

INFORME TÉCNICO FINAL

PROYECTO MONITOREO DE CAMBIOS, CORRECCIÓN CARTOGRÁFICA Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE BOSQUE NATIVO EN LAS REGIONES DE VALPARAÍSO, METROPOLITANA Y LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS



Equipo del Proyecto

La actualización del catastro de los recursos vegetacionales de la Zona Central de Chile fue ejecutado por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), por encargo y en estrecha coordinación con el Departamento de Monitoreo de Ecosistemas Forestales de CONAF.

Profesionales

Jefe de Proyecto: Eduardo Martínez, Ing. For., Dr.

Jefe alternativo: Juan Pablo Flores, Ing. For.

Encargado SIG: Marcelo Retamal, Cart.

Equipo temático: Isaac Ahumada, Ing. For. MBA.

Sandra Brito, Ing. For.

Equipo Geomática y percepción remota:

Pedro Muñoz, Geog.

Marcelo Durán, Cart.

Claudio Olgún, Cart.

Roxana Trujillo, Ing. Aer.

Paula Pérez, Cs. Geo.

Equipo de Terreno y botánico:

Centro OTERRA de la Universidad Mayor,

Encargados Srs Ing. For. Dr. Pablo Cruz y

MS. Carlos Schulze.

CONTENIDOS

	Pág.
1. RESUMEN	4
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo General	
2.2. Objetivo Específico	
3. MATERIALES Y MÉTODOS	6
3.1. Materiales	7
3.2. Metodología	10
3.2.1. Modelo general de actualización del catastro	10
3.2.2. Ajuste geométrico de polígonos 2001-2005	11
3.2.3. Ortorrectificación	12
3.2.4. Estrategia de análisis y reducción de áreas a clasificar	12
3.2.5. Clasificación de imágenes	17
3.2.5.1 Modelos de clasificación de imágenes	20
3.2.5.2 Clasificación basada en índices de vigor de la vegetación	21
3.2.5.3 Alcances metodológicos sobre la clasificación de imágenes	23
3.2.6. Criterios metodológicos utilizados para la identificación de bosque nativo	25
3.2.7. Conformación del mapa temático de uso de la tierra	26
3.2.7.1 Coherencia geométrica a escala 1:30.000	26
3.2.7.2 Descripción de la base de datos	26
3.2.7.3 Coherencia temática (Uso de la tierra actualizado) y extrapolación	27
3.2.7.4 Resultado temático-geométrico	27
3.2.7.5 Verificación de los resultados en terreno	28
3.2.7.6. Cálculo del tipo de cambio	
4. RESULTADOS	29
4.1. REGIÓN DE VALPARAÍSO	29
4.2. REGIÓN METROPOLITANA	48
4.3. REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS	69
4.4. BALANCE DE SUPERFICIES MACROZONA CENTRAL DE CHILE	89
5. CONCLUSIONES	91
6. REFERENCIAS	93

7. ANEXOS	94
7.1. ANEXO I	95
7.2. ANEXO II	111
7.3. ANEXO III	118
7.4. ANEXO IV	119
7.5. ANEXO V	123

1. RESUMEN

El presente documento, corresponde al informe técnico final e informa las actividades realizadas en el marco del proyecto “Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica y Actualización del Catastro de Bosque Nativo en las Regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O’Higgins”. El proyecto fue ejecutado por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) y financiado por la Corporación Nacional Forestal. El área de estudio consideró la totalidad de las tres regiones sumando una superficie de 4.773.237 ha, correspondiente a 100 % de los totales regionales continentales.

El trabajo desarrollado por el Centro de Información de Recursos Naturales, realiza un aporte innovador en esta línea de investigación y desarrollo de tecnología geomática y la fotointerpretación de imágenes multiespectrales a nivel regional, con aplicación forestal. Este estudio mejora sustancialmente la resolución espacial de la información del uso de la tierra a una escala 1:30.000.

El proyecto recopiló material documental que incluyó informes de resultados de actualizaciones anteriores, métodos de estudios de la vegetación, material para ortorrectificación y georreferenciación y clasificación de imágenes satelitales, entre otros.

Se realizó el ajuste geométrico de los vectores generados en la última actualización del Catastro correspondiente a los años 2001 (Regiones de Valparaíso, V y Metropolitana, RM) y 2005 (Región del Libertador Gral. Bernardo O’Higgins, VI). Se unieron las coberturas de las tres regiones en estudio, ajustando su contorno a los límites político-administrativos de ODEPA.

Se construyó la nueva base vectorial actualizada, en base a imágenes ortorrectificadas SPOT 5 de los años 2009, 2010 y 2011. En algunos sectores marginales y sin cobertura de imágenes se utilizaron imágenes LANDSAT 8 (2013).

En la macrozona de estudio (V, RM y VI región) se identificaron 1,5 millones de hectáreas de bosque, correspondiente al 32% de la superficie total de la macrozona, seguidas de 1,3 millones de hectáreas de praderas y matorrales, 802 mil hectáreas de terrenos agrícolas, 540 mil hectáreas de suelos sin vegetación, 359 mil hectáreas de nieves y glaciares, 227 mil hectáreas de áreas urbanas e Industriales, 29 mil hectáreas de Humedales y 24 mil hectáreas de cuerpos de agua identificables a una escala de representación de 1:30.000. Del uso bosque 1,3 millones de hectáreas corresponden al subuso bosque nativo y 208 mil hectáreas a plantaciones forestales. Lo anterior representa un aumento de 918 mil hectáreas nuevas clasificadas como bosque en comparación a los monitoreos anteriores. La incorporación de imágenes multiespectrales en la presente actualización y la adopción de los porcentajes correctos de cobertura de copas en estas regiones según la normativa de CONAF, a diferencia de los porcentajes utilizados en actualizaciones anteriores para definir el subuso bosque nativo, expliquen parte de este aumento de la superficie boscosa, no descartándose el aporte por crecimiento de masas naturales antes clasificadas como matorral hacia bosque nativo.

Finalmente, en sus distintos apartados se entrega la metodología de trabajo y los resultados a nivel regional, del estado actual del uso de la tierra. En este marco, se pretende aportar, a particulares y al Estado de Chile, una cartografía e información actualizada, confiable y precisa de los recursos Vegetacionales de la macrozona central de nuestro país.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Desarrollar la actualización del catastro vegetacional al año 2013 para las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins, empleando la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT) adaptada por Etienne y Prado (1982).

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Ajustar geométricamente la cartografía vectorial generada al último monitoreo de cada región con la base de imágenes satelitales SPOT 5 (2010) ortorrectificadas.
- 2.2.2. Monitorear los cambios en el uso de la tierra ocurridos en el periodo transcurrido entre la fecha de ejecución del último monitoreo de uso de la tierra y vegetación en las tres regiones, y la fecha de actualización 2013.
- 2.2.3. Generar un banco de datos geográficos relacionales, que contenga toda la información del monitoreo y actualización del uso de la tierra según el método de la COT, para las tres regiones.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se informan los aspectos metodológicos utilizados en el proceso de actualización del Catastro de Bosque Nativo para las Regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins, que sucintamente en este informe también se denominarán V, RM y VI, respectivamente.

Área de estudio: El área de estudio contemplada para el presente proyecto, corresponde a las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins con una superficie aproximada de 47.873 km², correspondiente a 88 cartas, que se indican en la Figura 1.

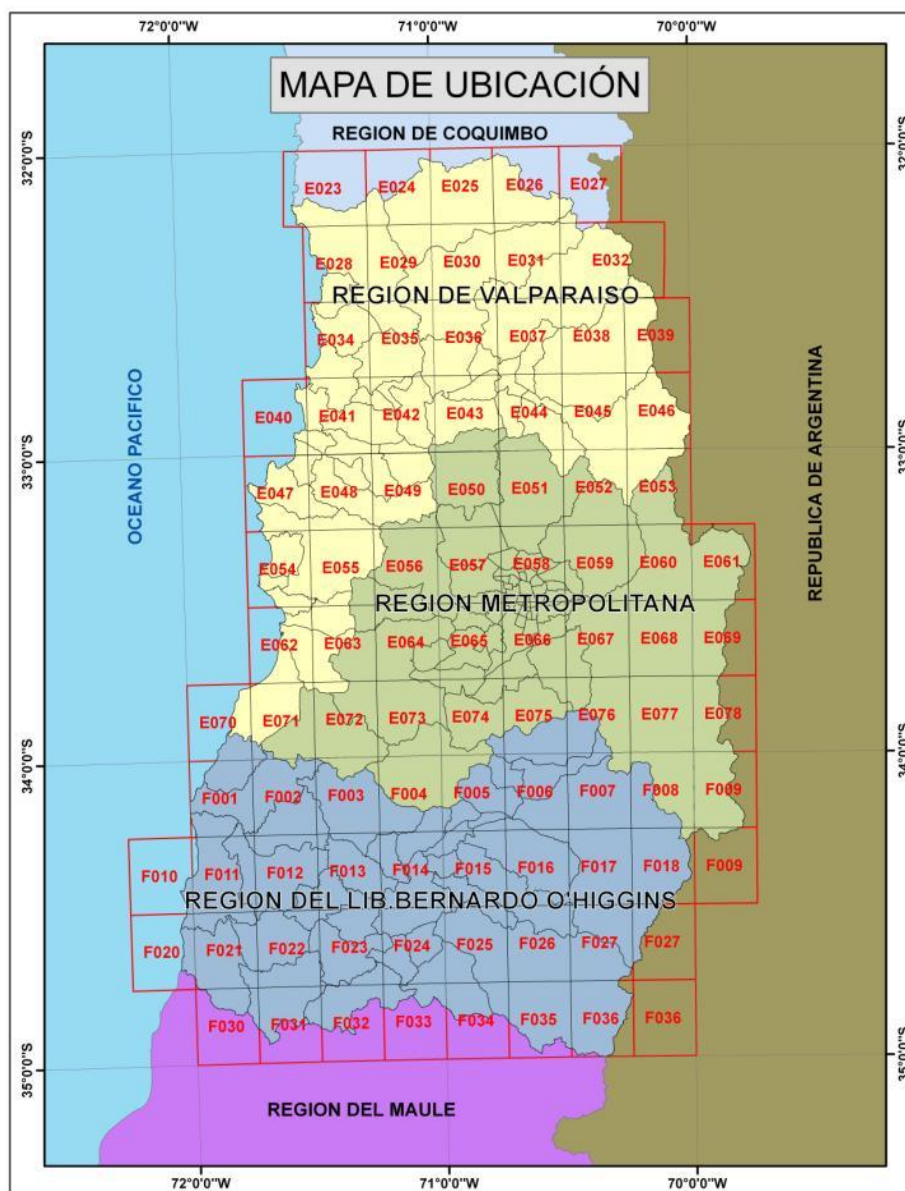


Figura 1. Mapa de ubicación área de estudio, regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins, y Cartas IGM.

3.1. Materiales

Para la realización del estudio se utilizó el siguiente material:

Aportes de CONAF:

- Cobertura digital fotográfica de vuelo FONDEF escala 1:20.000 y 1:30.000 del año 1995. Material en formato papel, para asistir a la interpretación visual.
- Fotografías aéreas de vuelo CONAF año 2000 a color, escala 1:115.000, en formato digital de las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins.
- Cobertura digital de imágenes satelitales SPOT 5 disponibles para estas regiones, esto es, imágenes de satélite multiespectrales, con una resolución de 10 metros por píxel (bandas verde, roja e Infrarrojo cercano) y a 20 m (Infrarrojo medio) en proyección UTM Huso 19 Datum WGS84.
- 88 Cartas digitales 1:50.000 y a las escalas disponibles, con cobertura de límites administrativos, curvas de nivel e hidrografía.
- Recursos humanos para la revisión de la información y validación de los datos en terreno.

