vaquillas muestran una tendencia similar. Se decidió graficar a los terneros para engorda, dado que en uno de los productos más importantes que comercializan pequeños y medianos propietarios (la engorda y la actividad lechera está más concentrada).

Figura 19
PRECIO NOMINAL PAGADO AL PRODUCTOR POR TERNEROS PARA ENGORDA EN
FERIAS GANADERAS DE LA REGIÓN DE LOS RÍOS (PRECIO AJUSTADO POR INFLACIÓN)

El aumento reportado en la superficie de praderas entre 2015 y 2020, que se observa en explotaciones de distinto tamaño, puede deberse a un mayor interés de los tomadores de decisión por producir forraje para autoconsumo y venta, dada la escasez de este insumo en las regiones del centro-sur del país como consecuencia de la sequía que afecta a esta zona (Garreaud *et al.*, 2019).

Así, la sequía podría estar produciendo cambios de uso del suelo dentro de las explotaciones orientados a aprovechar oportunidades de mercado (mejor precio del ganado y/o el forraje), o como consecuencia de una menor productividad de las praderas durante el período estival. Medir estos cambios con mayor precisión, a través del análisis de imágenes satelitales (período 2015-2020), e indagar sobre sus causas sociales y productivas, es necesario para comprender adecuadamente el proceso y poder conducirlo.

En 2015, el 92% de las explotaciones extraía madera nativa para autoconsumo y/o venta, lo que disminuyó al 80% en 2020. La proporción de tomadores de decisión que utilizan esa madera como leña para autoconsumo se mantuvo en 67% en ambos años, mientras que se redujo el porcentaje que vende leña. Es interesante notar que mientras disminuye la proporción de tomadores de decisión que extraen madera nativa, especialmente para venta, el volumen total de producción, considerando todas las explotaciones, aumentó. Esto es consistente con una mayor demanda de leña debido al crecimiento de la población, lo que implica que mientras algunos bosques “descansaron” en 2020 otros fueron sometidos a una mayor presión.

Estas fluctuaciones en la decisión de producir leña, que implican cierto “descanso” para el bosque, fueron reportadas por Reyes *et al.* (2018), y estarían asociadas a cambios en los ingresos extraprediales. En este caso, entre 2015 y 2020 hubo una disminución en la importancia relativa del trabajo asalariado y del trabajo por cuenta propia, y un aumento de las ayudas del Estado. Esto podría estar relacionado con la pandemia del COVID 19 que implicó una serie de subsidios, especialmente para familias de menores ingresos. Sin embargo, queda pendiente el análisis de la magnitud de los ingresos extraprediales y su importancia con respecto al ingreso total, para verificar si se genera una relación entre esta variable y la decisión de vender leña y otros productos del bosque.

En 2015, el 83% de las explotaciones contaban con plantaciones forestales, lo que disminuyó al 67% en 2020. Es decir, las plantaciones estarían siendo cosechadas, pero no renovadas en algunas explotaciones, lo que es preocupante dado que éstas cumplen un rol importante en el abastecimiento de leña, y, por lo tanto, disminuyen la presión sobre el bosque nativo. Al cruzar esta información con los cambios observados en el uso del suelo, se puede concluir que esta no renovación de las plantaciones sería más intensa en pequeñas explotaciones.

Finalmente, los cambios observados en el subsistema pecuario entre 2015 y 2020 son marginales, lo que da cuenta de su estabilidad. Esta estabilidad es muy interesante y consistente con lo comentado por Reyes (2021), ya que implica que la crianza de ganado es un componente estructural del sistema productivo, manteniendo cierta independencia de los mercados y la política pública (ej. subsidios). Desde este punto de vista, la expansión de las praderas, especialmente de praderas mejoradas y empastadas, a costa de las praderas naturales en explotaciones grandes y medianas, pero también a costa del bosque nativo en explotaciones más pequeñas, respondería a una mayor necesidad de forraje, pero probablemente también a un mayor control de la producción y calidad del forraje. Si esto es consecuencia del cambio climático o es más bien una decisión productiva orientada a controlar mejor la engorda de los animales o la producción lechera (producto de los mejores precios existentes en 2020 en comparación a los observados entre 2010 y 2015) u otros procesos productivos, es algo que se deberá analizar con mayor profundidad.

REFERENCIAS

Amacher, G.A., Hyde, W.F., Kanel, K.R., 1996. Household fuelwood demand and supply in Nepal's tarai and mid-hills: Choice between cash outlays and labor opportunity. *World Development* 24, 1725-1736.

Deweese, P.A., 1989. The woodfuel crisis reconsidered: Observations on the dynamics of abundance and scarcity. *World Development* 17, 1159-1172.

Garreaud, R., Boisier, J.P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H.H., Veloso-Aguila, D., 2019. The Central Chile Mega Drought (2010-2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology* 40, 421-439.

Heltberg, R., 2002. Property rights and natural resource management in developing countries. *Journal of economics Surveys* 16, 189-214.

Heltberg, R., Arndt, T.C., Sekhar, N.U., 2000. Fuelwood consumption and forest degradation: A household model for domestic energy substitution in rural India. *Land Economics* 76, 213-232.

INE, 2007. Censo agropecuario 2007. Informe metodológico. Cédula censal. Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. Disponible desde <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>.

Johnson, N.D. and Mislin, A., 2012. How much should we trust the World Values Survey trust question? *Economics Letters* 116(2), 210-212.

Joshi, O. and Mehmood, S.R., 2011. Factors affecting nonindustrial private forest landowners' willingness to supply woody biomass for bioenergy. *Biomass and Bioenergy* 35, 186-192.

Leight, J., 2008. The political dynamics of agricultural liberalization in the US-Chile free trade agreement. *Journal of Latin America Studies* 40, 225-249.

ODEPA, 2021. Precios al productor. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile. Disponible desde <https://www.odepa.gob.cl/precios/al-productor>.

O'Ryan, R., de Miguel, J.C., Miller, S. and Pereira, M., 2010. The Socioeconomic and environmental effects of free trade agreements: a dynamic CGE analysis for Chile. *Environment and Development Economics* 15(6), 1-23.

Reyes, R., 2021. Promotores socioeconómicos de la pérdida y degradación del bosque nativo en Chile - Informe técnico. Santiago de Chile, FAO y MINAGRI.

Reyes, R., Nelson, H. and Zerriffi, H., 2018. Firewood: Cause or consequence? Underlying drivers of firewood production in the South of Chile. *Energy for Sustainable Development* 42, 97-108.

Walker, J. and Ben-Akiva, M., 2002. Generalized random utility model. *Mathematical Social Sciences* 43, 303-343.

CAPÍTULO VI **BIODIVERSIDAD**



INFOR

INTRODUCCIÓN

Desde su instauración, el Inventario Forestal Nacional (IFN) ha realizado levantamiento de datos de biodiversidad, considerando el registro de datos de distintos grupos, no obstante, dicho esfuerzo se había enfocado primordialmente en el Reino *Plantae*.

Al tratarse de un inventario de tipo ecosistémico que visualiza y aborda a los bosques desde una perspectiva integral, dentro de sus actividades está el mejoramiento y complemento continuo de datos e información recopilada en función de las demandas de la sociedad, incorporando progresos científicos y tecnológicos en las materias relacionadas. Esta tarea es facilitada por su característica de diseño modular que permite incluir nuevos elementos con flexibilidad.

Así, dentro de las necesidades detectadas por el inventario está el enriquecimiento de la información de biodiversidad con miras a aportar datos que permitan establecer conexiones entre la presencia de especies, o grupos de especies, con el estado de conservación o integridad de los bosques, comprendiendo entre otros la individualización y seguimiento de grupos funcionales, la identificación de especies indicadoras y especies clave en los ecosistemas forestales.

Durante este período, y dadas las restricciones impuestas por la emergencia sanitaria en el país, se priorizó el levantamiento de datos de biodiversidad de artrópodos en la región de Coquimbo. Las áreas de muestreo incluyeron formaciones vegetacionales incluidas en áreas protegidas del estado, áreas protegidas privadas y zonas prioritarias de conservación, ofreciendo información clave para la conservación y manejo de estas unidades en el país.

ANTECEDENTES TÉCNICO-METODOLÓGICOS

Con el propósito de enfrentar el reto de evaluar la biodiversidad asociada al bosque nativo de otros componentes más allá del reino *Plantae*, se consideró necesario recurrir a una visión holística del bosque, es decir a nivel de ecosistema. Para ello se tomó el marco de trabajo del ciclo infinito de Holling (1973) como una perspectiva adecuada para la clasificación de los bosques.

En la Figura 1 se describe el ciclo de estados propuesto por Holling desde una perspectiva del proceso flujo de materia - energía que ocurre en los bosques.

A diferencia de una perspectiva basada en poblaciones-comunidades, la perspectiva de flujo de materia-energía representa los procesos que se dan entre los aspectos bióticos y abióticos y que resultan en formaciones características. La elección de una u otra perspectiva, depende de cuáles son las preguntas que se han planteado.

En el contexto del Inventario Forestal Continuo se considera necesario la comprensión de los procesos y funciones de los bosques, buscando identificar qué o cuáles variables se deben medir.

Dado lo anterior, la utilización del ciclo de Holling permite mejorar la eficiencia de recolección de datos desde terreno (Figura 1).

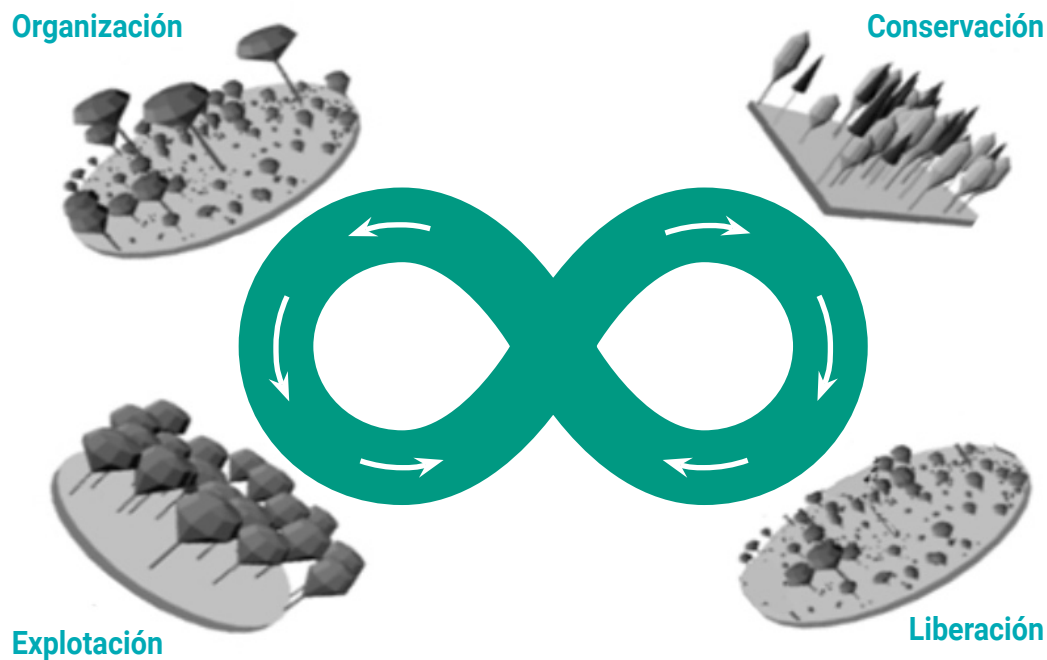


Figura 1
ESTADIOS CARACTERÍSTICOS DEL CICLO DE HOLLING

En este ciclo el flujo de materia-energía produce condiciones ambientales tales que, dependiendo de cuanta energía capturada o libre se encuentre asociada al sitio, el bosque puede reconocerse en alguno de los cuatro estadios descritos por Holling:

Conservación. Caracterizado por baja capacidad de realizar trabajo dado que toda la energía del sitio se encuentra capturada en forma de biomasa.

Liberación. Caracterizado por la presencia de algún evento perturbador que libera la energía capturada desencadenando un proceso de regeneración de especies oportunistas.

Organización. Proceso de consolidación de cierto ensamble de especies dentro del sitio.

Explotación. Caracterizado por un proceso competitivo desatado en forma de utilizar toda la energía habilitada producto de la liberación. Bajo este estadio se produce acumulación de biomasa y nutrientes.

INFOR a través del Inventario Forestal Nacional cuenta con alrededor de 1200 conglomerados de muestra distribuidos en todo el país. Estas muestras se localizan en forma sistemática sobre una cuadrícula de 5 km x 7 km organizada en forma de arreglo triangular, según consta en la Figura 2.

Cada conglomerado de muestra es clasificado en alguno de los estadios asociados al ciclo de Holling de tal forma que el país como conjunto de sus estados sea un indicador general y sintético de la integridad de los ecosistemas.

Se realiza esta aproximación en un área específica de forma hexagonal, de acuerdo con un diseño tal que asegure estimaciones insesgadas, en la medida de lo posible.