Aportes del consultor, utilizados para la actualización del Catastro:

- Modelo de elevación digital de terreno Aster GDEM II; Ortoimagen CIREN Regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins.
- Coberturas digitales de límites administrativos (ODEPA) para las 88 cartas, las se utilizarán según sea necesario, tanto para identificar aspectos geográficos como para programar actividades de control de terreno u otros.
- Cobertura del catastro de plantaciones actualizadas al año 2008 de INFOR (Material INFOR en convenio IDE).
- Software ARC INFO 9.3, TNTmips y ENVI que permitieron el adecuado procesamiento de las coberturas digitales en formato raster y vectorial.
- Tableta digitalizadora Wacom.
- Software de manejo de bases de datos Access.
- Receptores-capturadores satelitales (GPS) para el trabajo de terreno.
- Set de 12 imágenes SPOT 5, (MINAGRI, cuadro 1):

Cuadro 1. Set de imágenes SPOT 5, para uso MINAGRI y sus fechas de captura

Imágenes SPOT 5	Fechas de captura
Algarrobo	14/11/2011
La Ligua	02/08/2011
Los Andes	24/11/2011
Quillota - Hijuelas	09/11/2011
San Antonio	10/06/2011
San Felipe	29/10/2011
Valparaíso_ Viña del Mar	10/06/2011
Hualañé - Sagrada Familia	10/12/2011
Rancagua	29/10/2011
San Fernando	24/11/2011
San José de Maipo	04/12/2011
Santiago	19/10/2011

Tanto las imágenes proporcionadas por CONAF como las imágenes de uso MINAGRI conforman un mosaico que se puede observar en la siguiente figura 2,

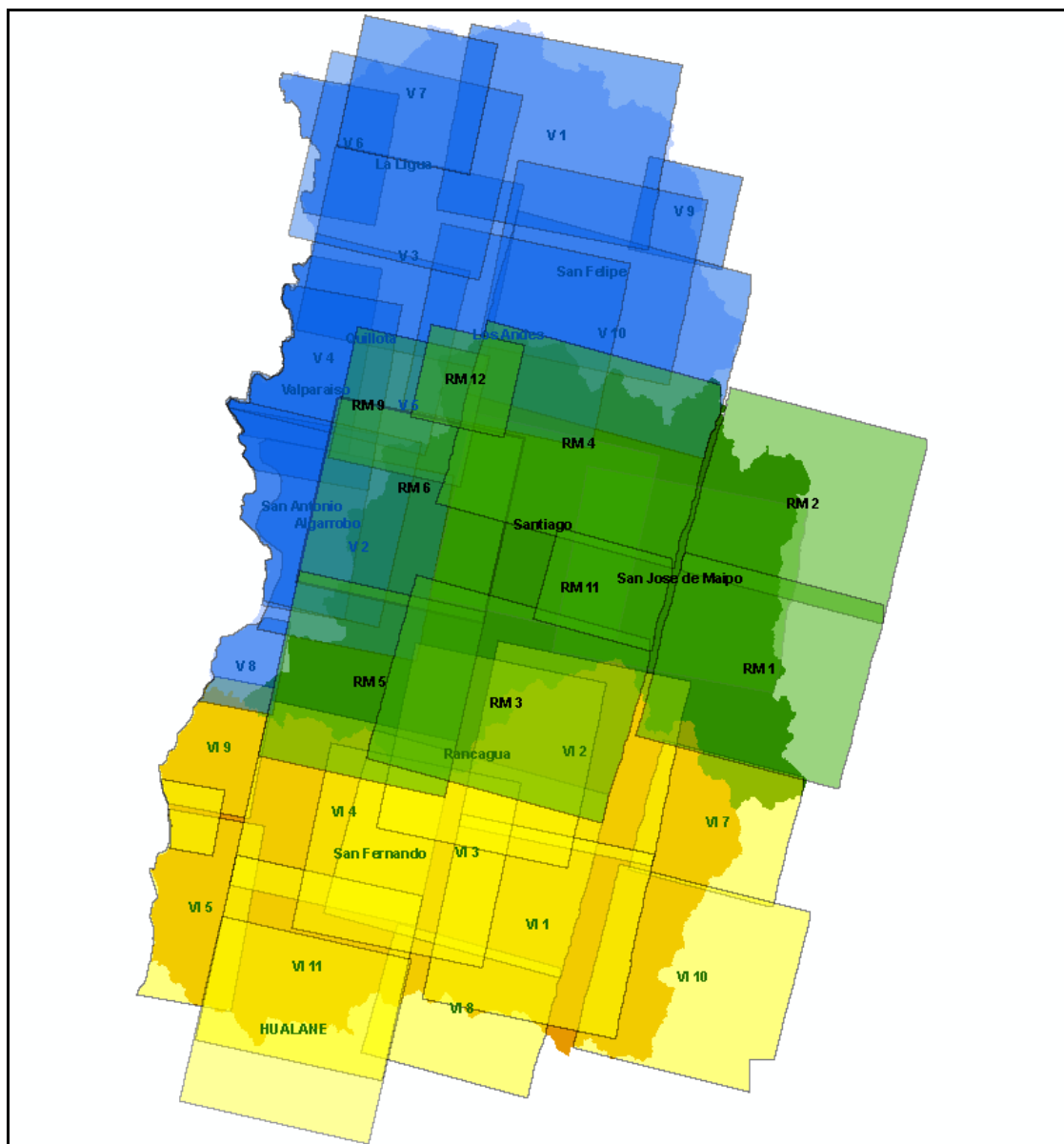


Figura 2. Cáneas base de imágenes satelitales SPOT 5.

3.2. Metodología

3.2.1. Modelo general de actualización del catastro

La metodología general de captura de datos en terreno, definición de clases de uso y levantamiento cartográfico se realizó en base a la metodología Carta de Ocupación de Tierras (COT), desarrollada por el Centre d' Etude Phytosociologiques et Ecologiques de Montpellier y adaptada para el caso chileno por Etienne y Prado (1982), la cual ya ha sido usada en la realización del primer Catastro y sus actualizaciones (ANEXO V). El presente trabajo de actualización utilizó la clasificación de imágenes satelitales multiespectrales, razón por la cual, además de la interpretación visual sobre imágenes en color real (RGB), adicionalmente, se incluyó la información que ofrecen las bandas infrarroja cercana e infrarroja media de las imágenes SPOT 5. La figura 3 muestra el modelo generalizado utilizado para la actualización del catastro del bosque nativo en la zona central de Chile.

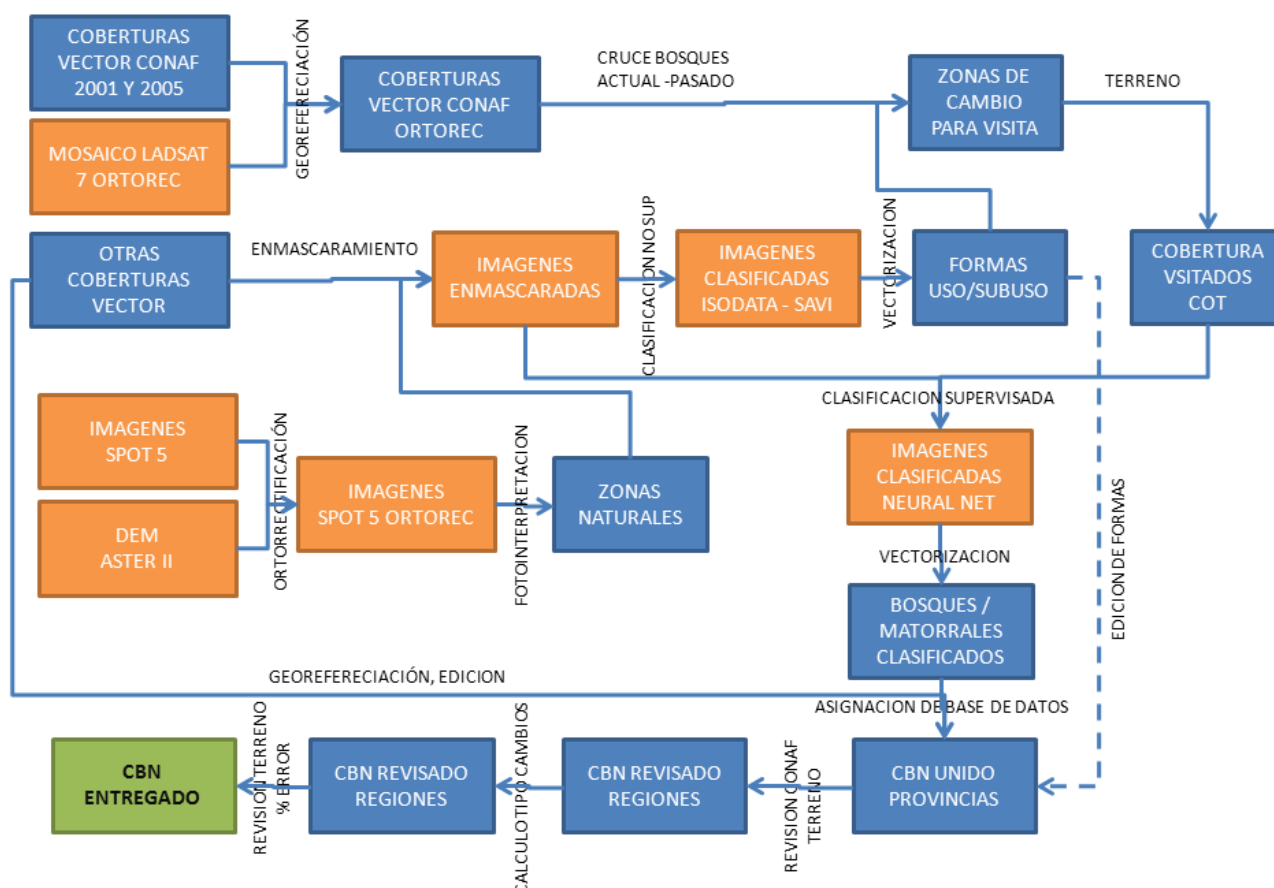


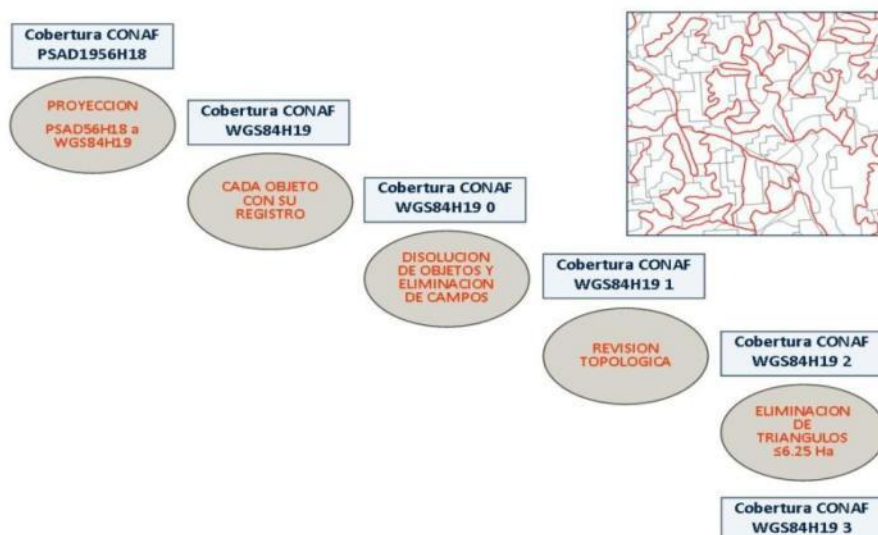
Figura 3. Modelo generalizado para la actualización del catastro del bosque nativo en la zona central de Chile.

Los insumos utilizados para actualizar el catastro fueron las coberturas vectoriales de la anterior actualización de los catastros de las regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins; la cobertura de plantaciones forestales del Instituto Forestal (INFOR), el inventario de los glaciares realizado por la Dirección General de Aguas (DGA), el catastro frutícola de CIREN, la carta de uso del suelo de la Región Metropolitana de Santiago del Gobierno Regional de la Región Metropolitana (GORE_RM), registros de agricultores maiceros del Proyecto "Determinación de la acidificación de suelos y contaminación difusa de nitrato por altas cargas de fertilizantes amoniacales en el cultivo de maíz en la cuenca del Cachapoal, VI región " de CIREN, y el registro de Viñas de la VI Región del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Los insumos de imágenes, en adelante "ráster", fueron las imágenes SPOT 5 proporcionadas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) junto a las denominadas "imágenes de compensación SPOT" del MINAGRI, el modelo de elevación digital ASTER GDEM2, el mosaico ortorrectificado Landsat7 2003 de la Agencia Espacial NASA, los Ortomosaicos regionales de CIREN y tres escenas del satélite Landsat 8 del año 2013. Adicionalmente, junto al personal de CONAF se recolectaron planes de manejo forestal, presentados y aprobados por CONAF de los últimos 10 años. Esta información de consideró como puntos de terreno válidamente visitados y se incluyeron en la base de datos espacial.

3.2.2. Ajuste geométrico de polígonos 2001-2005

Se ajustaron geométricamente y unieron las coberturas vectoriales proporcionadas por CONAF, sobre una base ortorrectificada, correspondiente al mosaico Landsat 7 del año 2003 considerando que la escala informada de las coberturas vectoriales de la anterior actualización es de 1:50.000.

Para tal efecto se utilizó el modelo de corrección geométrica que se observa en la figura 4 y se explica en detalle en ANEXO I.



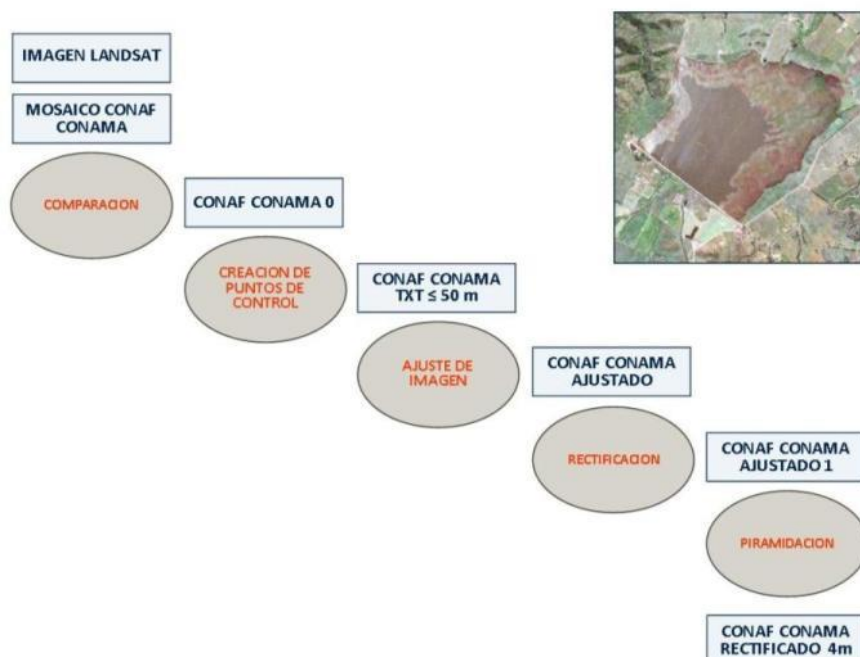


Figura 4. Modelo de corrección y ajuste geométrico de vectores 2001-2005 y su base de imágenes (vuelo CONAF CONAMA 2000).