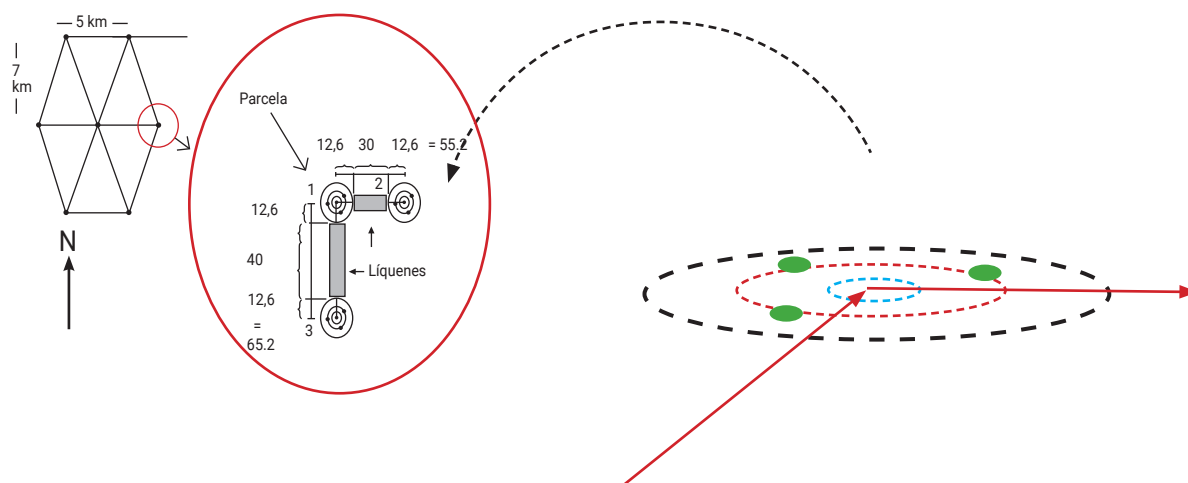


Figura 2
DISPOSICIÓN DE UNIDADES DE MUESTRA DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

Definición de las Unidades de Biodiversidad

En Estados Unidos, el uso de cuadrículas hexagonales se popularizó tras el empleo de estas por la Agencia de Protección del Ambiente (EPA) en su programa de monitoreo y evaluación ambiental (Spence and White, 1992), siendo luego adoptadas por el servicio forestal y su programa de Inventario Forestal y Análisis (FIA) y el programa de análisis de brechas del Servicio Geológico (USGS). Sin embargo, este tipo de cuadrículas y su utilidad en el ámbito económico ya había sido descrito en los años treinta por el geógrafo Walter Christaller (1933).

La selección de una grilla hexagonal por sobre otro tipo de unidades de organización para el inventario de biodiversidad fue hecha por ser comparativamente sencilla de generar, además de ser apropiada para cubrir grandes extensiones geográficas, incluso a escala continental, sin verse afectada por distorsiones geométricas de significación (Turner *et al.*, 2012).

Asimismo, gracias a su estructura jerárquica, este tipo de segmentación hace posible el cambio de la densidad de la malla donde los hexágonos siempre presentan igual área y perímetro para cada unidad de muestreo, lo que redundaría en unidades estadísticamente similares (Polasky *et al.*, 2000) que facilitan el análisis (Basset y Edwards, 2003; Haila y Margules, 1996) y evitan sesgos asociados a estas variables.

Por su naturaleza, también es menos probable su coincidencia con límites administrativos, caminos y otros elementos creados por el hombre, siendo aptos para definir variabilidad natural, especialmente cuando se trata de conjuntos de datos espacialmente heterogéneos (White *et al.*, 1992).

Además, de las superficies regulares con las que se puede dividir un plano, los hexágonos corresponden a la forma

más compacta con adyacencia uniforme; es decir cada hexágono tiene un vecino con el cual comparte un lado y cuyo centro es equidistante de los centros de sus vecinos (Sahr et al, 2003; Jurasinski y Beierkuhnlein, 2006).

Para el levantamiento complementario de datos de biodiversidad para grupos distintos de vegetación se dividió la superficie nacional en unidades hexagonales, coincidentes con la malla triangular de 5 por 7 km del Inventario Nacional Continuo de Ecosistemas Forestales.

De esta manera se generó una grilla de 444 unidades con una dimensión de 262.500 ha cada una. En la figura 3 se describe una visión general de cómo se distribuyen espacialmente las unidades hexagonales para el muestreo de biodiversidad.

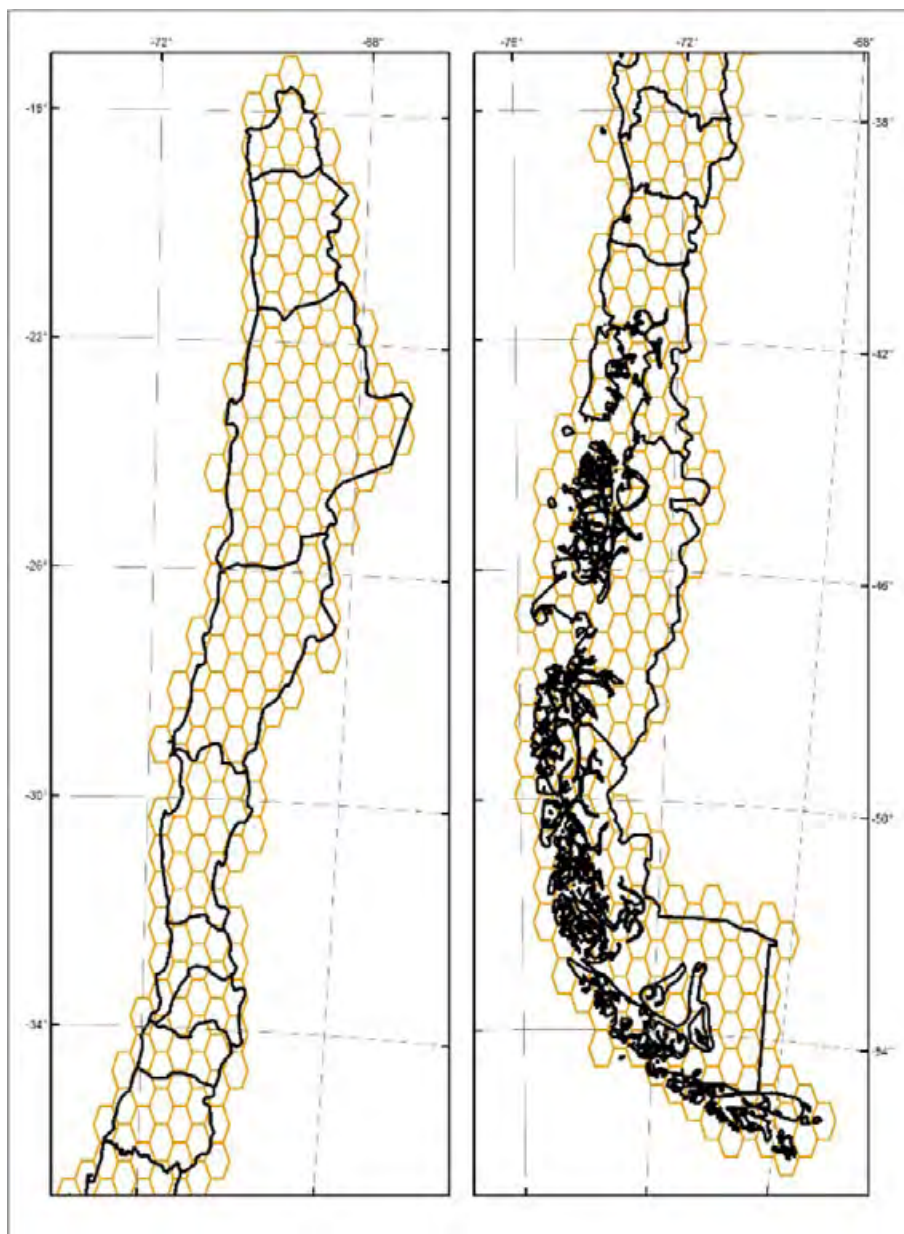


Figura 3
MALLA DE UNIDADES MUESTRALES DE BIODIVERSIDAD

El tamaño seleccionado para cada hexágono tuvo por objeto el poder organizar la toma de datos en unidades representativas que permitan un manejo práctico del territorio a través del tiempo.

En este sentido, se consideró el número medio de parcelas del inventario posibles de encontrar en una unidad hexagonal típica, permitiendo reemplazo y garantizando a la vez una cantidad adecuada de puntos en los cuatro estadios del ciclo adaptativo de Holling, asociados a las conglomerados y parcelas donde se levanta información de los bosques.

Levantamiento de Datos de Biodiversidad

El presente informe entrega antecedentes respecto del muestreo de los componentes de la biodiversidad considerados en el estudio, realizados en conjunto con expertos de la Universidad de La Serena y el Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB). El muestreo se realizó en la Región de Coquimbo con una muestra total de 25 unidades muestrales.

En la selección de conglomerados, la elección de los puntos de muestreo a prospectar durante la fase 4, considera como prioritarias para ser seleccionadas aquellas unidades hexagonales que albergan Áreas de Alto Valor para la Conservación (AAVC. Sitios Prioritarios y Áreas Silvestres Protegidas Privadas y del Estado) ubicadas en la Región de Coquimbo.

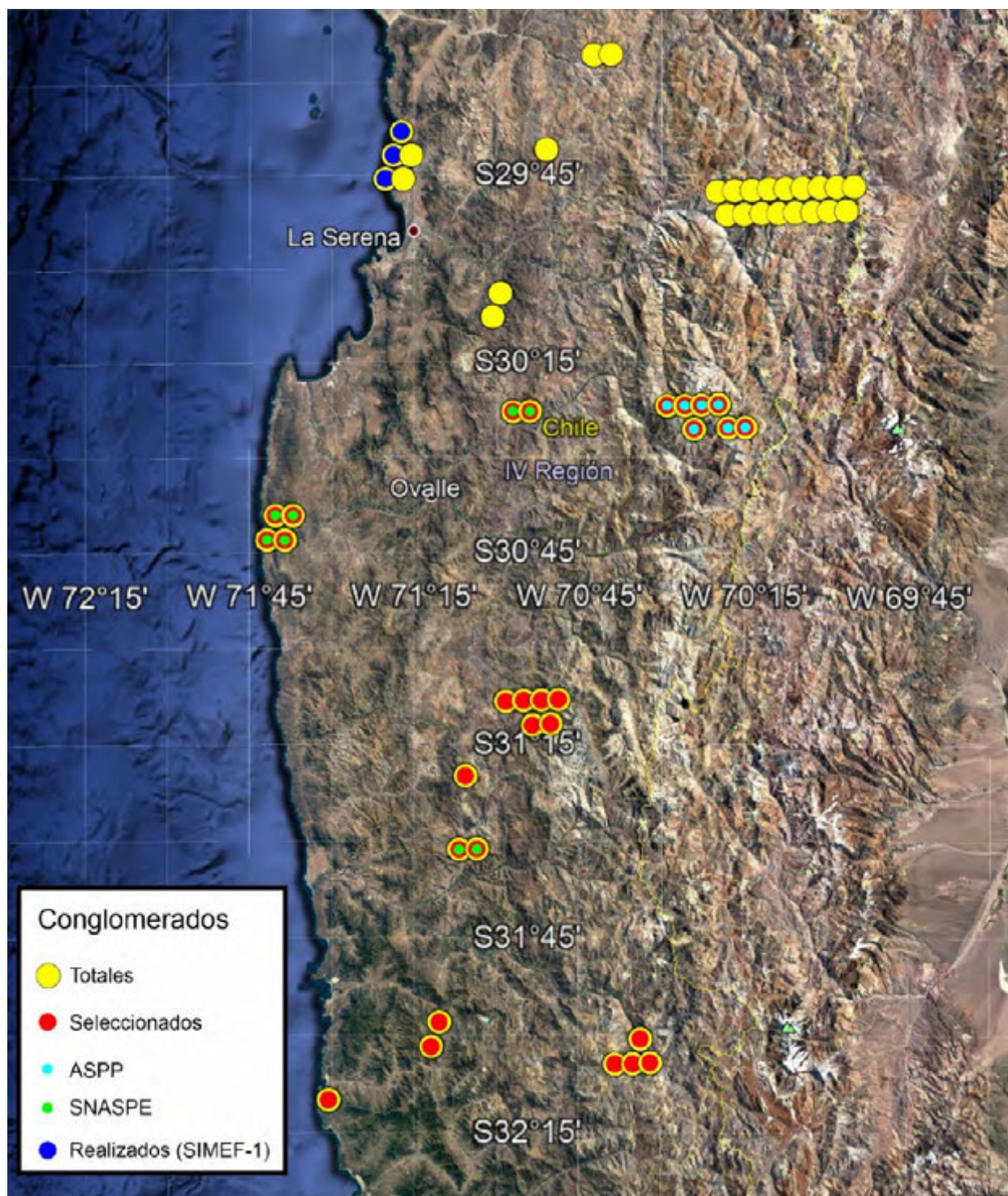
Adicionalmente, dentro de estas unidades, se seleccionaron conglomerados considerando variables de tipos territoriales, logísticas, topográficas y biológicas (Cuadro 1).

Cuadro 1
TIPO DE VARIABLES UTILIZADAS EN LA SELECCIÓN DE CONGLOMERADOS

Tipo	Descripción
Territoriales	Localización dentro de AAVC y zonas aledañas a ellas. Tipo de AAVC.
Logísticas	Distancias a caminos: 500, 1000 y 2000 m.
Topográficas	Pendientes Altitud
Biológicas	Probabilidad de registro de especies animales (vertebrados e invertebrados) en la época de muestreo.

Durante esta etapa y de acuerdo con los criterios anteriores, se priorizaron 25 puntos de muestreo en sitios prioritarios de conservación, áreas protegidas del estado y áreas de conservación privadas para la evaluación de la biodiversidad de fauna de artrópodos en ecosistemas terrestres, asociados a un mínimo de 2 unidades hexagonales de biodiversidad.