3.2.3. Ortorrectificación

Se ortorrectificó el total de las imágenes entregadas por CONAF para la zona de estudio (34 imágenes). Adicionalmente se incluyó doce imágenes SPOT 5 del año 2011 (imágenes de compensación), con la finalidad de cubrir las zonas sin información entre las imágenes proporcionadas por CONAF. El proceso de ortorrectificación se realizó en el programa ENVI sobre la base del modelo de elevación digital ASTER GDEM 2 (30 m de resolución). Se decidió usar este DEM debido a que presenta continuidad topográfica entre regiones, mientras que otros modelos de mayor resolución disponibles en CIREN, presentarían “saltos” y discontinuidades de la realidad altimétrica en los límites regionales, aumentando el factor de error en las imágenes que comparten más de una región. Se realizaron pruebas de conformidad de los resultados y adicionalmente se decidió ajustar mediante georreferenciación las imágenes ya ortorrectificadas a una base de mayor resolución como son los ortomosaicos de las regiones V, RM y VI de CIREN. Este último procedimiento se realizó en TNTMips. A las imágenes costeras se les sustrajo la parte correspondiente al mar, por cuanto se disminuye el volumen de los datos irrelevantes a ser analizados (Ver ANEXO II).

3.2.4. Estrategia de análisis y reducción de áreas a clasificar

La estrategia utilizada para aumentar la verosimilitud y homogeneidad interna de las clases de uso de la tierra obtenidas con los métodos de clasificación de imágenes consistió en el uso de máscaras digitales en aquellos lugares que no son de interés para la clasificación. Para esto se confeccionó en forma manual (interpretación humana), una máscara para toda el área de estudio, que discriminó entre la zona de influencia antrópica (áreas urbanas e industriales, uso agrícola y forestal, Figura 5), y la zona de influencia natural (bosque nativo, praderas y matorrales).

Adicionalmente, para las zonas de influencia natural con gran abundancia de suelo desnudo en alta cordillera, se utilizó una máscara de vigor de la vegetación para excluirlas de la clasificación digital.

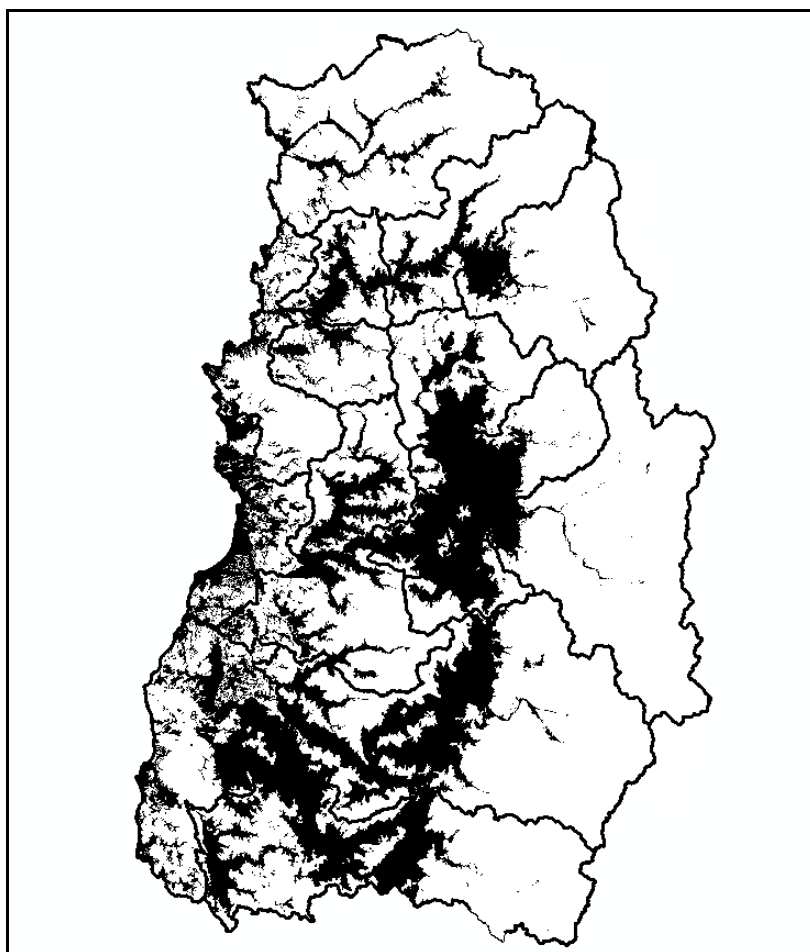


Figura 5. Máscara que separa las zonas de influencia antrópica de las de influencia natural.

Se actualizó las coberturas de plantaciones forestales de CONAF e INFOR mediante fotointerpretación experta de las imágenes satelitales SPOT 5 e imágenes de alta resolución de las Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins. Adicionalmente, los datos fueron validados mediante visitas en terreno dentro de las campañas de levantamiento de información base, de verificación de CONAF y de estimación del error de la cartografía final (figura 6).

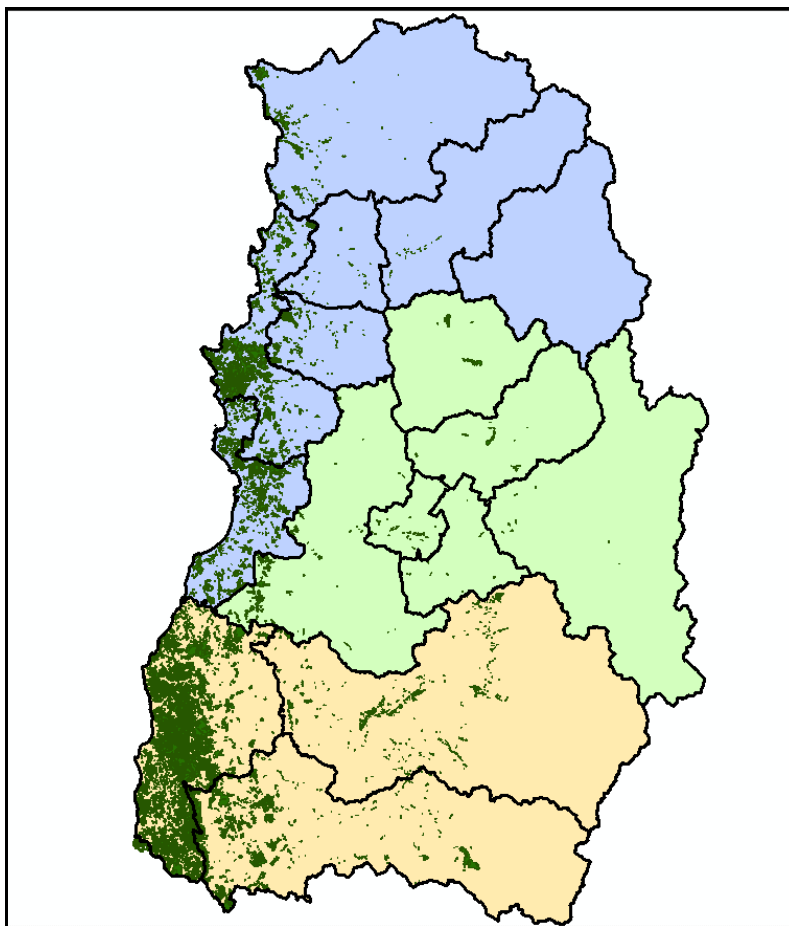


Figura 6. Plantaciones Forestales, Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins actualizadas a 2013

Se obtuvo, la cobertura vectorial oficial de glaciares de la Dirección General de Aguas (DGA, Figura 7) de toda la zona de estudio. Se detectaron y corrigieron problemas topológicos y de georreferenciación a la base ráster del presente estudio que exigieron una edición y tratamiento de los mismos.

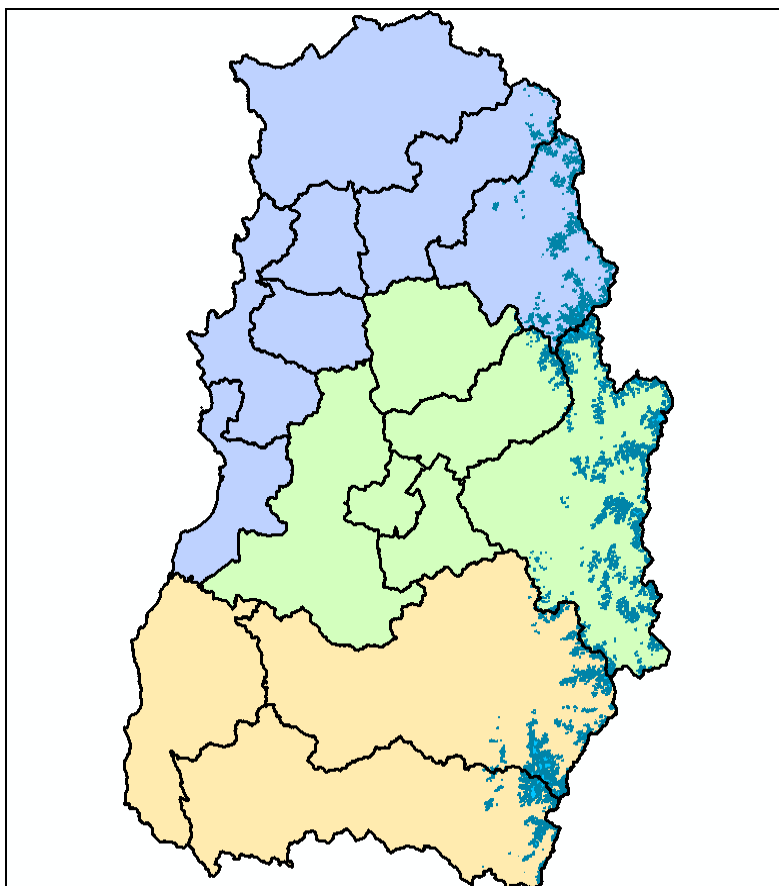


Figura 7. Inventario de Glaciares, Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins, cobertura tomada de la original proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA), georreferenciada y suavizada sobre las imágenes ortorrectificadas SPOT 5.

Se obtuvo la cobertura “Actualización de carta de uso del suelo RMS” del año 2012 del Gobierno de la Región Metropolitana de Santiago. Parte de esta cobertura de gran detalle se utilizó para mejorar los usos urbanos y agrícolas (Figura 8).

Se interpretó visualmente las zonas urbanas en base a la actualización de los polígonos 2001-2005 sobre las orto-imágenes SPOT 5 2009-2011. Se utilizaron diferentes aproximaciones geomáticas como el uso de máscaras de vegetación y agua para discriminar las zonas de uso agrícola y de plantaciones forestales exóticas de las zonas naturales (Figura 9).

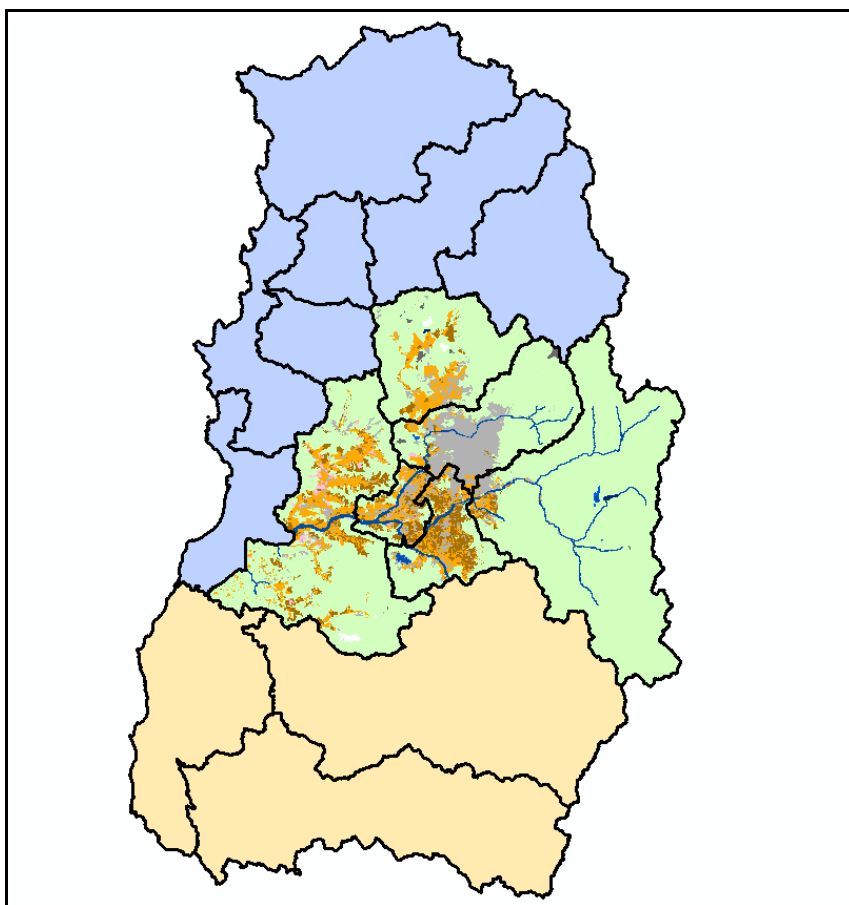


Figura 8. Actualización de carta de uso del suelo RMS, GORE RM 2012

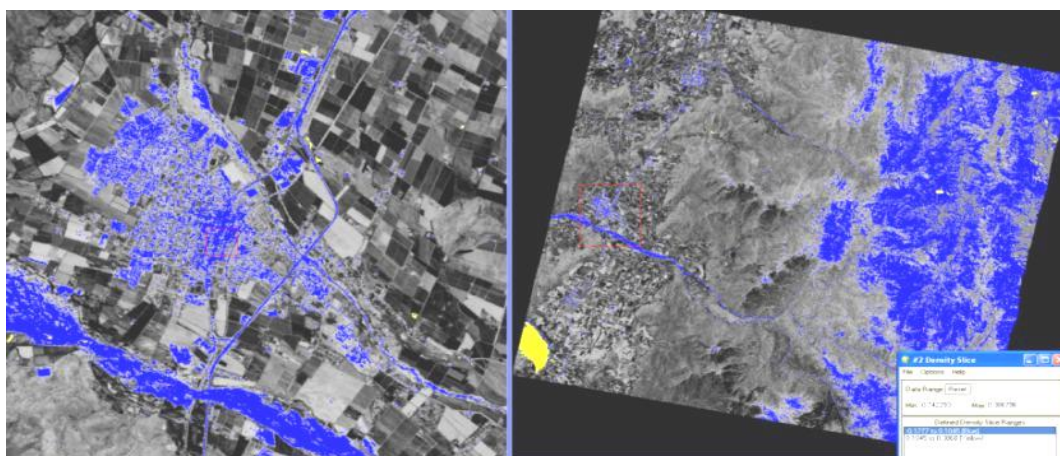


Figura 9. Enmascaramiento Cuerpos de agua, nubes, nieve, cascos urbanos y caminos utilizando índices espectrales NDVI – NDWI.

Se generalizó la cobertura del catastro frutícola (CIREN) de la Región Metropolitana, Valparaíso y del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins para incluirla en la zona agrícola (Figura 10). Sin embargo esta cobertura no tiene información sobre los cultivos en rotación anual y tampoco de las viñas. En la RM la información de viñas y cultivos anuales se extrajo de la cobertura "Actualización de carta de uso del suelo RMS" del año 2012, mientras que en las Regiones de Valparaíso y del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins estos subusos se obtuvieron por fotointerpretación, clasificación de imágenes usándose de manera referencial la información de viñas del SAG y de maiceros del proyecto "Determinación de la acidificación de suelos y contaminación difusa de nitrato por altas cargas de fertilizantes amoniacales en el cultivo de maíz en la cuenca del Cachapoal, VI región " de CIREN .

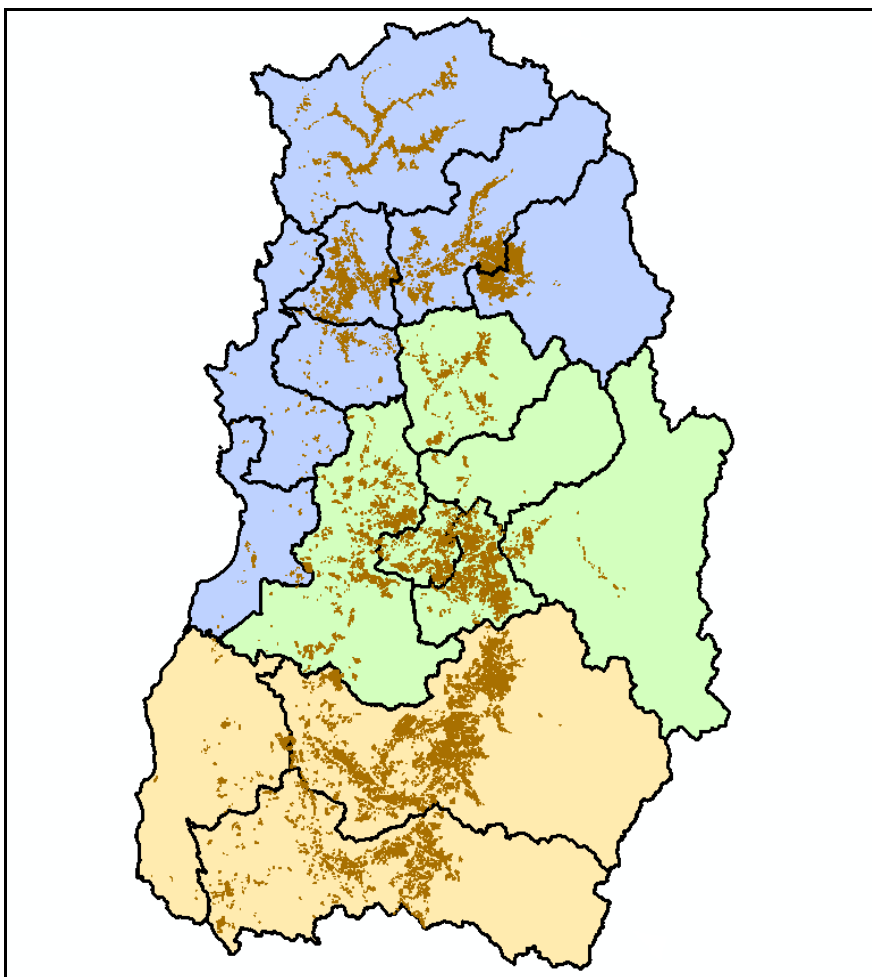


Figura 10. Catastro frutícola, CIREN.

3.2.5. Clasificación de imágenes

La clasificación de una imagen es el proceso mediante el cual se definen las clases o categorías en una imagen (compuesta por bandas) y donde cada píxel es asignado a una de estas categorías (Hoyos y Pérez, 2007). El objetivo de la clasificación de imágenes es la categorización temática de acuerdo al tipo de cobertura o uso de la tierra.

Este procedimiento, reduce la variabilidad de los niveles digitales de la imagen a una escala nominal o categórica, de manera que cada píxel pertenece a una categoría definida previamente. El nivel digital de un píxel es clasificado al satisfacer cierto criterio, este es en definitiva, el identificador de la clase o categoría en la que se haya incluido.

El proceso de clasificación se compone de tres fases, que en la práctica se han denominado como entrenamiento, asignación y comprobación y verificación de resultados (Chuvieco, 2002):

1. *Entrenamiento*. Consiste en la definición de las categorías.

2. *Asignación*. Consiste en el agrupamiento de los píxeles en las categorías definidas. El problema en la fase de asignación está en definir el criterio a usar para el agrupamiento de los píxeles. Algunos métodos de clasificación usan sólo la información espectral (píxel por píxel), y otros buscan mejorar los resultados utilizando el contexto, que son las relaciones existentes entre cada píxel y sus vecinos (Sheikholeslami *et al.*, 1975, citado por Chuvieco, 2002).

3. *Comprobación y verificación de resultados*. Se contrastan los resultados con la realidad de terreno mediante una campaña de visita en que se define un nivel de representatividad de la misma clase mediante técnicas de muestreo.

Según, Chuvieco (2002) tradicionalmente se ha aceptado la división de los métodos de clasificación en dos grupos:

- No supervisado. No se requiere conocimiento previo de la zona de estudio. Este método desarrolla una clasificación automática mediante el agrupamiento de valores homogéneos dentro de la imagen. Las clases resultantes son llamadas también espectrales. Se trata de construir clasificadores sin información a priori, o sea, a partir de conjuntos de patrones no etiquetados. Su objetivo es descubrir la estructura de los datos, buscar agrupamientos.

En este trabajo, para efectos de la clasificación no supervisada de imágenes se probaron siete métodos disponibles en el software TNTmips (Agrupamiento Simple un Paso, Promedios K, Promedios Difusión C., Ángulo de Distribución Mínimo, Auto Organización, Clasificación ISODATA y Resonancia Adaptativa).

- Supervisado. El intérprete define zonas (grupos de píxeles) representativas de una clase o categoría, basándose en un conocimiento previo de la zona de estudio. Más adelante estas definiciones son utilizadas para clasificar cada píxel en función de la similitud de sus niveles digitales con los de los píxeles utilizados como referencia. Las clases resultantes son llamadas también clases informacionales.

Con las imágenes satelitales ortorrectificadas se realizó, en primer lugar una clasificación no supervisada (18 clases), separando unidades homogéneas del uso de la tierra. Debido a que las imágenes fueron capturadas en fechas y años diferentes, se clasificó cada imagen de manera independiente y no el mosaico de imágenes. Además, dado que el tamaño medio de las escenas de imágenes (240 mil ha, aproximadamente 55 km x 55 km) son lo suficientemente pequeñas como para incluir medio ambientes muy disímiles, se consiguió mediante la clasificación de imágenes individuales, minimizar la confusión que se produce cuando se tiene medio ambientes diferentes pero similares espectralmente (i.e. bosques de cordillera y costeros), que son asignados en una misma clase. Adicionalmente, en aquellas imágenes que por su ubicación y tamaño capturaban en la misma escena medio ambientes muy contrastantes, se separaron en escenas

menores para su clasificación mediante un criterio acordado con CONAF, denominado “medio ambientes”, que se construyó a partir del agrupamiento de subcuencas proporcionadas por la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP, Figura 11).

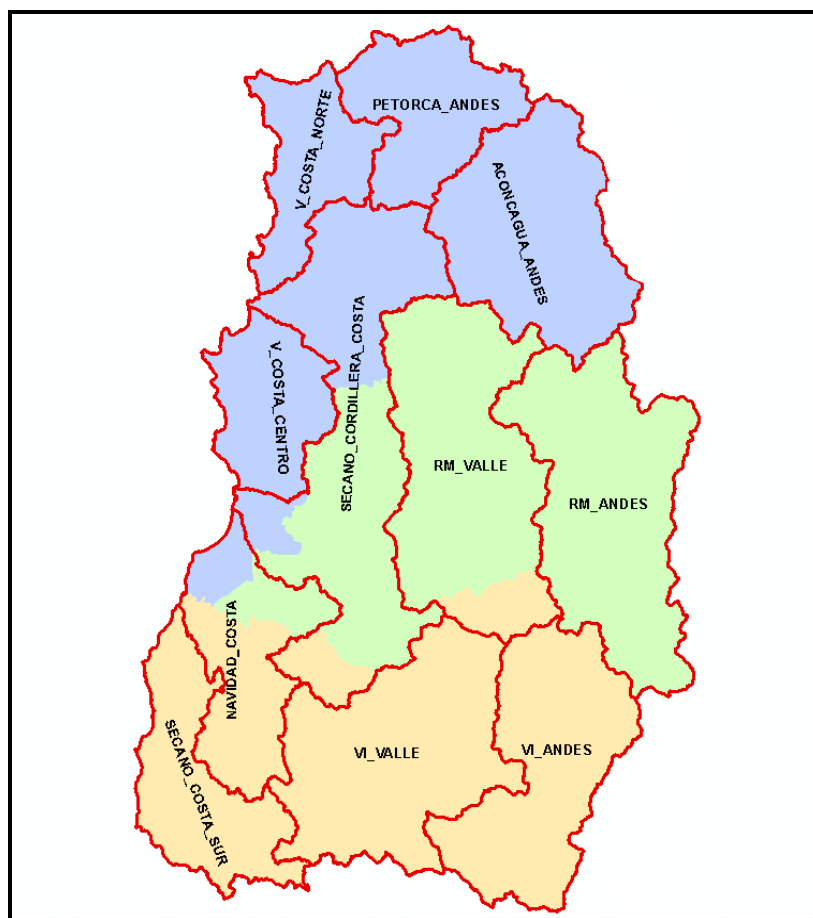


Figura 11. Medio ambientes de la zona central de Chile

Las clases resultante de las imágenes clasificadas por el método no supervisado fueron asignadas por interpretación experta en los distintos usos y subusos posibles de fotointerpretar mediante sensores remotos. Posteriormente, las imágenes clasificadas y asignadas fueron convertidas en vector.

En pantalla se contrastaron las zonas ocupadas por bosques en la anterior actualización del catastro (2001 para las regiones de Valparaíso y Metropolitana y 2005 para la región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins), con las nuevas zonas interpretadas como bosques. De lo anterior ocurrieron tres casos: zonas sin cambio, es decir se observa el par bosque – bosque, nuevas zonas de bosque, par no bosque – bosque, y zonas de pérdida de bosque, par bosque – no bosque. Los casos denominados “candidatos de cambio”, se identificaron como zonas de visita preferente para el levantamiento de información de la carta de ocupación de tierras (Figura 12).

El Centro de Estudios de Recursos Naturales OTERRA, dependiente de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad Mayor, fue la entidad consultora encargada de la toma de datos de terreno para el levantamiento de la información mediante la metodología de la carta de ocupación de tierras.

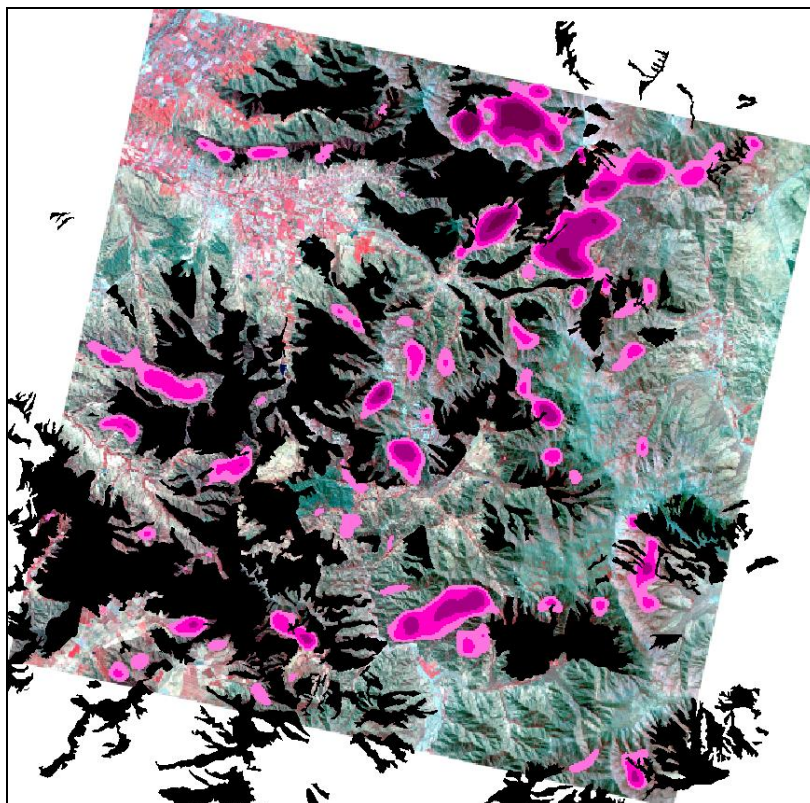


Figura 12. Identificación de zonas de cambio (tonos de magenta) por nuevas unidades inidentificadas como bosque y candidatas para visita de terreno. En negro se muestran las zonas ocupadas por bosques en 2001.