Cabe destacar que durante el Inventario de biodiversidad de la fauna de artrópodos en ecosistemas terrestres Macrozona Norte-Fase 1 (2017) se levantó información de tres conglomerados ubicados al norte de La Serena (Figura 4).



En amarillo, conglomerados totales para este estudio. En rojo conglomerados seleccionados factibles de muestrear. En celeste, conglomerados pertenecientes a ASPP (Áreas Silvestres Protegidas Privadas). En verde conglomerados pertenecientes a SNASPE (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado). En azul, conglomerados realizados en Macrozona Norte-Fase 1 (2017).

Figura 4
LOCALIZACIÓN DE CONGLOMERADOS DE ECOSISTEMAS TERRESTRES PARA LA REGIÓN DE COQUIMBO-FASE 5



Metodologías para el Muestreo de Biodiversidad

La expansión del área de muestreo hacia diversas áreas del país ha hecho necesario que los protocolos de muestreo sean modificados y adecuados a las condiciones naturales de los ecosistemas allí presentes, ajustándose a los requerimientos de datos e información preponderantes en la zona.

Además, los protocolos deben ser consistentes con los de la zona sur para evitar quiebres artificiales en la colección y análisis de los datos.

Para facilitar el intercambio y complementación de información, el diseño de la base de datos considera el uso del estándar Darwin Core (DwC), el cual permite a los propietarios de los datos, publicar información de biodiversidad en un lenguaje (Darwin Core) y en un formato (archivos Darwin Core) que puede ser entendido y utilizado por todos.

Adicionalmente, el diseño de los protocolos de muestreo debe permitir la detección de cambios en el largo plazo respecto de las condiciones del paisaje, como cambios en la estructura del suelo y en la vegetación (cobertura, composición, estructura vertical/horizontal, estado de desarrollo, estado sanitario, etc.).

Para cumplir con estos objetivos, los indicadores deben contener las siguientes características:

- Ser cubiertos por una o varias variables lo más simples posible.
- Ser costo-eficientes.
- Representar elementos claves descriptivos de la dinámica de las formaciones en cuestión.
- Ser fáciles de medir.
- Evitar la necesidad de instrumentos/técnicas/materiales u otro que sean requerido al momento de la medición.

Para cumplir con ello, se determinó que cada conglomerado independiente de su configuración espacial fuese caracterizado en forma general por variables que entreguen información sobre localización, tipo de uso y estado biológico (Cuadro 2), y específicos determinados por el componente biótico analizado.

Cuadro 2
VARIABLES GENERALES QUE CARACTERIZAN A CADA CONGLOMERADO

Variable	Descripción
Identificación de la Unidad	Identifica el número del Conglomerado al que pertenece y la brigada a cargo de los datos.
Coordenadas	Coordenadas en UTM Huso 19 S Datum WGS84 en el centro del conglomerado.
Fotografías	Una al GPS con el punto de campo y 4 en el siguiente orden de los puntos cardinales N-E-S-O (Formato 4:3).
Estado Evolutivo	Se describe el estado evolutivo dominante de la formación vegetal incluido en la muestra (primario, secundario, terciario).
Degradación General	Se considerará un esquema de descripción de degradación desde el punto de vista paisaje, de acuerdo a las siguientes categorías: Nulo; Bajo; Bajo-Medio; Medio; Medio-Alto; Alto.
Factor de intervención antrópica	Determinado a 1 km a la redonda del punto central, se categoriza el tipo de intervención del hombre sobre el ambiente: Agricultura; Caminos; Cacería; Incendios; Inmobiliario; Minería; Pastoreo; Plantaciones; Otros no especificados (Puede ser más de uno).
Grado de Intervención Antrópica	Determinado por las siguientes categorías a cada uno de los factores registrados: Nulo; Bajo; Bajo-Medio; Medio; Medio-Alto; Alto.
Obras Civiles	Se describe la presencia de obras civiles incluidas en y a 1 km a la redonda al punto de muestra, bajo las siguientes categorías: Carreteras y caminos; Cercos; Casas; Loteos; Minas; Embalses, Otros no especificados (Puede ser más de uno).
Agua	Se describe la presencia de cuerpos de agua en la muestra y su origen y tipo si es posible: Salares; Lagunas; Ríos; Embalses; Estero; Canal de regadío; Vertiente; Tranque; Vegas.

- Vegetación, Flora y Suelo

El siguiente protocolo de muestreo está diseñado para abarcar dos tipos generales de formaciones vegetales: 1) Tipo zonal dominada por especies leñosas o suculentas, con hábitos arbustivos o arbóreos o por hierbas perennes, y 2) Tipo azonal dominada por especies herbáceas, como vegas y bofedales.

- Protocolo Para Formaciones Zonales

El diseño de muestreo está considerado en base a tres parcelas rectangulares de 50 x 2 m, abarcando una superficie total de 300 m². Las parcelas son ubicadas en un radio de 10 m de distancia desde el punto de muestreo, siendo localizada la parcela 1 (P1) en el sentido Norte (0°) y las consiguientes P2 y P3 a 120° y 240° en sentido de las agujas del reloj, respectivamente (Figura 5).

En cada parcela de muestreo se registra la abundancia, cobertura (diámetro mayor y menor de la copa en cm) y altura (cm) de todas las especies leñosas presentes o herbáceas perennes dominantes.

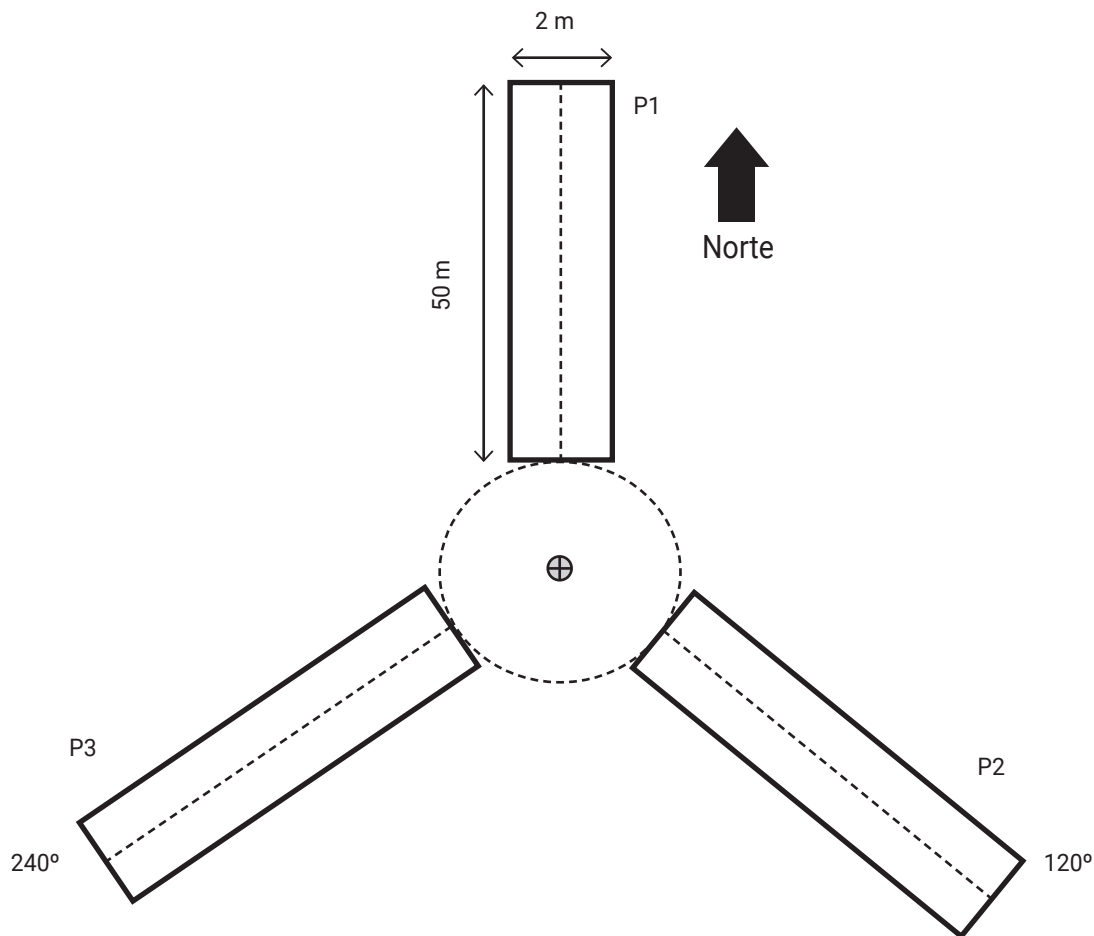


Figura 5
DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE LAS PARCELAS DE MUESTREO

La abundancia de hierbas acompañantes se estima mediante el método de *Point Quadrat*, utilizando un transecto longitudinal de 50 m en cada parcela y realizando la medición cada 50 cm de intercepción.

La intercepción con suelo abierto o desnudo, roca o arbusto también es registrada. En cada transecto se obtienen 100 mediciones. La cobertura total y específica de cada conglomerado, se obtiene promediando los valores de cada uno de los transectos.

- Protocolo para Formaciones Azonales de Vegas y Bofedales

El diseño de muestreo está establecido en base a tres transectos lineales de 10 m de largo. Utilizando el método *Point Quadrat*, se realiza una medición cada 10 cm en la línea de 10 m, identificándose el individuo interceptado a nivel de especie y obteniendo la altura total y vegetativa de cada uno (Figura 6).

La intersección con suelo abierto, roca o arbusto, debe ser de igual forma registrada. En total se obtendrán 100 mediciones en cada transecto. La cobertura total y específica de cada punto de muestreo, se obtendrá promediando los valores registrados en cada uno de los tres transectos.

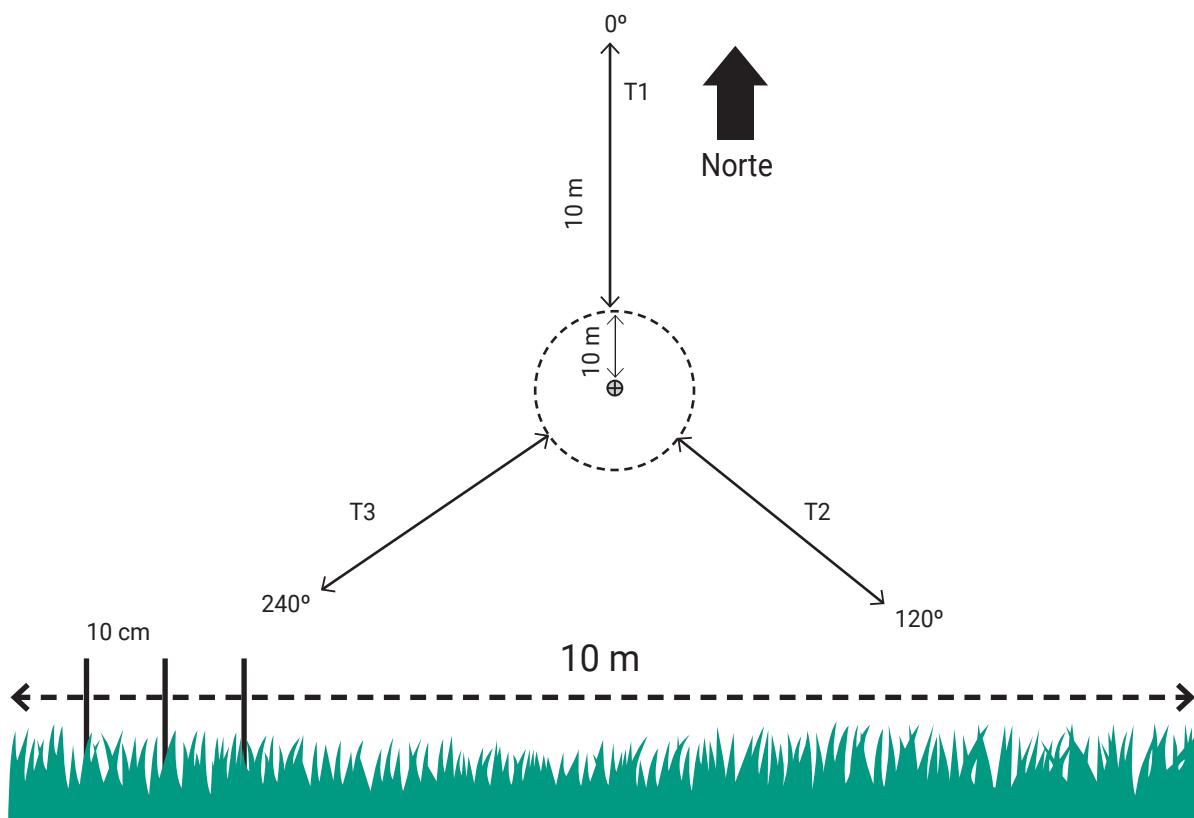


Figura 6
DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE LOS TRANSECTOS DE MUESTREO Y ESQUEMA
DEMOSTRATIVO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO POINT QUADRAT

Basado en los diseños antes descritos, se medirán y registrarán las siguientes variables sobre de cada individuo seleccionado (Cuadro 3).

Cuadro 3
VARIABLES A REGISTRAR EN CADA UNA DE LAS PARCELAS O TRANSECTOS DE LÍNEA

Variables	Descripción
Especie	Se debe registrar la especie a la que pertenece el individuo.
Diámetro de Copa	Se refiere al diámetro de la copa en los ejes mayor y menor (especies leñosas).
Largo gap (solo Point Quadrat)	Longitud de ocupación de la copa del individuo sobre el transecto de línea (hierbas).
Altura vegetativa	Medición de la altura máxima foliar.
Estado Sanitario	Enfermo o Dañado.
Agente Causante	Pastoreo; Insectos herbívoros; Insectos taladradores; Hongos; Viento; Incendio; Otros no especificado.
Intensidad del daño	Describe el grado de daño o enfermedad presentado por el individuo Estos son: Baja; Media; Alta; Severa.

- Protocolo para Flora

El registro de la flora de cada conglomerado se realiza tanto dentro como fuera de las parcelas o transectos de muestreo, teniendo como área de búsqueda 1 ha, utilizando como punto central la coordenada del Conglomerado (Figura 7). Las muestras recolectadas, serán inmediatamente dispuestas en una prensa con un identificador y su potencial nombre científico. Posterior a ello, en el laboratorio del herbario de la Universidad de La Serena, serán determinadas, fotografiadas y dispuestas si es necesario en los herbarios correspondientes.

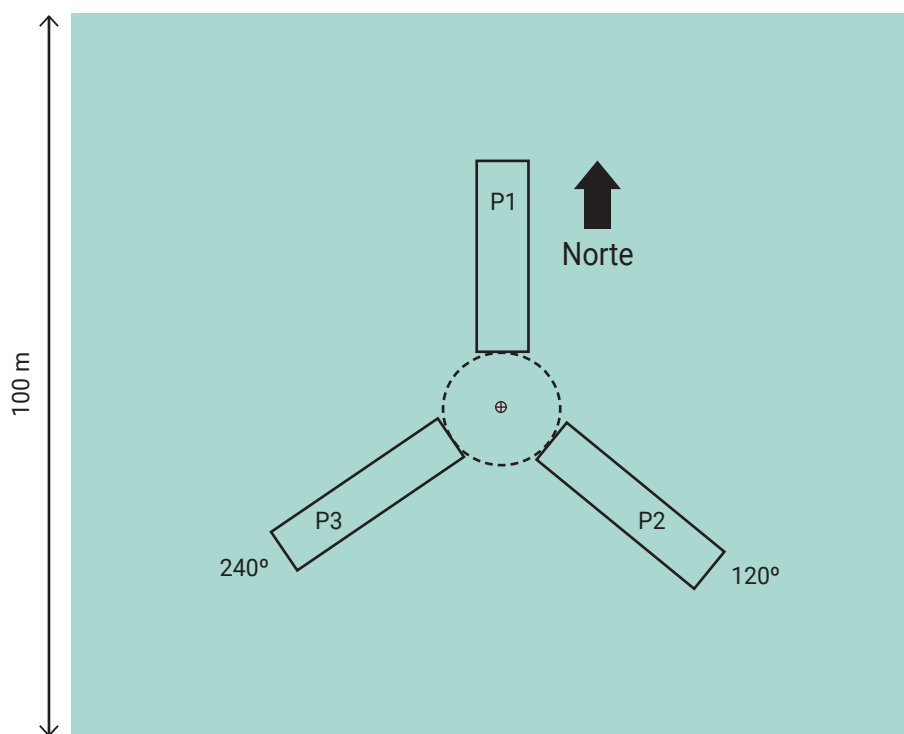


Figura 7
DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE BÚSQUEDA DE FLORA POR PUNTO DE MUESTREO

- Protocolo para Suelo

El componente es analizado dentro de las tres parcelas de cada unidad de muestreo. Cada variable es medida una vez y en un solo punto, en condiciones desprovistas de vegetación y bajo la copa de la especie con mayor dominancia (dato proporcionado por jefe de equipo).

De cada conglomerado se obtendrá una muestra compuesta de seis submuestras (dos de cada parcela) en cada condición (suelo abierto y bajo la especie dominante). Las muestras serán guardadas en bolsas para análisis físicos posteriores y en envases plásticos para análisis químicos posteriores.

Se debe identificar tanto las bolsas como los envases con el N° del Conglomerado, 1 (desprovista vegetación) o 2 (bajo especie dominante).

En el contexto del componente suelo se utilizarán las variables indicadas en Cuadro 4.

Cuadro 4
VARIABLES A REGISTRAR PARA EL COMPONENTE SUELO

Variables	Descripción
Test de Compactación	Aplicación por medio del penetrómetro.
pH o Reacción del Suelo	Mide la acidez o alcalinidad del suelo a través de la medición de la concentración del ión hidrógeno.
Color	Como aproximación a las características del suelo y su origen y madurez el color se clasificará por medio de la Tabla de Colores Munsell y que clasifica el color en base a 3 variables básicas Matiz, Brillo y Cromo.
Textura	Se clasificará la textura en las siguientes clases: Arenosa; Limosa; Arcillosa; Franca; y sus combinaciones.
Estructura	1 sin estructura, 2. Laminar, 3. Prismática, 4. En bloques, 5. Granular.
Pedregosidad	Proporción de piedras >10 cm sobre el suelo.
Rocosidad	Porcentaje de afloramiento rocosos.
Condición de Humedad	Tres condiciones básicas se aplicarán para esta variable: 1. Seco, 2. Húmedo y 3. Saturado.

- Fauna de Vertebrados

- Protocolo para Anfibios y Reptiles

En cada conglomerado se establecen y recorren cuatro transectos de 150 m de largo, cada uno separado por 25 m en dirección norte-sur (Figura 8). La prospección de las especies se lleva a cabo mediante relevamientos por encuentros visuales, capturas y/o registros fotográficos. La búsqueda se realiza entre 10:00 y 14:00 horas, y se utiliza el número máximo de individuos registrados por especie. La determinación de los reptiles sigue lo informado por Veloso y Navarro (1988), Núñez (1992), Labra *et al.* (2008) y Demangel (2016) y de anfibios por Veloso y Navarro (1988) y Labra *et al.* (2008).

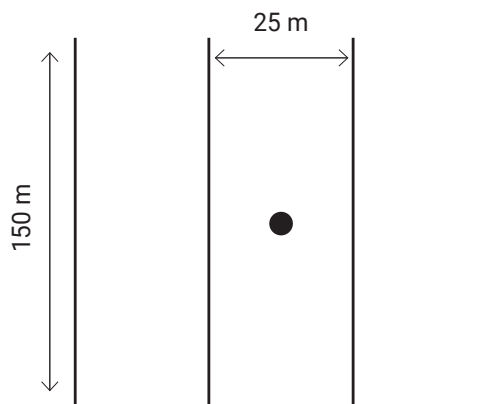


Figura 8
ESQUEMA DEL DISEÑO DE MUESTREO PARA ANFIBIOS Y REPTILES

- Protocolo para Aves

Los recuentos de aves se realizan durante las primeras horas de la mañana (8:00 – 10:00 horas) y al atardecer (17:00 – 19:00 horas) mediante cinco estaciones puntuales de acuerdo a lo descrito por Ralph *et al.* (1995) y Tellería (1986) (Figura 9).

Cada estación tiene un radio de 25 m y se cuentan todas las aves vistas y escuchadas durante 10 minutos por cada estación. Para la identificación y taxonomía de las especies se sigue lo informado por Barros *et al.* (2015), Jaramillo (2005) y Muñoz *et al.* (2004).

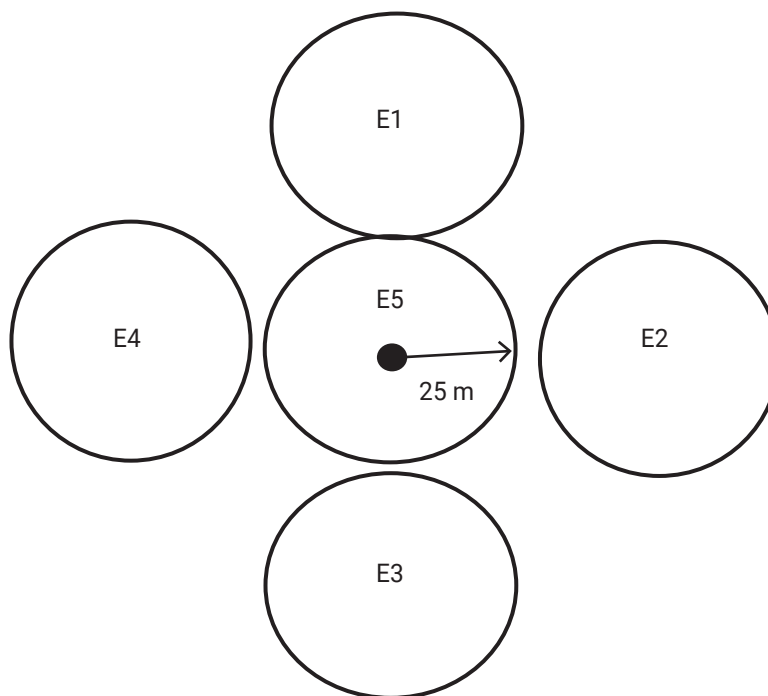


Figura 9
ESQUEMA DEL DISEÑO DE MUESTREO PARA AVES

- Protocolo para Micromamíferos

Para los registros de micromamíferos se utilizan trampas Sherman modelo estándar (75 x 85 x 240 mm), separadas cada 25 m (Figura 10). Las trampas se ubicarán en una grilla de 150 m, con un total de 29 trampas en el área de muestreo.

Las capturas se realizan durante tres noches por conglomerado, utilizando avena machacada como cebo. Las trampas son revisadas en la mañana y en la tarde.

Los animales capturados se identifican a nivel de especie, de acuerdo con lo informado por Iriarte (2008) y Muñoz y Yáñez (2009), además se obtienen registros del sexo y peso corporal de los especímenes capturados.

Para los registros de algunos micromamíferos (e.g. marsupiales, roedores) difíciles de observar se utiliza la metodología de reconocimiento de fecas, madrigueras, huesos en las fecas de carnívoros (e.g. *Lycalopex griseus*) y el análisis de egagrópilas de rapaces nocturnas.

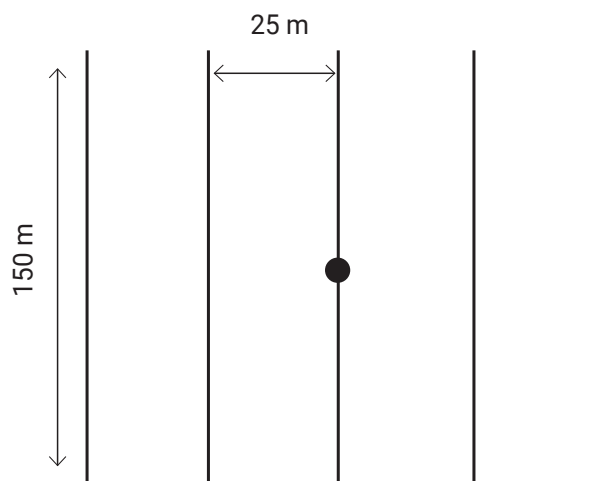


Figura 10
ESQUEMA DEL DISEÑO DE MUESTREO PARA MICROMAMÍFEROS

-Protocolo para Meso y Macromamíferos

Las prospecciones de meso y macro mamíferos se efectúan mediante avistamientos directos e indirectos (presencia de huellas, fecas) y fotografías obtenidas a partir de dos cámaras trampa localizadas a 212 m de distancias sobre vértices contrarios en el área de muestreo (Figura 11).

Debido a que los animales no serán marcados, solo se trabajará en base a información de presencia/ausencia.

Para la identificación taxonómica se sigue lo informado por Iriarte (2008), Iriarte y Jaksic (2012) y Muñoz y Yáñez (2009). En el caso de los macro mamíferos domesticados, se procederá a identificar y registrar el número de individuos presentes en los sitios de estudio.

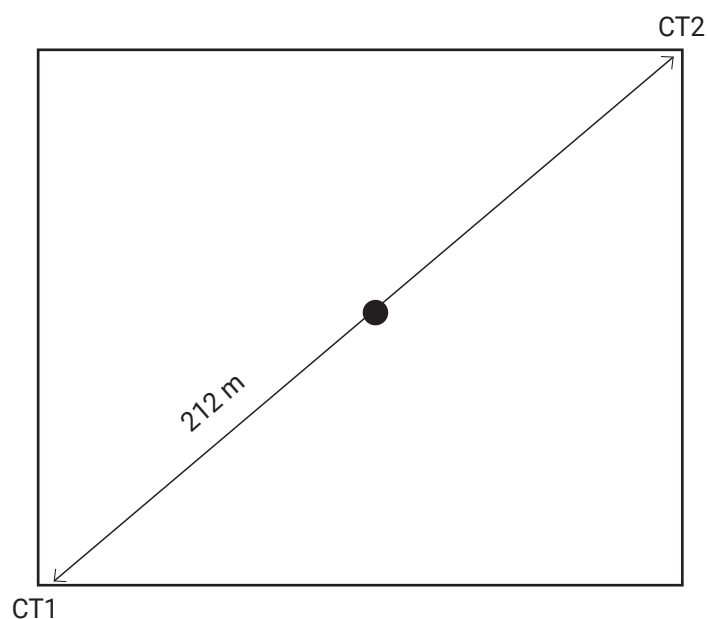


Figura 11
ESQUEMA DEL DISEÑO DE MUESTREO PARA MACRO MAMÍFEROS

- Artrópodos

El inventario de artrópodos se encuentra destinado principalmente a la identificación (presencia/ausencia) y abundancia relativa de especies pertenecientes a las clases *Insecta* y *Arachnida*, pero incluyendo además a los subfilos *Myriapoda* y *Crustacea* en ambientes terrestres. Se identifica a continuación un listado de los principales métodos de muestreo a utilizar para el inventario de artrópodos:

- Trampas de Luz

Consisten en una sábana o pieza de tela blanca dispuesta verticalmente, junto a la cual se coloca una fuente de luz que atrae a los insectos. Normalmente se usan tres puntos de luz, uno a cada lado de la sábana y un tercero más alto que se utiliza como atrayente a larga distancia. Corresponde a un método de muestreo más bien cualitativo, en donde el número de horas o cantidad de trampas por sitio permiten lograr un diseño semi-cuantitativo con fines comparativos (Ramírez, 2010).