La información recogida en terreno consiste en la validación del uso asignado, la forma de la unidad y el levantamiento de la carta de ocupación de tierras en la cual se registran las especies dominantes por estrato y el porcentaje de cobertura de la vegetación sobre el suelo. Con esta información asociada a un polígono se definen los campos de entrenamiento para la clasificación supervisada. La clasificación supervisada permite estimar, por similitud espectral, los parámetros en otros lugares que no fueron visitados en terreno. De esta forma, la imagen clasificada es una cobertura que contribuye, en conjunto con otra información, al proceso de extrapolación de la información a otros polígonos.

3.2.5.1. Modelos de clasificación de imágenes

Se probaron diferentes técnicas de clasificación supervisada incluidas en el software ENVI como es el caso del método de Paralelepípedo, Distancia Mínima, Distancia de Mahalanobis, Máxima Verosimilitud, Mapeo de Ángulo Espectral (SAM), Divergencia de Información Espectral (SID), Codificación Binaria y Red Neuronal. Se utilizaron clases de entrenamiento tomadas a partir de las campañas de visitas en terreno (OTERRA, CIREN Y CONAF). Al comparar los resultados se decidió

utilizar la técnica de **Redes Neuronales** para la clasificación supervisada. Adicionalmente, se decidió incorporar el método de “árboles de decisión” para precisar el proceso de clasificación, que permiten establecer restricciones basadas en las condiciones ambientales donde se ha verificado la presencia de las especies o comunidades vegetales. Este último procedimiento se aplicó para revisar y corregir la extrapolación de los datos en unidades no visitadas donde se tuviesen antecedentes de los rangos ambientales de la distribución de las especies.

Para diferenciar objetos relevantes que las clasificaciones estándar aplicadas no pudieron separar, se probaron índices de vegetación y humedad para discriminar objetos siguiendo el siguiente modelo de análisis. Cuando la intensidad de sombras en laderas genere confusión y separabilidad arbitraria entre objetos iguales se utilizaron técnicas de realzamiento de sombras como las descritas por Mariotto y Gutschick (2010).

Descripción de procesos aplicados en imágenes SPOT 5 HRG

- **Corrección rápida de la Atmósfera o Quick Atmospheric Correction (Quac)**: Determina los parámetros de compensación de la atmósfera directamente de la información contenida dentro de la escena usando los espectros de píxeles capturados. Este método supone que la reflectancia media de una colección de espectros de diversos materiales es efectivamente una escena independiente. Esto permite la recuperación de los espectros de reflectancia razonablemente precisa, incluso con los datos de radiometría no calibrados.
- **Calibración Internal Average Relative Reflectance (IARR)**: Normaliza las imágenes a un espectro promedio de la escena. Esto es particularmente eficaz para reducir los datos espectrales de reflectancia relativa cuando se sabe poco acerca de la escena. Tienen mayores aplicaciones en zonas áridas, sin vegetación.
- **Índice de agua de diferencia normalizada (NDWI)**: Este índice permite discriminar apropiadamente las aguas y cuerpos húmedos. El NDWI produce una sola escala de grises, donde el agua es de tono brillante. Algunas otras características también pueden aparecer brillantes en el resultado NDWI, como algunos edificios y las nubes. El NDWI ha demostrado ser eficaz en la detección de aguas destacando rápidamente las aguas no oscuras, oscurecidas y fangosas. Examinar los resultados del índice NDWI en primer lugar es mucho más ventajoso, ya que suelen ser más precisos y más fáciles de interpretar que los resultados del Análisis de Componentes Principales (PCA).

3.2.5.2. Clasificación basada en índices de vigor de la vegetación

Se refiere a un conjunto de operaciones algebraicas efectuadas sobre los valores numéricos de los píxeles, usando dos o más bandas pertenecientes a la misma escena. Según lo recopilado por Muñoz (2013), un Índice de Vegetación, puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y que es particularmente sensible a la cubierta vegetal (Gilabert et al, 1997). También, corresponde a un número generado por alguna combinación de bandas espectrales y que puede tener alguna relación con la cantidad de la vegetación presente en un píxel dado. Estos índices, son utilizados para mejorar la discriminación entre el suelo y la vegetación, reduciendo el efecto del relieve en la caracterización espectral de las diferentes cubiertas.

Los valores bajos de los índices de vegetación, usualmente indican vegetación poco vigorosa, mientras que los valores altos, indican vegetación muy vigorosa. Sin embargo, en algunos casos (como los índices RVI y NRVI) el valor del índice de vegetación es inversamente proporcional a la cantidad de vegetación presente en el área, por lo que se recomienda documentarse sobre este punto, al momento de interpretar alguno de ellos. Es importante recalcar que, el mejor índice a ser usado en un ambiente particular, debe ser calibrado con mediciones en terreno. De no haber mediciones disponibles, esas imágenes de índices, solo serán indicadores útiles de la cantidad relativa de vegetación presente (Muñoz, 2013).

En este trabajo de actualización del catastro de la vegetación de la Macrozona Central de Chile, se utilizaron dos índices de vegetación. Para disminuir la superficie a clasificar y el consecuente aumento de recursos informáticos al momento de vectorizar las clasificaciones ráster, se aplicó el NDVI como máscara para separar los suelos desnudos de aquellos que presentaban signos de vegetación o clorofila. Para esto, en las imágenes de alta cordillera se definió un valor umbral específico por imagen, según criterio experto asistido con imágenes de alta resolución.

$$NDVI = (IRC - R) / IRC + R$$

Donde IRC es la banda correspondiente al infrarojo cercano y R es la banda correspondiente al rojo.

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), es el más conocido de todos, (Normalized Difference Vegetation Index). Este índice es del tipo cociente normalizado y es el más utilizado para todo tipo de aplicaciones. El NDVI minimiza efectos topográficos y produce escala lineal de medición. La escala va de -1 a 1 con el valor cero representando el valor aproximado donde empieza la ausencia de vegetación. Los valores negativos representan superficies sin vegetación. La normalización que realiza reduce el efecto de la degradación de calibración del sensor y la influencia de los efectos atmosféricos. Se caracteriza, además, por su gran sencillez matemática.

Adicionalmente, se calculó el índice SAVI en todas las imágenes para corregir, cuando fue necesario, las extrapolaciones referidas a la cobertura vegetal.

$$SAVI = [(IRC - R) / (IRC + R + L)] (1 + L)$$

Donde IRC es la banda correspondiente al infrarrojo cercano, R es la banda correspondiente al rojo y L es la línea de regresión entre los valores de reflectancia de la banda roja e infrarrojo cercano para los píxeles que representan suelo.

El SAVI es un índice basado en la distancia espectral al suelo, e incorpora una constante de suelo, la cual se usa de acuerdo con vegetación de baja, intermedia o alta densidad. Considera la influencia de la luz y del suelo oscuro en el índice.

Los valores de reflectancia grabados por el sensor, para cada píxel, constituyen una reflectancia promedio de todos los tipos de coberturas que están dentro de ese píxel. Cuando en zonas áridas y semiáridas la vegetación es dispersa, la reflectancia recibida pertenece tanto a vegetación como suelo. Estos índices, que tratan de separar la información entre la vegetación y el suelo, se basan en el uso de una línea del suelo y las distancias desde ella.

Una línea de suelo, es una ecuación lineal que describe la relación entre los valores de reflectancia de la banda roja e infrarrojo cercano para los pixeles que representan suelo. Esta línea se genera al aplicar una regresión lineal entre la banda roja e IR cercano para una muestra de pixeles de suelo desnudo.

3.2.5.3. Alcances metodológicos sobre la clasificación de imágenes

Gran parte de las diferencias que permiten discriminar entre grupos de plantas y otro tipo de objetos, se producen en intervalos donde el detalle espectral es relevante (Figura 13). En este estudio se utilizaron imágenes SPOT 5; lo que representa una innovación en el proceso de monitoreo del bosque nativo en Chile. Sin embargo, las cuatro bandas de las imágenes utilizadas representan secciones discretas del espectro electromagnético de reflectancia de los objetos a analizar. Por lo anterior, la capacidad de discriminación de objetos, de reflectancia similar, puede ofrecer algunas limitaciones al estudio. Para minimizar esta limitación, se generaron máscaras y/o tratamientos geomáticos especiales (criterios auxiliares) en las áreas que contenían usos fáciles de discriminar visualmente (zonas urbanas, cuerpos de agua) y que podían generar ruido innecesario a la clasificación en zonas de mayor interés.

Características de las imágenes SPOT 5:

Las escenas completas poseen una cobertura territorial de 60x60 km.

- Banda 1: Infrarrojo cercano (0,78 - 0,89 μm), 10 metros por pixel.
- Banda 2: Rojo (0,61 - 0,68 μm), 10 metros por pixel.
- Banda 3: Verde (0,50 - 0,59 μm), 10 metros por pixel.
- Banda 4: Infrarrojo medio (IRM) (1,58 - 1,75 μm), 20 metros por pixel de resolución.

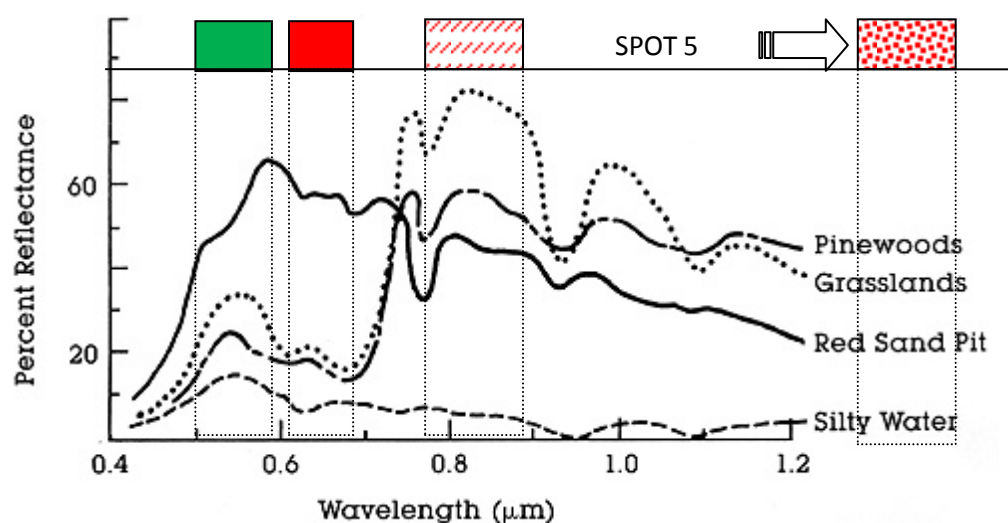


Figura 13. Firmas espectrales para dos clases de plantas (pino y praderas) y dos materiales (canteras de arena roja y agua fangosa). Las barras superiores de la figura representan el rango espectral cubierto por SPOT 5, de izquierda a derecha: verde, rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio (Modificado de Short, 2005).

En zonas montañosas, como es la zona central de Chile, el uso operacional de imágenes satelitales para su interpretación y clasificación frecuentemente se encuentra limitado por los efectos de iluminación topográficamente inducidos, conocidos como sombras (Figura 14).

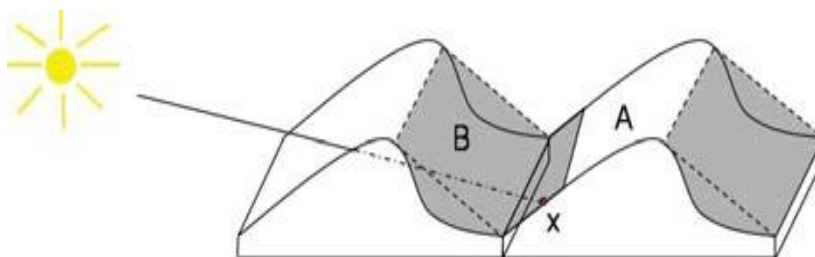


Figura 14. Efecto de la topografía y el ángulo solar sobre la iluminación de la superficie.