- Trampas de Caída, Pitfall o Barber

Esta trampa se usa para hacer el muestreo de insectos que se encuentran en la superficie del suelo (ej. hormigas, coleópteros y micro himenópteros ápteros). Este tipo de trampas están principalmente dirigida al ensamble de artrópodos caminadores (Cepeda-Pizarro *et al.*, 2005a; 2005b).

Sin embargo, se ha documentado que en ecosistemas desérticos pueden realizar capturas representativas de especies de insectos voladores y fitófagos (Pietruszka 1980; Cepeda-Pizarro *et al.*, 2005a, 2005b). Cada trampa consiste en un dispositivo formado por dos vasos plásticos dispuestos uno dentro del otro, con el vaso interior de fácil remoción. Las dimensiones de ambos vasos son 7,4 y 7,6 cm de diámetro x 10,2 y 12,0 cm de alto, respectivamente (Figura 12). El vaso interior es llenado, hasta los dos tercios de su capacidad, con una mezcla de formalina (3%), glicerina y agua con detergente doméstico (30%), en una proporción de 3:1:6, respectivamente. Las trampas operan durante tres días.

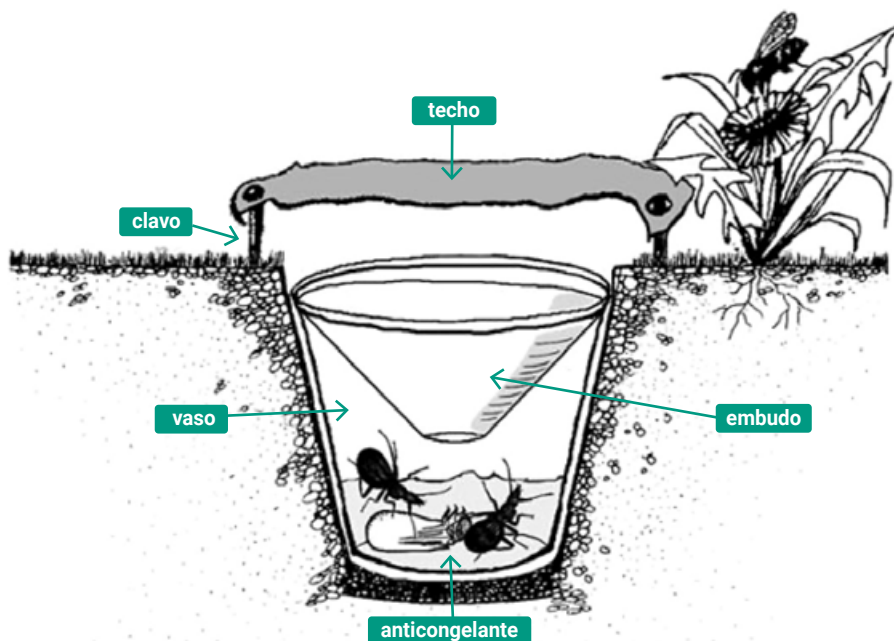


Figura 12
ESQUEMA TRAMPA DE CAÍDA PITFALL

- Manga Entomológica

Red utilizada principalmente para capturar insectos voladores (Figura 13).



Figura 13
EJEMPLO DE RED ENTOMOLÓGICA

- Muestreo con Luz UV

Este muestreo fue específico para la colecta de escorpiones (grupo informativo y representativo del ensamble de artrópodos terrestres). Siguiendo la metodología del muestreo manual se realizaron 4 transectos de 50 m en el sentido de los puntos cardinales con un total de 200 m, cronometrando cada 30 minutos (Caldas & Robbins, 2003).

Las colectas se enfocaron a 2 m de ancho a través del transecto utilizando linternas LED equipadas con luz ultravioleta (138 LED-UV) alimentadas con batería de 12 V. Todo el material colectado fue fijado en alcohol 80% y alcohol 96%.

- Muestreo con Luz Blanca

Este muestreo fue específico para la colecta de artrópodos voladores nocturnos (*Coleoptera*, *Lepidoptera*, *Neuroptera*) grupo representativo del ensamble de artrópodos terrestres de ecosistemas áridos y semi-áridos. Se utilizaron cuatro luces blancas de 100 W sobre dos sábanas blancas de 3x3 metros durante 3-4 horas. Todo el material atraído por la luz artificial fue colectado y fijado en alcohol 80%, alcohol 96% y sobres de papel.

Finalmente, el protocolo de muestreo de artrópodos se realizará de acuerdo al diagrama presentado a continuación (Figura 14).

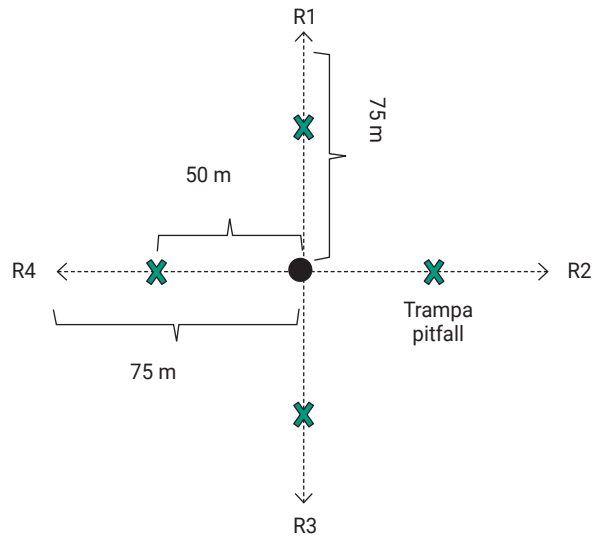


Figura 14
DIAGRAMA DEL DISEÑO DE MUESTREO PARA ARTRÓPODOS

Conservación de los Materiales Colectados

Todos los especímenes capturados a través de las distintas formas de colecta son retirados, limpiados y conservados en alcohol (e.g., insectos y miriápodos en 70%, crustáceos en 75%, arácnidos en 80%) hasta el momento de su procesamiento y determinación taxonómica (Figura 15). El material se encuentra depositado en la colección del Laboratorio de Entomología Ecológica de la Universidad de La Serena, La Serena, Chile (LEULS).



(A) Instalación de trampas de intercepción (pitfall traps) en Área Privada Protegida Estero Derecho, (B) Retiro, envasado y etiquetado de trampas de intercepción en Caleta Limarí, (C) Colectas con red entomológica en Área Privada Protegida Estero Derecho, (D) Colectas con luz blanca en Reserva Nacional Las Chinchillas.

Figura 15
METODOLOGÍAS DE MUESTREO DE ARTRÓPODOS TERRESTRES EN IFN-FASE 5

Determinación Taxonómica de los Materiales Colectados

La determinación taxonómica se realizó utilizando claves taxonómicas y comparación con material depositado en la colección del LEULS.

Algunos taxones (por ejemplo, *Araneae*, *Collembola*, *Diptera*, *Hemiptera*, *Hymenoptera*) se identificaron taxonómicamente solo a nivel de morfotipo / familia debido al escaso conocimiento taxonómico de estos grupos.

Para la nomenclatura de la taxa se siguió a los siguientes autores:

Arachnida, Araneae: Platnick & Shadab (1982), Coyle (1986), Goloboff (1995), Huber (2000), Ramírez (2003), Platnick et al. (2005), Brescovit & Sánchez-Ruiz (2016) y Magalhaes et al. (2017).

Solifugae: Kraus (1966), Muma (1971), y Maury (1987).

Scorpiones: Ojanguren-Affilastro (2002, 2005), Mattoni & Acosta (2006), Ojanguren-Affilastro & Ramírez (2009), Ojanguren-Affilastro & Kovarik (2013) y Ojanguren-Affilastro et al. (2016, 2020).

Insecta: Kulzer (1959), Peña (1994), Elgueta & Rojas (2000), Roig-Juñent & Domínguez (2001), Elgueta & Marvaldi (2006), González (2006), Vidal & Guerrero (2007), Montalva & Ruz (2010), Melo & Faúndez (2011), Flores & Pizarro-Araya (2012, 2014, in rev), Moore & Vidal (2013), Solervicens (2014), Barriga-Tuñón (2021), Cigliano et al. (2021), Packer (2021).

Base de Datos

Los datos obtenidos en terreno se integraron en un archivo Excel para cada uno de los métodos de muestreo y ubicación geográfica.

Estimación de la Riqueza y Abundancia de la Fauna de Artrópodos Terrestres

A partir de los muestreos en cada uno de los conglomerados descritos se estimó para cada uno de ellos la abundancia y riqueza.

La abundancia corresponde al número total de individuos colectados, la riqueza corresponde al número total de especies identificadas para la fauna de artrópodos terrestres (Magurran, 2004).

Se entiende como especie al taxón de mayor resolución taxonómica posible de identificar. Ambos parámetros fueron estimados para cada uno de los conglomerados y para cada una de las metodologías de colecta (ver base de datos digital adjunta).

RESULTADOS

La campaña de terreno en la región de Coquimbo se realizó entre el 23 de noviembre y el 2 de diciembre de 2020. Todos los muestreos de artrópodos terrestres planificados se realizaron con éxito, cumpliendo con el muestreo de los 25 conglomerados (Figura 16).

Debido a que no se tuvo acceso para trabajar en Parque Nacional Bosque Fray Jorge se seleccionaron en terreno conglomerados cercanos esta área del SNASPE.

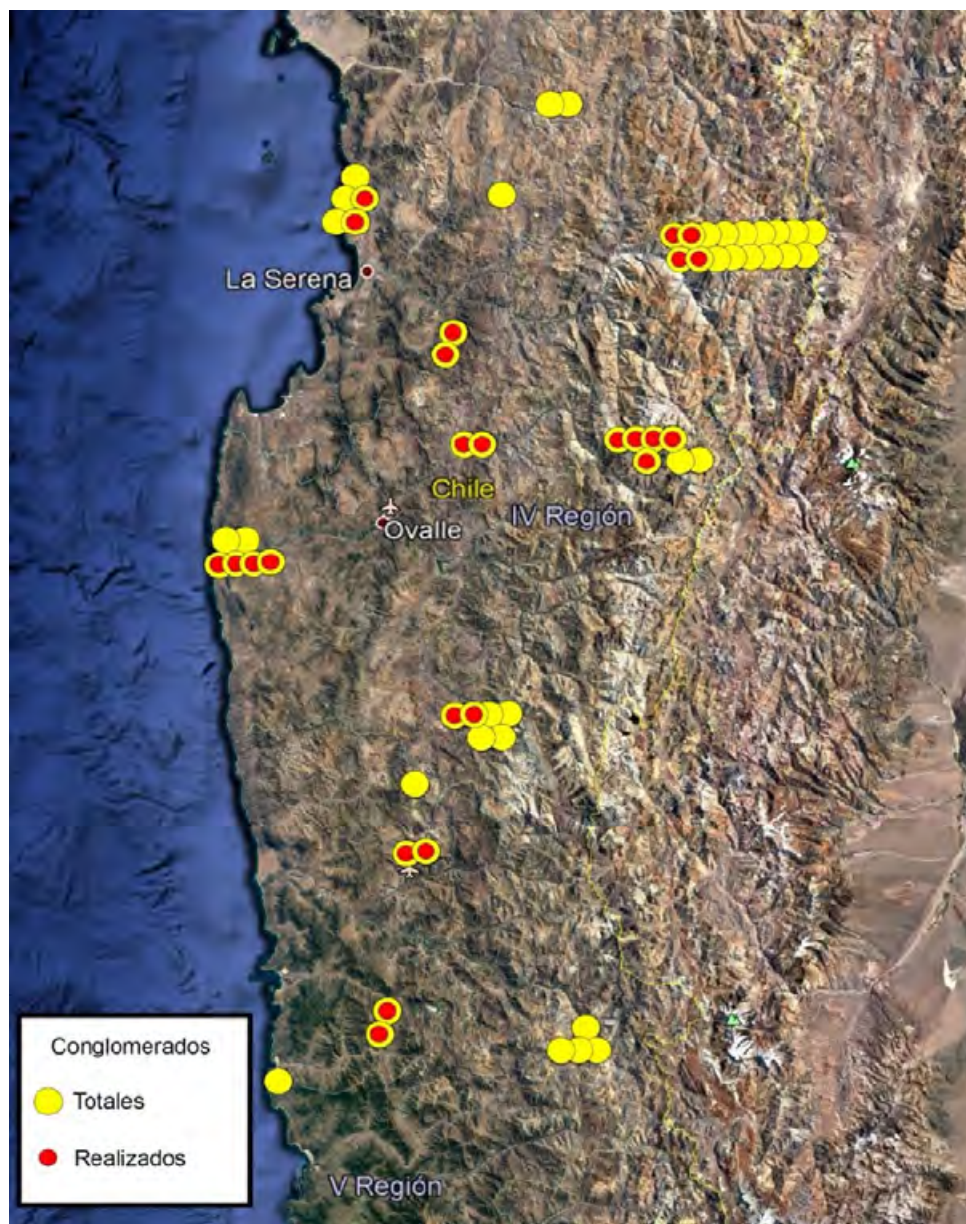


Figura 16
LOCALIZACIÓN DE CONGLOMERADOS REALIZADOS EN LA REGIÓN DE COQUIMBO-FASE 5

Identificación de Conglomerados

En cada uno de los conglomerados se instaló un testigo (manguera plástica) con el número identificador de cada conglomerado. Adicionalmente se tomaron fotografías panorámicas de cada conglomerado, según formato SIMEF (2017-2019) (Anexos 1 a 3). Como puede observarse en los anexos, se muestrearon conglomerados muy diferentes en términos del hábitat, desde áreas dominadas por matorral xerofítico de altura hasta zonas de matorral esclerófilo.