En la literatura científica se describen varios métodos de normalización o realce de sombras, ninguno de los cuales es aplicable de manera universal. Las variaciones en iluminación debido a la irregularidad del terreno y ángulo solar resultan en menores valores de reflexión de la luz en las áreas sombreadas comparadas con las áreas iluminadas para un mismo tipo de cobertura Vegetacional. El método utilizado en el proyecto de actualización del catastro forestal de la zona central de Chile, corresponde a una adaptación del método de Minnaert (1941), el cual corrige el método Lambertiano del coseno (basado en el modelo de iluminación generado a través de un modelo de elevación digital, DEM), mediante el uso de una constante “k”, que se calcula para cada banda espectral y cada tipo de uso del suelo mediante:

$$L_H = L_T (\cos_{sz}/\cos_i)^{K_\alpha}$$

Donde

L_H = Reflectancia de la superficie horizontal

L_T = Reflectancia de la superficie inclinada

$\cos_{sz}$ = coseno del ángulo cenital

$\cos_i$ = coseno del ángulo de incidencia solar

K_α = constante de Minnaert para cada banda α

El valor de K se estima mediante la regresión entre los valores de reflexión de la imagen de entrada L_H (sin corrección) y los ángulos cenitales y de incidencia solar. El valor K varía entre 0 y 1.

Se planteó la hipótesis que el efecto “no natural” generado por la compensación, dependía fuertemente al ráster de Brillo (modelo de iluminación o sombreado de terreno), que al ser matemáticamente calculado, muestra cambios de iluminación muy bruscos (especulares), ya que no toma en cuenta la dispersión de la luz dentro de la atmósfera. Para reproducir este efecto, se le aplicó al ráster de iluminación un filtro Pasa bajo de 5x5 al 90%. Con este insumo se rehízo todo el procedimiento. Adicionalmente se aplicó una constante de atenuación “ m ” a cada K calculado el que dependía, para cada banda, del efecto de sobre-iluminación de las áreas sombreadas.

En la siguiente figura (15), se muestra el efecto de una imagen sin compensar y una compensada por iluminación.

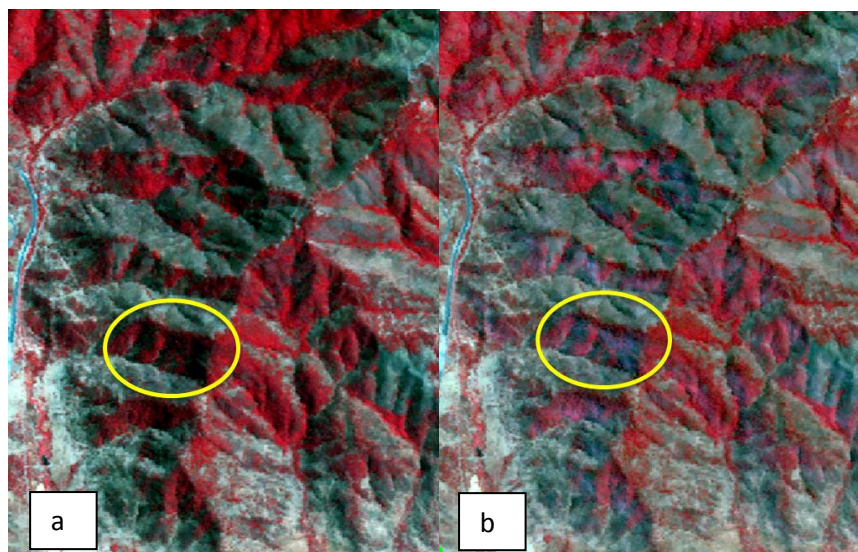


Figura 15. Efecto de la corrección topográfica de sombras. En **a** se observa una imagen SPOT 5 en falso color convencional, sin corregir y en **b** se aprecia el realce de las zonas sombreadas.

3.2.6. Criterios metodológicos utilizados para la identificación de bosque nativo

En las anteriores actualizaciones del catastro de la vegetación de la Macrozona Central de Chile, se utilizaron los siguientes criterios de cobertura de copas arbóreas para definir las unidades homogéneas de bosque nativo, los que varían según la región estudiada:

- Región de Valparaíso, cobertura mínima de 25%, año 2001
- Región Metropolitana de Santiago, cobertura mínima de 25%, año 2001
- Región del Libertador Bernardo O'Higgins, cobertura mínima de 10%, año 2005

En la presente actualización y de acuerdo con CONAF se adaptó para estas coberturas según el Oficio Ordinario N° 956 del año 1999 que ya a ese año fijaba el porcentaje de cobertura de copas para definir un bosque para las zonas áridas y semiáridas. De esta forma, en este estudio (2013) se aplicó en la Región de Valparaíso el 10 % de cobertura de copa arbórea. En la Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins se aplicó el 25 % de cobertura de copas, excepto para las comunas de Rancagua, Codegua, Coinco, Coltauco, Doñihue, Graneros, Las Cabras, Olivar, Peumo, Pichidegua, Quinta de Tilcoco, La Estrella, a las que se les aplicó el 10 % de cobertura de copas. Para la Región Metropolitana se aplicó el 10 % de cobertura de copas, excepto las comunas de Curacaví y San José de Maipo, a la que se les aplicó el 25% (Figura 16). Esto también para ajustarse a la definición de la Ley de Bosque Nativo N° 20.283, que menciona esos porcentajes de 10 y 25 %, según sean áreas de zonas áridas y semiáridas o áreas más favorables, respectivamente.

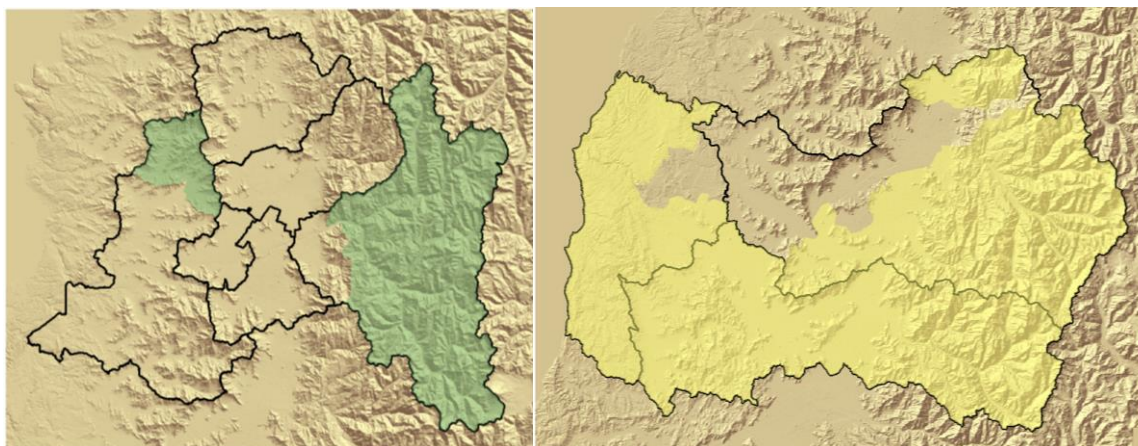


Figura 16. Comunas donde se considera bosque cuando la cobertura de copas de árboles es mayor al 25%. A la izquierda Región Metropolitana, a la derecha Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins.

La aplicación correcta en esta oportunidad de los porcentajes de cobertura de copas en las tres regiones afecta la superficie de bosque nativo clasificada, sumándose a ello las nuevas imágenes multiespectrales y el crecimiento natural de nuevas masas boscosas antes consideradas como matorral arborescente.

3.2.7. Conformación del mapa temático de uso de la tierra

3.2.7.1. Coherencia geométrica a escala 1:30.000

Mediante el proceso de clasificación no supervisado se procesaron todas las imágenes satelitales equivalentes a un área de 4.787.000 ha. Este proceso demandó una gran cantidad de tiempo y recursos informáticos debido al gran volumen de datos que son convertidos en la primera etapa de vectorización (alrededor de 2 millones de polígonos por imagen clasificada). Posteriormente, se aplicó una cadena de procesos de simplificación vectorial.

Los aspectos geométricos referidos a las formas de las unidades mapeadas (polígonos) fueron confeccionados utilizando como base las imágenes ortorrectificadas (2010-2011) y las formas obtenidas de las clasificaciones realizadas, siempre y cuando cumplan con los criterios de unidad mínima y coherencia espacial, visualizadas a una escala de 1:30.000.

3.2.7.2. Descripción de la base de datos

La base de datos del catastro de la vegetación nativa se compone de 45 campos de información, de los cuales hay 41 campos de texto y cuatro son numéricos, 23 campos son descriptivos, 18 corresponden a códigos de los campos descriptivos, un campo de texto identifica los tipos de cambio, tres campos identifican los polígonos visitados (tipo de visita, coordenada este y coordenada norte en UTM WGS84 Uso 19), un campo numérico decimal contiene la superficie de los polígonos en hectáreas, y otro corresponde a un identificador único de polígonos (ID).

3.2.7.3. Coherencia temática (Uso de la tierra actualizado) y extrapolación

Se completaron las bases de datos geográficas en base a la realidad observada en terreno, a la coherencia y capacidad de discriminación de las clasificaciones, y en base a la experiencia interpretativa del grupo de especialistas.

En este trabajo se aplicaron técnicas de mapeo indirecto de la vegetación para identificar el uso de la tierra. La técnica utilizada combina información de variables ambientales auxiliares y su relación con la vegetación descrita en terreno sumado al conocimiento del comportamiento fitosociológico extractados de estudios previos (Lizzi *et al.*, 2007).

En estos casos, donde la respuesta espectral es nula, la aproximación del mapeo indirecto de la vegetación constituye una alternativa, que consiste en mapear la vegetación a partir de la variación geográfica de los factores ambientales asociados a la presencia o ausencia de determinadas especies y/o comunidades (Cawsey *et al.* 2002; Franklin 2002 citados por Lizzi *et al.*, 2007). Para esto, se consideró información auxiliar que ayudó a identificar el uso, como el rango altitudinal de las especies, suelos, clima, exposición de laderas y la interpretación visual basada en opinión experta.

3.2.7.4. Resultado temático-geométrico

Se unieron las coberturas identificadas por separado extractadas en las distintas máscaras preliminares. Se consideró una unidad mínima cartografiable de 4 ha, exceptuando el uso bosque, en el que para lograr un mayor detalle en la identificación de las superficies boscosas fue preciso reducir su superficie mínima cartografiable para el rango de superficie de 0,5 a 3,99 hectáreas, rango en el que sólo se identificó en terreno los usos y subusos de esas unidades. Se realizaron los procedimientos de corrección de errores topológicos descritos en el ANEXO I. Para el cálculo de estadísticas se utilizó la división política administrativa proporcionada por ODEPA. Se realizó álgebra de mapas para la detección de cambios, identificándose los cambios de forma asociados al cambio de escala de aquellos cambios reales de uso de la tierra.

3.2.7.5. Verificación de los resultados en terreno

Se realizó una campaña de terreno por parte de la contraparte técnica de CONAF a las tres regiones para validar la información obtenida del mapa preliminar y hacer las correcciones que necesarias. Posteriormente se realizó una campaña final de terreno con el propósito de estimar el porcentaje de error del estudio.

Se consideraron como puntos válidamente visitados a los planes de manejo posteriores a 2008, entregados por las oficinas provinciales de CONAF así como a los lugares descritos con en la red de parcelas dendroenergéticas establecidas por CONAF. También se consideraron como puntos visitados las prospecciones realizadas por Patricio Novoa, Jefe Depto. Horticultura del Jardín Botánico Nacional de la Fundación Jardín Botánico Nacional, para las especies con problemas de conservación; así como las prospecciones realizadas por Claudio Alvarado del Depto. Medio Ambiente de la Municipalidad de Viña del Mar para palma chilena.

3.2.7.6. Cálculo del tipo de cambio

Mediante álgebra de mapas entre el monitoreo actual y los monitoreos anteriores, corregidos geométricamente, se calculó la superficie según las causales de cambio definidas hasta la fecha en el catastro de la vegetación nativa. Para esto se confeccionó un diccionario con la combinatoria total de los pares “pasado – presente”. A todas las posibles opciones se les asignó un código único definido en el Cuadro 2. Luego, y dado que el proceso responde a una intersección de coberturas, se seleccionó los subpolígonos más representativo contenidos en los polígonos 2013 (portadores del atributo tipo de cambio).

Cuadro 2. Tipo de cambio del uso de la tierra entre el monitoreo pasado y el presente.

TIPO DE CAMBIO	CÓDIGO
CRECIMIENTO MASAS NATURALES	1
HABILITACIÓN PARA USO AGRÍCOLA	2
HABILITACIÓN PARA PLANTACIÓN FORESTAL	3
CAMBIO DESDE CULTIVO AGRÍCOLA A PLANTACIÓN FORESTAL	4
COSECHA DE PLANTACIÓN FORESTAL	5
CRECIMIENTO DE PLANTACIÓN JOVEN A ADULTA	6
INTERVENCIONES SILVÍCOLAS EN BOSQUES	7
SUSTITUCIÓN DE BOSQUE NATIVO POR PLANTACIÓN	8
INCENDIOS Y/O QUEMAS NATURALES O ARTIFICIALES	9
DESGLIZAMIENTO DE TIERRA, ALUDES, LAVA	10
INUNDACIONES, CRECIDAS, CONSTRUCCIÓN DE EMBALSES	11
AVANCE DE DUNAS, DESERTIFICACIÓN	12
CRECIMIENTO URBANO, CONSTRUCCIÓN DE ÁREAS INDUSTRIALES, OBRAS CIVILES	13
CORRECCIÓN EN LA FOTOINTERPRETACIÓN O DESCRIPCIÓN ORIGINAL	14
PÉRDIDA DE BOSQUE NATIVO POR CAUSAL NO IDENTIFICADA	15
CAÍDA POR VIENTO	16
RETROCESO DE GLACIARES	17

4. RESULTADOS

4.1. REGIÓN DE VALPARAÍSO

4.1.1 Superficie de actualización

La actualización cartográfica se realizó sobre una superficie de 1.598.766 ha, abarcando la totalidad continental de la Región de Valparaíso. De esta superficie, un total de 227.928 ha correspondió a superficie de cambios significativos en el uso de la tierra, lo que representa 14,3% de la superficie regional (Cuadro 3). De esta superficie, el 74,7 % es producto de la corrección en la fotointerpretación o descripción de la anterior actualización del Catastro, localizándose principalmente la Provincia de San Antonio. La superficie efectiva de cambios (excluyendo la Causal 14) es de 57.702 ha, lo que representa 25,3 % de la superficie de cambios y corrección cartográfica.