Abundancia y Riqueza de Artrópodos Terrestres

Se colectó un total de 9.449 individuos los cuales estuvieron representados por 677 especies pertenecientes a 162 familias, 24 órdenes y tres clases. Estas fueron *Arachnida*, *Malacostraca* e *Insecta* (Cuadro 5). Los insectos fueron el grupo más abundante y diverso con 7.344 individuos y 561 especies, mientras que los no-*Insecta* (*Arachnida* y *Malacostraca*) estuvieron representados por 2.105 individuos y 116 especies.

Cuadro 5
ABUNDANCIA Y RIQUEZA DE ARTRÓPODOS TERRESTRES PARA DIFERENTES METODOLOGÍAS DE
COLECTA EN DISTINTOS CONGLOMERADOS DE LA REGIÓN DE COQUIMBO (CHILE)

ID Conglomerado	Total		Pitfall trap		Manual		Luz blanca		UV	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
40525	410	40	401	35	9	5	0	0	0	0
40581	302	24	302	24	0	0	0	0	0	0
40862	112	40	35	14	77	26	0	0	0	0
40916	191	61	83	28	108	36	0	0	0	0
40656	221	28	203	25	18	4	0	0	0	0
40657	106	20	106	20	0	0	0	0	0	0
40712	245	27	227	23	18	4	0	0	0	0
40713	237	35	237	35	0	0	0	0	1	1
41140	178	65	19	4	159	61	0	0	0	0
41141	50	10	36	7	14	3	0	0	0	0
41142	60	27	15	6	18	9	27	12	0	0
41143	50	15	19	7	31	8	0	0	0	0
41195	162	26	33	11	35	14	0	0	94	2
41131	268	70	206	38	62	32	0	0	0	0
41132	227	24	227	24	0	0	0	0	0	0
41381	646	57	605	49	34	6	0	0	7	3
41382	438	69	275	35	39	17	52	14	72	3
41383	499	48	499	48	0	0	0	0	0	0

ID Conglomerado	Total		Pitfall trap		Manual		Luz blanca		UV	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
41384	814	57	794	52	20	5	0	0	0	0
41751	805	57	804	56	1	1	0	0	0	0
41752	195	48	195	48	0	0	0	0	0	0
42042	1572	163	953	63	153	59	466	49	0	0
42043	805	92	804	91	1	1	0	0	0	0
42392	528	79	528	79	0	0	0	0	1	1
42443	328	69	328	69	0	0	0	0	0	0
Total	9.449	677	7.934	413	797	230	545	75	175	6

N: Abundancia, S: Riqueza.

Las diferentes metodologías de muestreo utilizadas mostraron diferentes eficiencias de muestreo. La mayor abundancia y riqueza de artrópodos se observó a partir de las metodologías *pitfall traps* y manual (Figura 17). Sin embargo, metodologías como luz blanca y UV fueron técnicas que permitieron registrar especies raras y únicas dentro del presente inventario.

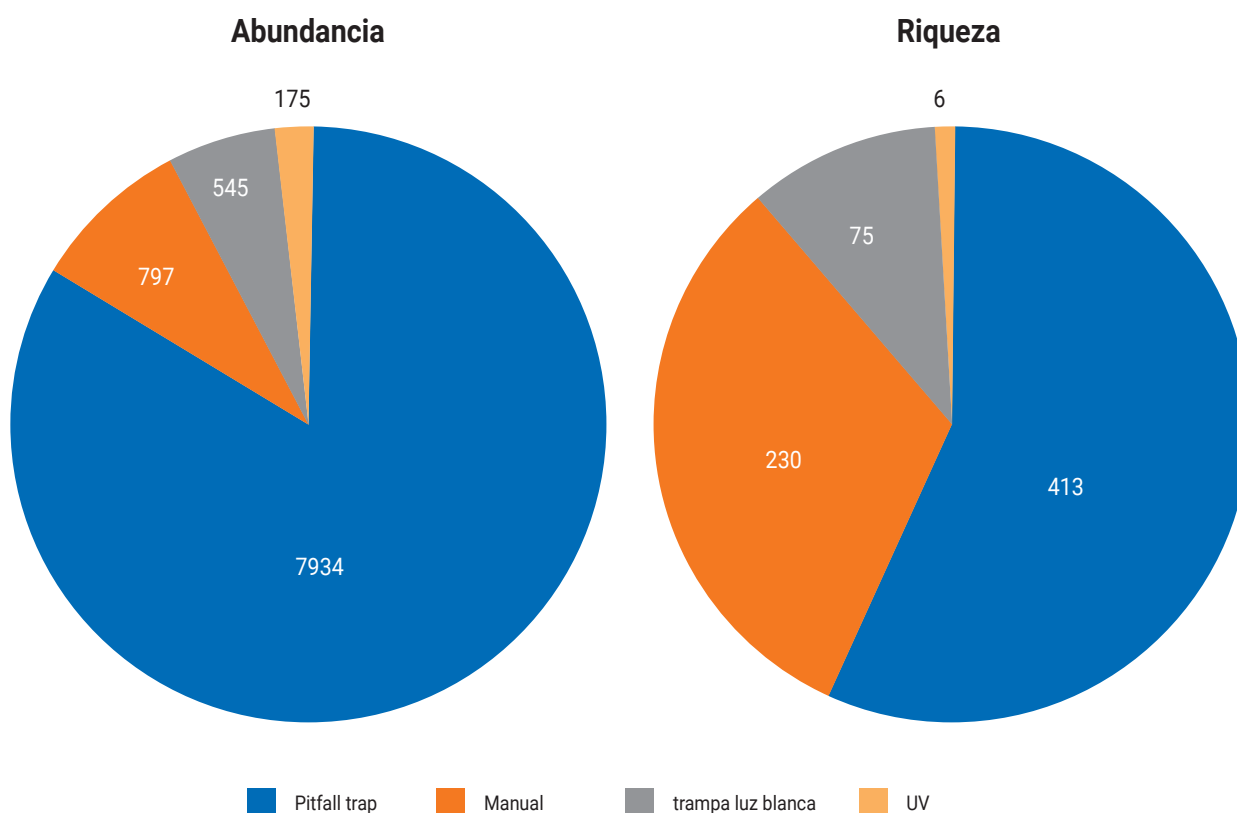


Figura 17
VALORES DE ABUNDANCIA Y RIQUEZA DE ARTRÓPODOS TERRESTRES SEGÚN
DIFERENTES METODOLOGÍAS DE MUESTREO

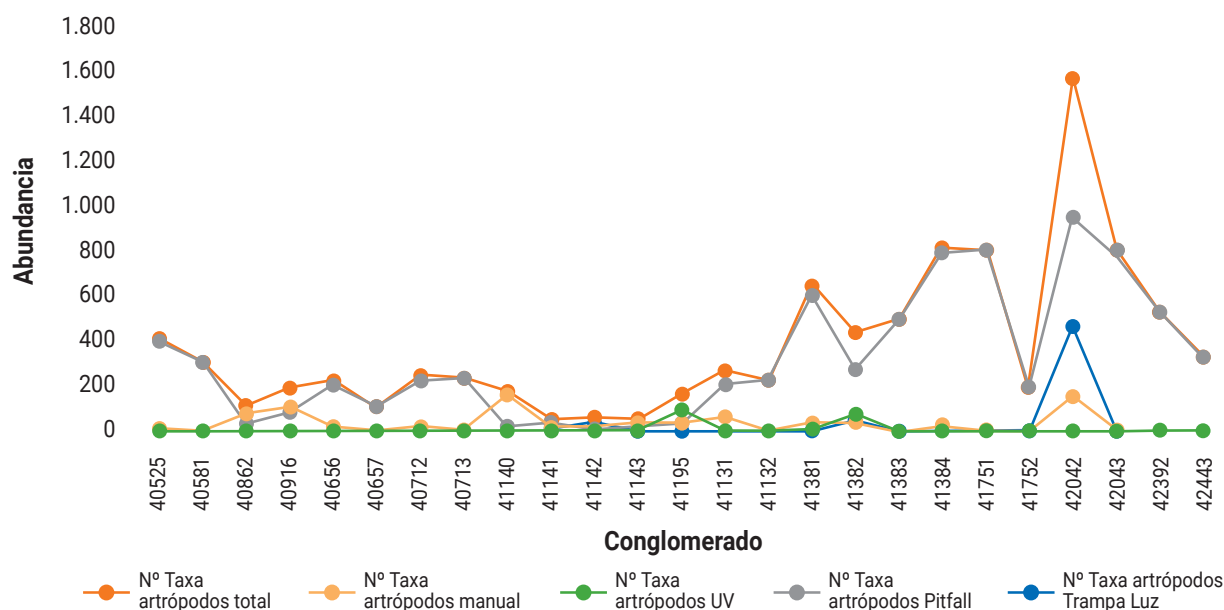


Figura 18
NIVELES DE ABUNDANCIA DE ARTRÓPODOS TERRESTRES SEGÚN DIFERENTES
METODOLOGÍAS DE MUESTREO Y CONGLOMERADO

A nivel de áreas de muestreo y niveles de abundancia de individuos registrados, el conglomerado 42042 ubicado a 13 km al noreste de Illapel, presentó un total de 1.572 individuos, con trampas pitfall y muestreo con trampas de luz como los métodos que lograron captar la mayor cantidad de especímenes. Otros conglomerados con gran abundancia de individuos corresponden a los conglomerados 41384 ubicado a 33 km al sureste de Ovalle y el 41751 ubicado al noreste de Combarbalá, ambos con el método de trampas pitfall con la mayor cantidad de registros (Figura 18).

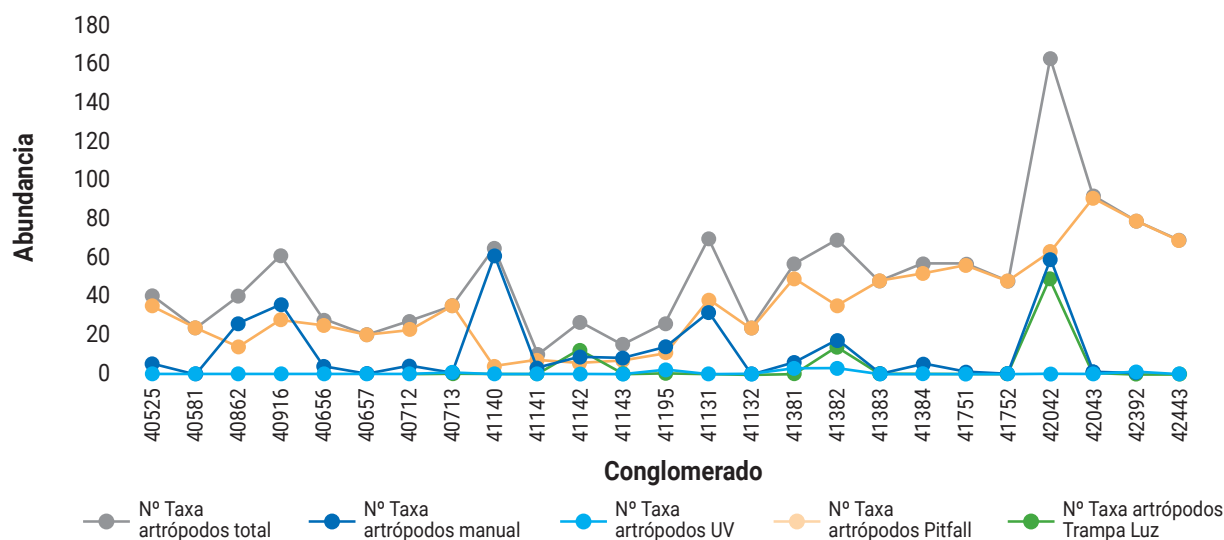


Figura 19
NIVELES DE RIQUEZA DE ARTRÓPODOS TERRESTRES SEGÚN DIFERENTES
METODOLOGÍAS DE MUESTREO Y CONGLOMERADO

En cuanto a los niveles de riqueza en las áreas muestreadas, el conglomerado 42042 es el que presenta el mayor número de especies de artrópodos, con un total de 63 en total. Otros conglomerados con altos niveles de riqueza son 40916, 41140, 41131 y 41382. Los métodos más exitosos para determinar riquezas corresponden a las trampas pitfall, seguido de las colectas manuales (Figura 19).

Principales Hallazgos y Nuevas Especies

Se registraron 11 especies nuevas para la ciencia. Estas fueron: *Andocaeculus* n. sp. 1, *Andocaeculus* n. sp. 2, *Andocaeculus* n. sp. 3 (Acari: *Caeculidae*), *Bothriurus* n. sp., *Brachistosternus* n. sp. (Scorpiones: *Bothriuridae*), *Mummucidae* n. sp. 1 (Solifugae: *Mummucidae*), *Pseudocleobis* n. sp. 1, *Pseudocleobis* n. sp. 2 (Solifugae: *Ammotrechidae*), *Arrayanaria* n. sp. 1, *Idialcis* n. sp. 1 (Lepidoptera: *Geometridae*) y *Ommexechidae* n. sp. 1 (Orthoptera: *Ommexechidae*). Actualmente, dichas especies están siendo evaluadas en detalle, incluyendo las descripciones taxonómicas respectivas para su posterior publicación en revistas especializadas (Figuras 20 y 21).

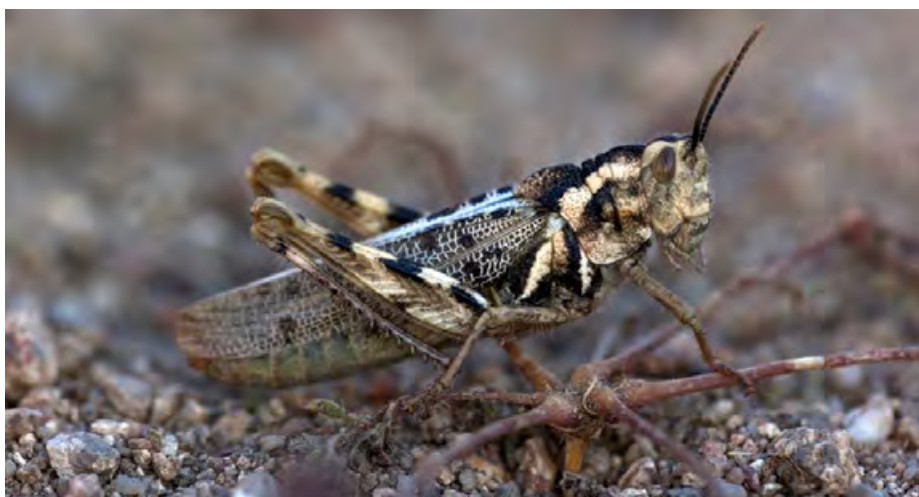


Figura 20
ESPECIE NUEVA DE ORDEN ORTHOPTERA DE LA CLASE DE LOS INSECTOS



Figura 21
ESPECIE NUEVA DEL GÉNERO BOTHRIURUS DE LA CLASE DE LOS ARÁCNIDOS

REFERENCIAS

Barriga-Tuñón, J.E. 2021. Coleoptera Neotropical. Disponible en: <http://www.coleoptera-neotropical.org/> (último acceso: 23 de diciembre de 2021).

Barros, R.; Jaramillo, A.; Schmitt, F. 2015. Lista de Aves de Chile 2014. La Chiricoca, 20: 80-100.

Bassett, S. & Edwards, T. 2003. Effect of different sampling schemes on the spatial placement of conservation reserves in Utah, USA. Biological Conservation, 113: 141-151.

Brescovit, A.D. & Sánchez-Ruiz, A. 2016. Descriptions of two new genera of the spider family Caponiidae (Arachnida, Araneae) and an update of Tisentnops and Taintnops from Brazil and Chile. ZooKeys 622: 47-84.

Caldas, A. & Robbins R.K. 2003. Modified Pollard transects for assessing tropical butterfly abundance and diversity. Biological Conservation 110: 211-219.

Cepeda-Pizarro, J.; Pizarro-Araya, J.; Vásquez, H. 2005a. Composición y abundancia de artrópodos epigeos del Parque Nacional Llanos de Challe: impactos del ENOS de 1997 y efectos del hábitat pedológico. Revista Chilena de Historia Natural, 78: 635-650.

Cepeda-Pizarro, J.; Pizarro-Araya, J.; Vásquez, H. 2005b. Variación en la abundancia de Arthropoda en un transecto latitudinal del desierto costero transicional de Chile, con énfasis en los Tenebriónidos epigeos. Revista Chilena de Historia Natural, 78: 651-663.

Christaller, W. 1966. Central Places in Southern Germany. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. p. 230.

Cigliano, M.M.; Braun, H.; Eades D.C. & Otte, D. 2021. Orthoptera Species File. Version 5.0/5.0. Disponible en: <<http://Orthoptera.SpeciesFile.org>>. (último acceso: 23 diciembre 2021).

Coyle, F.A. 1986. Chilehexops, a new funnelweb mygalomorph spider genus from Chile (Araneae, Dipluridae). American Museum Novitates 2860: 1-10.

Demangel, D. 2016. Reptiles en Chile. Fauna Nativa Ediciones, Santiago, Chile. p. 619.

Elgueta, M. & Rojas, F. 2000. Hymenoptera de Chile. En: Martín-Piera, F., J.J. Morrone & A. Melic (eds.). Hacia un proyecto Cyted para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: Pribes-2000, pp. 245-251. Monografías Tercer Milenio, Zaragoza

Elgueta, M. & Marvaldi, A.E. 2006. Lista sistemática de las especies de Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) presentes en Chile, con su sinonimia. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 55: 113-153.

Flores, G.E. & Pizarro-Araya, J. 2012. Systematic revision of the South American genus *Praocis* Eschscholtz, 1829 (Coleoptera: Tenebrionidae). Part 1: Introduction and subgenus *Praocis* s. str. Zootaxa 3336: 1-35.

Flores, G.E. & Pizarro-Araya, J. 2014. Towards a revision of the South American genus *Praocis* Eschscholtz (Coleoptera: Tenebrionidae), with estimation of the diversity of each subgenus. ZooKeys 415: 53-80.

Flores, G.E. & Pizarro-Araya, J. En Rev. Morphology of sensilla on foretibia, fossorial adaptations and revision of the subgenus *Praocis* (*Mesopraocis*) (Coleoptera: Tenebrionidae: Pimeliinae). ZooKeys.

Goloboff, P.A. 1995. A revision of the South American spiders of the family Nemesiidae (Araneae, Mygalomorphae). Part I: species from Perú, Chile, Argentina, and Uruguay. Bulletin of the American Museum of Natural History 224: 1-189.

González, G. 2006. Los Coccinellidae de Chile [online]. Disponible en: <http://www.coccinellidae.cl/pagunasWebChile/Inicio.php> (último acceso: 23 diciembre 2021).

Haila, Y. & Margules, C. R. 1996. Survey research in conservation biology. *Ecography*. 19:323-331.

Holling, C. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: 1-23.

Kraus, O. 1966. Solifugen aus Chile (Arachnida). *Senckenbergiana Biologica* 47: 181-184.

Huber, B.A. 2000. New world pholcid spiders (Araneae: Pholcidae): A revision at generic level. Bulletin of the American Museum of Natural History 254: 4-348.

Iriarte, A. 2008. Mamíferos de Chile. Lynx Ediciones. Barcelona, España. p. 424.

Iriarte, A. & Jaksic, F., 2012. Los Carnívoros de Chile. Ediciones Flora & Fauna y CASEB, P.U. Católica de Chile. Santiago, Chile. p. 260.

Jaramillo, A. 2005. Aves de Chile. Lynx Ediciones. Barcelona, España. p. 240.

Jurasinski, G. & Beierkuhnlein, C. 2006. Spatial patterns of biodiversity-assessing vegetation using hexagonal grids. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 106B: 401–411.

Kulzer, H. 1959. Neue Tenebrioniden aus Südamerika (Col). (18. Beitrag zur Kenntnis der Tenebrioniden). 3. Verschiedene Neue Arten. *Entomologische Arbeiten aus dem Museum Georg Frey* 10: 523-567.

Magalhaes, I.L.F.; Brescovit, A.D. & Santos, A.J.. 2017. Phylogeny of Sicariidae spiders (Araneae: Haplogynae), with a monograph on Neotropical *Sicarius*. *Zoological Journal of the Linnean Society* 179: 767-864.

Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell, Oxford, United Kingdom.

Mattoni, C. I. & Acosta, L. E. 2006. Systematics and distribution of three *Bothriurus* species (Scorpiones, Bothriuridae) from central and northern Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 41: 235-250.

Maury, E.A. 1987. Consideraciones sobre algunos solífugos de Chile (Solifugae: Ammotrechidae, Daesiidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 44: 419-432.

Melo, M.C. & Faúndez, E.I. 2011. Synopsis of the genus *Empicoris* (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae) in Chile. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae* 51 (1): 11-20.

Montalva, J. & Ruz, L. 2010. Actualización de la lista sistemática de las abejas chilenas (Hymenoptera: Apoidea). *Revista Chilena de Entomología* 35: 15-52.

- Moore, T. & Vidal, P. 2013.** Los bupréstidos de Chile. Ediciones Universidad Católica, Santiago, Chile. 398 pp.
- Muma, M.H. 1971.** The Solpugids (Arachnida, Solpugida) of Chile, with descriptions of a new family, new genera, and new species. American Museum Novitates 2476: 1-23.
- Muñoz, A. & Yáñez, J. 2009.** Mamíferos de Chile. Ediciones CEA. Valdivia, Chile.
- Muñoz, A.; Rau, J.; Yáñez, J. 2004.** Aves Rapaces de Chile. Ediciones CEA, Valdivia, Chile.
- Núñez, H., 1992.** Geographical data of Chilean Lizards and Snakes in Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile. Smithsonian Herpetological Information Service N° 91.
- Ojanguren-Affilastro, A.A. 2002.** Nuevos aportes al conocimiento del género *Brachistosternus* en Chile, con la descripción de dos nuevas especies (Scorpiones, Bothriuridae). Boletín de la Sociedad Biológica de Concepción (Chile) 73: 37-46.
- Ojanguren-Affilastro, A.A. 2005.** Notes on the genus *Brachistosternus* (Scorpiones, Bothriuridae) in Chile, with the description of two new species. Journal of Arachnology 33: 175-192.
- Ojanguren-Affilastro, A.A. & Mattoni, C.I. 2006.** A new species of *Brachistosternus* from Chilean central Andes (Scorpiones: Bothriuridae). Studies on Neotropical Fauna and Environment 41: 79-85.
- Ojanguren-Affilastro, A.A. & Ramirez, M.J. 2009.** Phylogenetic analysis of the scorpion genus *Brachistosternus* (Arachnida, Scorpiones, Bothriuridae). Zoologica Scripta 38: 183-198.
- Ojanguren-Affilastro, A.A. & Kovarik, F. 2013.** Bothriuridae. En: Kovarik, F. & A.A. Ojanguren-Affilastro (eds.). Illustrated catalog of scorpions. Part II. Bothriuridae; Chaerilidae; Buthidae I., genera *Compsobuthus*, *Hottentotta*, *Isometrus*, *Lychas*, and *Sassanidotus*. pp. 6-130. Jakub Rolčík Publisher, Czech Republic.
- Ojanguren-Affilastro, A.A., Ramírez, M.J. & Pizarro-Araya, J. 2020.** Phylogenetic analysis of the winter and southernmost scorpion genus *Urophonius* Pocock, 1893 (Bothriuridae), with the description of two new Patagonian species. Zoologischer Anzeiger 289: 50-66.
- Ojanguren-Affilastro, A.A.; Mattoni, C.I.; Ochoa, J.A.; Ramírez, M.J.; Ceccarelli, F.S. & Prendini, L. 2016.** Phylogeny, species delimitation and convergence in the South American bothriurid scorpion genus *Brachistosternus* Pocock 1893: Integrating morphology, nuclear and mitochondrial DNA. Molecular Phylogenetics and Evolution 94: 159-170.
- Packer, L. 2021.** Bee Genera of Chile. Disponible en: <https://www.yorku.ca/bugsrus/resources/galleries/bgoc> (último acceso: 12 de marzo de 2021).
- Peña, L.E. 1994.** Nuevas especies de Tenebrionidae (Insecta-Coleoptera) de la Región Neotropical. Gayana Zoología (Chile) 58: 151-168
- Pietruszka, R. D. 1980.** Observations on seasonal variation in desert arthropods in central Nevada. Great Basin Naturalist, 40: 292-297.
- Platnick, N.I. & Shadab, M. 1982.** A revision of the American spiders of the genus *Camillina* (Araneae, Gnaphosidae). American Museum Novitates 2748: 1-38.

Platnick, N.I.; Shadab, M.U. & Sorkin, L.N. 2005. On the Chilean spiders of the family Prodidomidae (Araneae, Gnaphosoidea) with a revision of the genus *Moreno Mello-Leitão*. *American Museum Novitates* 3499: 1-31.

Polasky, S.; Camm, J.D.; Solow, A.R.; Csuti, B.; White, D.; Ding, R. 2000. Choosing reserve networks with incomplete species information. *Biological Conservation*, 94, pp. 1-10

Ramírez, M.J. 2003. The spider subfamily Amaurobioidinae (Araneae, Anyphaenidae): A phylogenetic revision at the generic level. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 277: 1-262.

Ramírez, A. 2010. Capítulo 2. Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58: 41-50.

Ralph, C. J.; Sauer, J. R.; Droege, S. (eds.). 1995. Monitoring bird populations by point counts. Reporte técnico general PSW-GTR-149. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Albany, California. p. 187.

Roig-Juñent, S. & Domínguez, M.C. 2001. Diversidad de la familia Carabidae (Coleoptera) en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 549-571.

Sahr, K.; White, D.; Kimerling, A.J. 2003. Geodesic discrete global grid systems. *Cartography and Geographic Information Science*, 30: 121-134.

Solervicens, J. 2014. Coleópteros de la Reserva Nacional Río Clarillo en Chile central: taxonomía, biología y biogeografía. *Corporación Nacional Forestal*. 478 pp.

Spence, M.; White, D. 1992. EMAP sampling grid technical report. Corvallis, OR: ManTech Environmental Technology, Inc.; U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory. p. 64.