Cuadro 3. Superficie actualizada según provincia

SUPERFICIE ACTUALIZADA SEGÚN PROVINCIA	Superficie total	Superficie con cambios significativos		Superficie de cambios excluyendo causal 14	
	ha	ha	%	ha	%
Los Andes	305.660	7.844	2,6	0	0,0
Margamarga	115.796	91.739	79,2	31.319	27,0
Petorca	459.626	9.532	2,1	0	0,0
Quillota	111.369	7.221	6,5	109	0,1
San Antonio	151.750	102.049	67,2	26.274	17,3
San Felipe	263.714	3.282	1,2	0	0,0
Valparaíso	190.850	6.263	3,3	0	0,0
Total general	1.598.766	227.928	14,3	57.702	3,6

El Cuadro 4 presenta el balance desagregado por comuna para la región de Valparaíso.

Cuadro 4. Superficie actualizada según comuna

SUPERFICIE ACTUALIZADA SEGÚN COMUNA	Superficie total		Superficie con cambios significativos		Superficie de cambios excluyendo causal 14	
	ha		ha	%	ha	%
Los Andes	305.660		7.844	2,6	0	0,0
Calle Larga	32.189		1.049	3,3	0	0,0
Los Andes	123.182		3.064	2,5	0	0,0
Rinconada	12.297		250	2,0	0	0,0
San Esteban	137.992		3.481	2,5	0	0,0
Margamarga	115.796		91.739	79,2	31.319	27,0
Limache	29.598		23.959	80,9	10.249	34,6
Olmué	23.050		19.108	82,9	6.722	29,2
Quilpué	53.605		42.632	79,5	13.321	24,9
Villa Alemana	9.542		6.040	63,3	1.027	10,8
Petorca	459.626		9.532	2,1	0	0,0
Cabildo	145.436		2.344	1,6	0	0,0
La Ligua	116.956		3.298	2,8	0	0,0
Papudo	16.637		417	2,5	0	0,0
Petorca	151.698		2.744	1,8	0	0,0
Zapallar	28.899		729	2,5	0	0,0
Quillota	111.369		7.221	6,5	109	0,1
Calera	5.960		303	5,1	0	0,0
Hijuelas	26.799		1.659	6,2	11	0,0
La Cruz	7.799		405	5,2	0	0,0
Nogales	40.564		3.401	8,4	37	0,1
Quillota	30.247		1.453	4,8	61	0,2
San Antonio	151.750		102.049	67,2	26.274	17,3
Algarrobo	17.711		12.451	70,3	2.608	14,7
Cartagena	24.415		17.778	72,8	4.874	20,0
El Quisco	5.241		2.522	48,1	1.148	21,9
El Tabo	10.048		4.604	45,8	1.799	17,9
San Antonio	40.796		28.132	69,0	7.837	19,2
Santo Domingo	53.540		36.561	68,3	8.007	15,0
San Felipe	263.714		3.282	1,2	0	0,0
Catemu	36.191		432	1,2	0	0,0
Llaillay	34.879		515	1,5	0	0,0
Panquehue	12.035		152	1,3	0	0,0
Putendo	145.324		1.813	1,2	0	0,0
San Felipe	18.654		222	1,2	0	0,0
Santa María	16.631		148	0,9	0	0,0

Valparaíso	190.850	6.263	3,3	0	0,0
Casablanca	95.419	2.401	2,5	0	0,0
Concón	7.605	156	2,1	0	0,0
Puchuncaví	30.078	600	2,0	0	0,0
Quintero	14.855	141	0,9	0	0,0
Valparaíso	30.969	2.761	8,9	0	0,0
Viña del Mar	11.926	203	1,7	0	0,0
Total general	1.598.766	227.928	14,3	57.702	3,6

4.1.2. Balance de superficies

El balance de superficies para el área de estudio se obtuvo a partir de la cartografía de actualización del catastro corregida (2001) y la cartografía actualizada 2013. La superficie de uso de la tierra corregida se refiere a una georreferenciación sobre un mosaico de imágenes ortorrectificado que se realizó a los polígonos del Catastro actualizado al 2001.

En base a esta información se procedió a calcular las áreas de cambio de uso de la tierra, en valores absolutos (hectáreas) y porcentuales (%). Los valores obtenidos corresponden a la diferencia de superficies de uso de la tierra entre los años 2013 y 2001.

En el Cuadro 5 se muestra el balance bruto (diferencia en hectáreas en el período 2001-2013) de uso actual del suelo desagregado a nivel de subusos y estructura en la Región de Valparaíso. A nivel de uso actual los mayores cambios porcentuales y de superficies se observan para el uso Bosque, aumentando en 382.728 ha equivalentes al 23,9 % de la superficie Regional. Dentro de esta clase el cambio principal se produjo en el subuso Bosque Nativo.

En el uso Áreas Urbanas-Industriales se observa un aumento en la superficie de 24.782 ha. Este crecimiento en superficie ocurre en ambos subusos, principalmente en Ciudades, Pueblos y Zonas Industriales.

Para el uso Terrenos Agrícolas se registró una disminución neta de 15.121 ha, que resulta de la disminución de 50.926 ha en el subuso Terrenos de Uso Agrícola y un aumento de 35.805 ha en el subuso Rotación Cultivo Pradera.

En el uso Praderas y Matorrales, se registró una disminución de superficie 356.489 ha. Los mayores cambios de superficie se observan en el subuso Matorral, con una disminución de 403.898 ha, lo que equivale a una disminución porcentual de 75% en comparación con la superficie ocupada por Matorral en el año 2001.

En relación a los otros usos, destaca el aumento de superficie de las áreas desprovistas de vegetación (9.500 ha) y Humedales (4.014 ha) y una disminución en el uso Nieves y Glaciares de 49.238 ha.

Cuadro 5. Evolución del Uso de la Tierra, Región de Valparaíso

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE		SUPERFICIE		CAMBIO
		2001	%	2013	%	
1	ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	33.723	2,1	58.505	3,7	24.782
	CIUDADES PUEBLOS					
1.1	ZONAS INDUSTRIALES	30.898	1,9	54.288	3,4	23.390
1.2	MINERIA INDUSTRIAL	2.825	0,2	4.217	0,3	1.392
2	TERRENOS AGRÍCOLAS	190.029	11,9	174.908	10,9	-15.121
	TERRENOS DE USO AGRÍCOLA					
2.1	ROTACIÓN CULTIVO PRADERA	137.222	8,6	86.296	5,4	-50.926
2.2		52.807	3,3	88.612	5,5	35.805
3	PRADERAS Y MATORRALES	871.099	54,5	514.610	32,2	-356.489
	PRADERAS					
3.1		73.950	4,6	94.878	5,9	20.927
3.1.1	ESTEPA ALTIPLÁNICA	0	0,0	0	0,0	0
3.1.2	ESTEPA ANDINA NORTE	0	0,0	0	0,0	0
3.1.3	PRADERAS ANUALES	47160	2,9	39.792	2,5	-7.368
3.1.4	PRADERAS PERENNES	907	0,1	0	0,0	-907
3.1.5	ESTEPA ANDINA CENTRAL	25.884	1,6	55.086	3,4	29.202
3.2	MATORRAL PRADERA	13.984	0,9	28.829	1,8	14.845
3.3	MATORRAL	540.871	33,8	136.962	8,6	-403.909
3.4	MATORRAL ARBORESCENTE	176.331	11,0	203.273	12,7	26.942
3.5	MATORRAL CON SUCULENTAS	64.381	4,0	50.311	3,1	-14.070
3.6	SUCULENTAS	1.582	0,1	358	0,0	-1.224

Cuadro 5 (continuación). Evolución del Uso de la Tierra, Región de Valparaíso

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE		SUPERFICIE		CAMBIO
		2001	%	2013	%	
4	BOSQUE	170.870	10,7	553.598	34,6	382.728
4.1	PLANTACIONES	64.293	4,0	68.758	4,3	4.465
4.1.1	ADULTA	50.091	3,1	45.924	2,9	-4.167
4.1.2	JOVEN O RECIEN COSECHADA	13.730	0,9	22.286	1,4	8.556
4.1.3	EXÓTICAS ASILVESTRADAS	472	0,0	548	0,0	76
4.2	NATIVO	106.365	6,7	484.116	30,3	377.751
4.2.1	ADULTO	1.128	0,1	1.150	0,1	22
4.2.2	RENOVAL	93.242	5,8	482.013	30,1	388.771
4.2.3	ADULTO RENOVAL	206	0,0	927	0,1	721
4.2.4	ACHAPARRADO	11.788	0,7	25	0,0	-11.763
4.3	MIXTOS	212	0,0	725	0,0	512
4.3.1	NATIVO PLANTACIÓN NATIVO CON	212	0,0	440	0,0	228
4.3.2	EXÓTICAS ASILVESTRADAS	0	0,0	285	0,0	285
5	HUMEDALES	5.837	0,4	9.851	0,6	4.014
	VEGETACIÓN HERBÁCEA					
5.1	PERMANENTEMENTE INUNDADA EN ORILLAS DE RÍOS	0	0,0	0	0,0	0
	MARISMAS HERBÁCEAS					
5.2	TEMPORALMENTE INUNDADAS POR EL MAR	0	0,0	0	0,0	0
5.3	ÑADIS HERBÁCEOS Y ARBUSTIVOS	0	0,0	0	0,0	0
5.4	TURBALES	0	0,0	0	0,0	0
5.5	BOFEDALES	0	0,0	0	0,0	0
5.6	VEGAS	2.308	0,1	7.099	0,4	4.791
5.7	OTROS TERRENOS HÚMEDOS	3.529	0,2	2.752	0,2	-777

Cuadro 5 (continuación). Evolución del Uso de la Tierra, Región de Valparaíso

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE 2001		%	SUPERFICIE 2013		%	CAMBIO
6	ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	220.240	13,8		229.739	14,4		9.500
6.1	PLAYAS Y DUNAS	7.177	0,4		6.128	0,4		-1.048
6.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	89.575	5,6		59.075	3,7		-30.500
6.3	TERRENOS SOBRE EL LIMITE ALTITUDINAL DE LA VEGETACIÓN	90.205	5,6		0	0,0		-90.205
6.4	CORRIDAS DE LAVA Y ESCORIALES	0	0,0		0	0,0		0
6.5	DERRUMBES SIN VEGETACIÓN	2.356	0,1		0	0,0		-2.356
6.6	SALARES	0	0,0		0	0,0		0
6.7	OTROS SIN VEGETACIÓN	24.722	1,5		156.332	9,8		131.611
6.8	CAJAS DE RÍO	6.206	0,4		8.204	0,5		1.998
7	NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	101.528	6,4		52.290	3,3		-49.238
7.1	NIEVES	94.992	5,9		39.369	2,5		-55.623
7.2	GLACIARES	6.537	0,4		12.921	0,8		6.384
8	CUERPOS DE AGUA	5.440	0,3		5.264	0,3		-176
8.1	MAR	42	0,0		667	0,0		624
8.2	RÍOS	1.155	0,1		1.587	0,1		432
8.3	LAGOS LAGUNAS EMBALSES	4.243	0,3		3.010	0,2		-1.233
	Total general	1.598.766	100,0		1.598.766	100,0		0

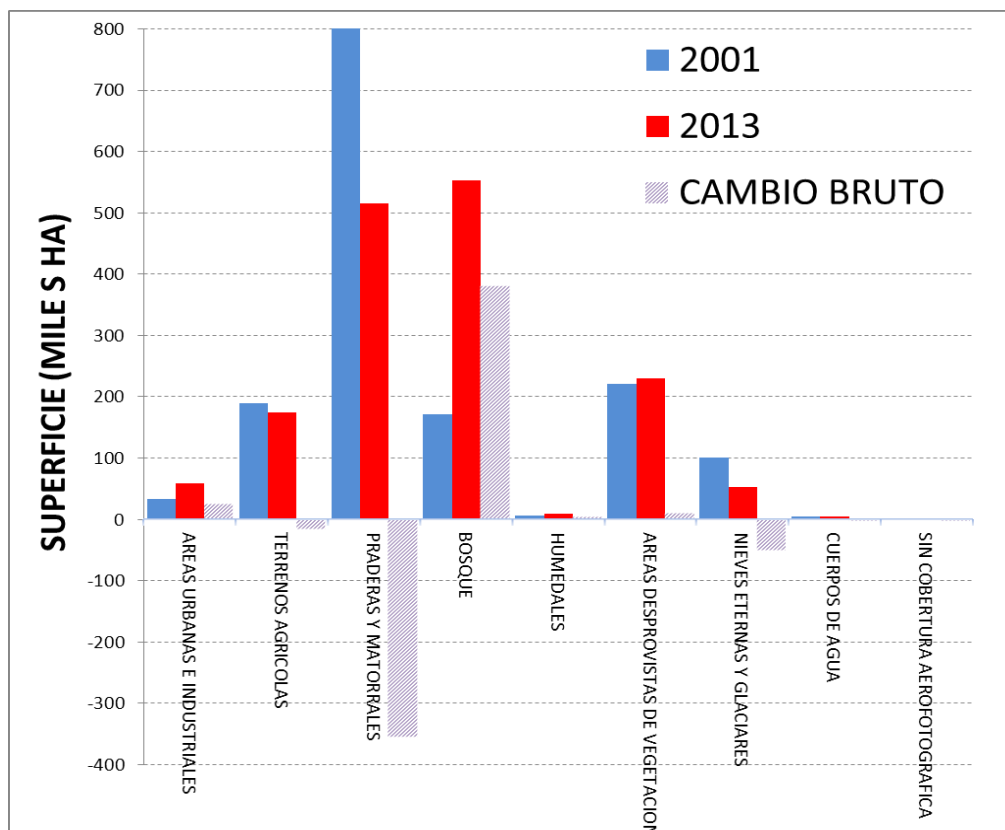


Figura 17. Superficie de uso de la tierra actual, 2013, e identificada en el monitoreo anterior 2001. Cambio bruto en la superficie, Región de Valparaíso.