Tellería, J. 1986. Manual para el Censo de los Vertebrados Terrestres. Editorial Raíces. Madrid. p. 278.

Turner, W. R.; Brandon, K.; Brooks, T. M.; Gascon, C.; Gibbs, K.; Russell, H. K.; Mittermeier, L. A.; Selig, E.R. 2012. The Potential, Realised and Essential Ecosystem Service Benefits of Biodiversity Conservation. En: *Biodiversity Conservation and Poverty Alleviation: Exploring the Evidence for a Link*. Cooper, W.; Roe, D.; Elliott, J.; Sandbrook, C. y Walpole, M. (eds.).

Veloso, A. & Navarro, J. 1988. Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali*. Torino, 6: 481-539.

Labra, A.; Vidal, M. A.; Solís, R. y Penna, M. 2008. Ecofisiología de anfibios y reptiles. En: *Herpetología de Chile*. Science Verlag, Chile. p. 594.

Vidal, P. & Guerrero, M. 2007. Los Tenebriónidos de Chile. 1a edición. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 480 pp.

White, D.; Kimerling, A. J.; Overton, W. S. 1992. Cartographic and geometric components of a global sampling design for environmental monitoring. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19: 5-22.

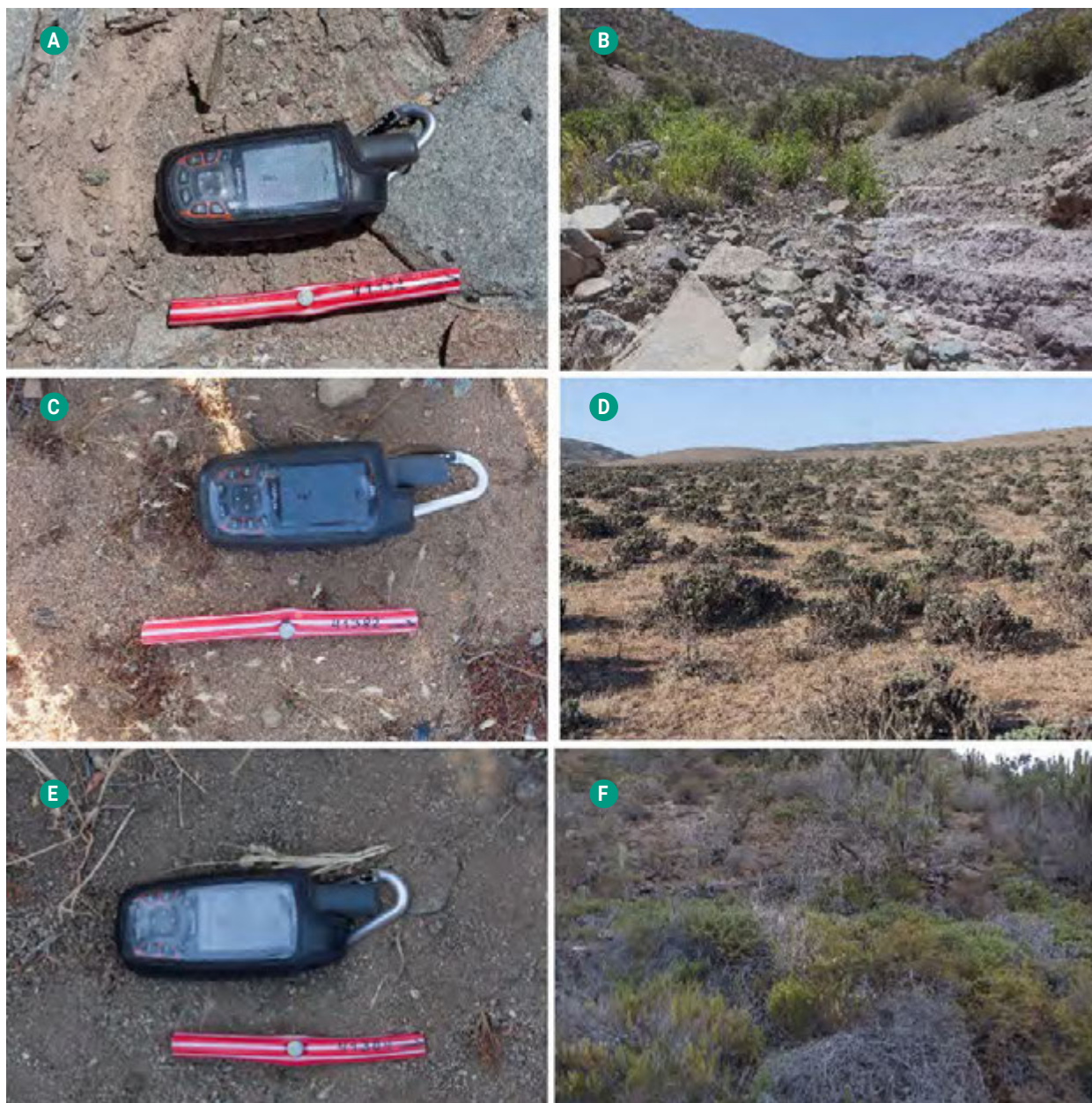
APÉNDICES

APÉNDICE 1. Conglomerados Ubicados en Provincia del Elqui (Región de Coquimbo)



(A) Instalación de testigo en conglomerado 40525 (Juan Soldado), (B) Vista panorámica del conglomerado 40525, (C) Instalación de testigo en conglomerado 40916 (Arrayán), (D) Vista panorámica del conglomerado 40916, (E) Instalación de testigo en conglomerado 41143 (APP Estero Derecho), (F) Vista panorámica del conglomerado 41143.

APÉNDICE 2. Conglomerados Ubicados en Provincia del Limarí (Región de Coquimbo)



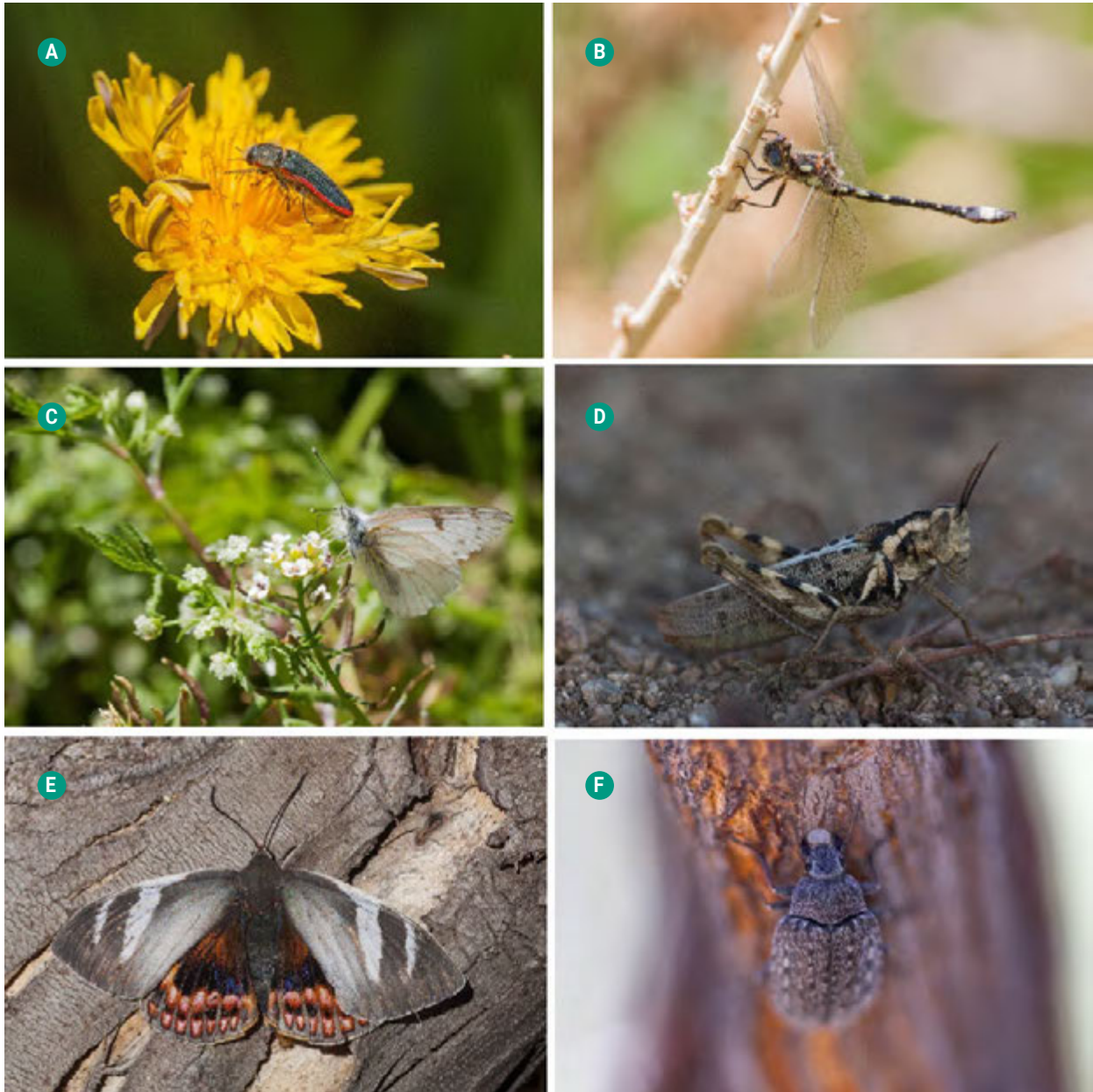
(A) Instalación de testigo en conglomerado 41132 (Monumento Natural Pichasca), (B) Vista panorámica del conglomerado 41132, (C) Instalación de testigo en conglomerado 41382 (Caleta Limarí), (D) Vista panorámica del conglomerado 41382, (E) Instalación de testigo en conglomerado 41384 (Caleta Limarí), (F) Vista panorámica del conglomerado 41384.

APÉNDICE 3. Conglomerados Ubicados en Provincia del Choapa (Región de Coquimbo)



(A) Instalación de testigo en conglomerado 42042 (Reserva Nacional Las Chinchillas), (B) Vista panorámica del conglomerado 42042, (C) Instalación de testigo en conglomerado 42043 (RN Las Chinchillas), (D) Vista panorámica del conglomerado 42043, (E) Instalación de testigo en conglomerado 42392 (Culimo), (F) Vista panorámica del conglomerado.

APÉNDICE 4. Fotografías de Artrópodos Registrados en los Sitios de Estudio (conglomerados)



(A) Vista lateral de un adulto de *Lasionota (Nelsonozodes) picta* (Gory & Laporte, 1839) (Coleoptera: Buprestidae) en APP Estero Derecho, (B) Vista lateral de un adulto de Gomphidae (Odonata) en APP Estero Derecho, (C) Vista lateral de *Tatochila mercedis mercedis* (Eschscholtz, 1821) (Lepidoptera: Pieridae) en APP Estero Derecho, (D) Vista lateral de un adulto no identificado de Romaleidae (Orthoptera) en APP Estero Derecho, (E) Vista dorsal de un adulto de *Castnia eudemia* (Gray, 1838) (Lepidoptera: Castniidae) en Reserva Nacional Las Chinchillas, (F) Vista dorsal de *Nyctopetus* sp. (Coleoptera: Tenebrionidae) en Reserva Nacional Las Chinchillas.



(A) Vista lateral de *Gyriosomus granocostatus* Fairmaire, 1886 (Coleoptera: Tenebrionidae) en Reserva Nacional Las Chinchillas, (B) Vista lateral de *Bothriurus* aff. *coriaceus* (Scorpiones: *Bothriuridae*) en APP Estero Derecho, (C) Vista lateral de un adulto de *Gomphidae* (Odonata) en APP Estero Derecho.

Referencias

Eschscholtz, F. 1921. Beschreibung Neuer Aulandischer Schmetterlings Neb Abbildungen. In O. von Kotzebue, "Entdeckungs-Reise in die Sud-See und nach der Berings-Strasse..." 3 (appendix): 201-2049. Weimar: G. Hoffmann.

Gory, H.L. y Laporte, F.L. 1839. Histoire Naturelle et Iconographie Coléoptères. Monographie des buprestidae, P. Duménil, Paris, 2: Livraisons 25-35

Gray, G.R. 1838. Trans. Ent. Soc. 2:140-149.

RECONOCIMIENTOS

El Instituto Forestal (INFOR) tiene dentro de su misión el mandato de llevar a cabo los inventarios de los recursos comprendidos en los bosques del país, misión que ha sido cubierta por parte de sus profesionales y técnicos desde su fundación en 1961. Esta tarea ha sido comprendida en forma visionaria y ejemplar en su relevancia nacional e internacional por parte del Ministerio de Agricultura (MINAGRI), el cual ha apoyado financieramente a INFOR, permitiendo el diseño, desarrollo tecnológico, implementación y ejecución del Inventario Forestal Nacional de Chile, pero orientando también respecto del tipo de datos e información que el país requiere para cumplir con sus objetivos y necesidades internas, así como sus compromisos internacionales.

Así, el Inventario Forestal Nacional es una herramienta ministerial estadística-matemática que posibilita el levantamiento de datos e información respecto del estado y condición de los bosques del país desde una perspectiva ecosistémica en la búsqueda de un desarrollo sustentable.

Se hace extensivo este reconocimiento a las autoridades de INFOR por su constante apoyo y sugerencias para mejorar tecnológica y metodológicamente el Inventario Forestal Nacional, asegurando su vigencia y uso por las partes interesadas.





www.infor.cl