Cuadro 6. Matriz de movimiento de cambio del Uso de la Tierra, Región de Valparaíso

USO 2001	USO 2013										Total general	%
	1	2	3	4.1	4.2	4.3	5	6	7	8		
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	30.057	1.295	932	501	616	4	0	226	0	93	33.723	2,1
TERRENOS AGRÍCOLAS	9.912	130.300	27.788	7.083	12.703	131	56	1.563	0	493	190.029	11,9
PRADERAS Y MATORRALES	12.908	36.596	388.491	15.343	369.704	343	3.751	40.564	2.262	1.135	871.099	54,5
BOSQUE PLANTACIONES	2.990	2.213	6.398	43.074	8.865	138	52	405	0	158	64.293	4,0
BOSQUE NATIVO	389	1.855	17.113	1.685	84.749	35	0	462	0	76	106.365	6,7
BOSQUE MIXTOS	19	13	69	32	25	53	0	0	0	1	212	0,0
HUMEDALES	60	337	1.769	113	442	18	2.135	842	62	59	5.837	0,4
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.928	1.976	63.421	706	6.527		3.110	120.355	21.417	799	220.240	13,8
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	7.049	11	74		686	65.160	28.549	0	101.528	6,4
CUERPOS DE AGUA	243	323	1.580	210	411	3	60	161	0	2.450	5.440	0,3
Total general	58.505	174.908	514.610	68.758	484.116	725	9.851	229.739	52.290	5.264	1.598.766	100,0
%	3,7	10,9	32,2	4,3	30,3	0,0	0,6	14,4	3,3	0,3	100,0	

Cuadro 7. Matriz de movimiento de cambio del Uso de la Tierra hacia bosque (uso, subuso y estructura), Región de Valparaíso

USO 2013	USO 2001												5	6	7	8	9	Total general	%
	1	2	3	4.1	4.2				4.3	4.3									
	4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.3.1	4.3.2										
BOSQUE																			
PLANTACIONES	501	7.083	15.343	34.135	8.833	106	0	1.685	0	0	32	0	113	706	11	210	0	68.758	12,4
ADULTA	444	3.936	9.764	24.410	5.277	46	0	1.046	0	0	32	0	112	662	11	189	0	45.929	8,3
JOVEN O RECIEN COSECHADA	51	3.125	5.455	9.681	3.269	0	0	638	0	0	0	0	1	39	0	21	0	22.281	4,0
EXOTICAS ASILVESTRADAS	6	22	124	43	287	60	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	548	0,1
NATIVO	616	12.703	369.704	6.387	2.369	110	1.127	75.548	188	7.886	25	0	442	6.527	74	411	0	484.116	87,4
ADULTO	17	31	159	3	0	0	0	853	61	0	0	0	3	24	0	0	0	1.150	0,2
RENOVAL	599	12.670	368.595	6.384	2.369	110	1.127	74.695	127	7.886	25	0	440	6.503	74	411	0	482.014	87,1
ADULTO RENOVAL	0	3	924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	927	0,2
ACHAPARRADO	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0,0
MIXTOS	4	131	343	132	6	0	0	35	0	0	53	0	18	0	0	3	0	725	0,1
NATIVO PLANTACION	0	77	223	94	3	0	0	24	0	0	0	0	18	0	0	1	0	440	0,1
NATIVO CON EXOTICAS																			
ASILVESTRADAS	4	54	120	37	4	0	0	11	0	0	53	0	0	0	0	2	0	285	0,0
Total bosque	1.120	19.917	385.391	40.654	11.208	215	1.127	77.268	188	7.886	110	0	573	7.233	85	624	0	553.598	100
%	0,2	3,6	69,6	7,3	2,0	0,0	0,2	14,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,1	1,3	0,0	0,1	0,0	100,0	

4.1.3. Movimiento de cambio hacia uso bosques

El Cuadro 7 presenta el movimiento de superficies desde otros usos a uso Bosques para el período 2001-2013. Se prefirió mostrar la información de esta forma (hacia bosque y no desde bosque), ya que se da cuenta de las cantidades de bosque actual (más de medio millón de ha para la Región de Valparaíso), que corresponde a propósito de este trabajo de actualización. La mayor superficie en la categoría Bosque al año 2013 corresponde a Bosque Nativo con 484.116 ha, lo que representa 87,4 %. El movimiento más importante hacia Bosque Nativo alcanzó, para el período analizado, una superficie de 369.704 ha desde el uso Praderas y Matorrales. Mientras que se mantienen 84.749 ha de bosque nativo de 2001 a 2013.

El principal movimiento en la estructura Bosque Nativo Adulto ocurre por una dinámica de cambio de 1127 ha que pasan a Bosque Renoval. Por otra parte, el Bosque Nativo Adulto aumentó en el año 2013 a partir de Renovales (853 ha), y Praderas y Matorrales (159 ha).

La estructura Renoval aumentó su superficie en 388.771 ha de las cuales el mayor aumento proviene de Praderas y Matorrales (368.595 ha). Existe una dinámica de cambio de la estructura Renoval hacia el subuso Plantaciones (1.685 ha) y hacia el subuso Mixto (35 ha).

El Bosque Adulto Renoval aumentó su superficie en 739 ha, sin embargo del Cuadro 7 se puede apreciar que de las 927 ha actuales, cero provienen de la misma estructura en 2001.

Los Bosques Achaparrados tuvieron un cambio neto negativo pasando de 7.886 ha en 2001 a solamente 25 ha. De la superficie registrada para bosques achaparrados de 2001, en la actualidad toda ésta es clasificada como renovales.

Los bosques mixtos aumentaron de 212 ha a 725 ha, incorporándose 440 nuevas ha en la estructura Nativo Plantación provenientes principalmente del uso Praderas y Matorrales seguido de plantación adulta.

El subuso Plantación representa el 12,4 % de la superficie de bosque actual. Los principales ingresos de este subuso provienen del uso Praderas y Matorrales (15.343 ha). Dentro de las Plantaciones la estructura que ocupa mayor superficie es Plantación Adulta ocupando el 8,3% de los bosques de la Región de Valparaíso seguido de Plantación Joven o recién Cosechada (22.281 ha, Cuadro 7).

4.1.4. Balance de superficies según bosque nativo

En el área de estudio se localizan cinco tipos forestales: Ciprés de la Cordillera, Esclerófilo, Palma Chilena y Roble Hualo y Siempreverde (2001) (Cuadro 8). El Cuadro 8 muestra la información de la superficie de cambio de bosque nativo en el período, desagregada por tipo y subtipo forestal.

Cuadro 8. Balance de superficie por tipo y subtipo forestal

TIPO FORESTAL	SUBTIPO FORESTAL	Superficie 2001 ha	Superficie 2013 ha	CAMBIO ha
CIPRES DE LA CORDILLERA		0	49	49
ESCLEROFILO		104.297	475.194	370.897
	BELLOTO O LINGUE	0	311	311
	ESCLEROFILO	11.721	88.645	76.924
	ESPINO	7.704	138.826	131.122
	PEUMO QUILLAY LITRE	84.871	247.413	162.542
PALMA CHILENA		427	7.648	7.221
ROBLE HUALO		649	1.224	575
	ROBLE DEL NORTE	649	1.224	575
				0
SIEMPREVERDE		992	0	-992
	OLIVILLO DEL NORTE	992	0	-992
Total general		106.365	484.116	377.751

El mayor cambio negativo se observó en el tipo forestal Siempreverde (Cuadro 8), con una disminución de 992 ha. Este movimiento se interpreta como un cambio en la manera de clasificar el tipo siempre verde en base a sus especies dominantes más que a un cambio real por pérdida de masa boscosa.

El tipo forestal Esclerófilo presentó el mayor movimiento positivo con 370.897 ha nuevas, de las cuales destaca el aumento en los subtipos Peumo Quillay Litre y Espino. El subtipo Espino muestra una clara subrepresentación en el monitoreo 2001, oportunidad en que fue considerado dentro del uso Praderas y Matorrales.

El tipo forestal Palma Chilena también muestra un claro aumento respecto al monitoreo 2001. En la actualización 2013 se realizaron campañas de terreno dirigidas a detectar palma chilena y se incluyó, además las observaciones realizadas en terreno por Patricio Novoa y Claudio Alvarado.

El tipo forestal Roble del norte presentó un movimiento positivo de 575 ha. Gran parte de este cambio se explica por las técnicas de clasificación de imágenes donde este tipo forestal mostró una clara separabilidad con respecto a las otras formaciones vegetacionales.

El tipo forestal Ciprés de la Cordillera mostró un aumento de 49 ha, registrándose como un nuevo tipo forestal en el catastro del bosque nativo para la Región de Valparaíso.

Cuadro 9. Balance de superficie por tipo forestal, subtipo forestal y estructura

TIPO FORESTAL	SUBTIPO FORESTAL	ESTRUCTURA	Superficie 2001 (ha)	Superficie 2013 (ha)	CAMBIO (ha)
CIPRES DE LA CORDILLERA			0	49	49
	NO APLICA		0	49	49
		ADULTO	0	0	0
		RENOVAL	0	24	24
		ADULTO RENOVAL	0	0	0
		ACHAPARRADO	0	25	25
ESCLEROFILO			104.297	475.194	370.897
	BELLOTO O LINGUE		0	311	311
		ADULTO	0	311	311
		RENOVAL	0	0	0
		ADULTO RENOVAL	0	0	0
		ACHAPARRADO	0	0	0
	ESCLEROFILO		11.721	88.645	76.924
		ADULTO	136	0	-136
		RENOVAL	10.766	88.645	77.879
		ADULTO RENOVAL	0	0	0
		ACHAPARRADO	819	0	-819
	ESPINO		7.704	138.826	131.122
		ADULTO	0	0	0
		RENOVAL	327	138.807	138.480
		ADULTO RENOVAL	0	20	20
		ACHAPARRADO	7.378	0	-7.378
	PEUMO QUILLAY LITRE		84.871	247.413	162.542
		ADULTO	0	625	625
		RENOVAL	81.280	245.880	164.601
		ADULTO RENOVAL	0	907	907
		ACHAPARRADO	3.591	0	-3.591
PALMA CHILENA			427	7.648	7.221
	NO APLICA		427	7.648	7.221
		ADULTO	0	214	214
		RENOVAL	221	7.434	7.213
		ADULTO RENOVAL	206	0	-206
		ACHAPARRADO	0	0	0
ROBLE HUALO			649	1.224	575
	ROBLE DEL NORTE		649	1.224	575
		ADULTO	0	0	0
		RENOVAL	649	1.224	575
		ADULTO RENOVAL	0	0	0
		ACHAPARRADO	0	0	0
SIEMPREVERDE			992	0	-992
	OLIVILLO DEL NORTE		992	0	-992
		ADULTO	992	0	-992
		RENOVAL	0	0	0
		ADULTO RENOVAL	0	0	0
		ACHAPARRADO	0	0	0
Total general			106.365	484.116	377.751

El Bosque Nativo Adulto presenta un balance positivo de la superficie con un aumento de 22 ha. Se observa una dinámica de cambio positivo en los tipos forestales Esclerófilo y Palma Chilena con 800 ha y 214 ha, respectivamente. Existe una dinámica de cambio negativo en el tipo forestal Siempreverde de 992 ha (Cuadro 9), explicable por asignación a otro tipo forestal.

El Bosque Nativo Renoval presenta un balance positivo de la superficie con 473.332 ha en el periodo entre 2001-2013. Esta dinámica sucede prioritariamente en el tipo forestal Esclerófilo, subtipos Peumo Quillay Litre y Espino (Cuadro 9).

El Bosque Nativo Adulto-Renoval, muestra una dinámica de cambio positiva de 720 ha. El tipo Forestal Palma Chilena, presenta una disminución o cambio negativo de la estructura Adulto renoval equivalente a 206 ha (Cuadro 9).

El Bosque Achaparrado posee una dinámica de cambio negativa de 11.762 ha. Este efecto se concentra principalmente en el tipo forestal Esclerófilo, subtipo espino (Cuadro 9).

4.1.5 Evolución del cambio en usos y subusos

En el análisis de la evolución de los cambios producidos en la actualización de la clasificación del Catastro se muestran los cambios en los usos Áreas urbanas e industriales, Terrenos Agrícolas, Praderas y Matorrales, Plantaciones, Bosque Nativo, Bosque Mixto, Humedales, Áreas Desprovistas de Vegetación, Nieves y Glaciares y Cuerpos de Agua.

4.1.5.1 Evolución de las Áreas Urbanas e Industriales

El Cuadro 10 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Áreas Urbanas e Industriales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Áreas Urbanas e Industriales experimentó un aumento neto de 24.782 ha, de las cuales el mayor ingreso proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 10. Balance de la superficie de cambio de Áreas urbanas e industriales 2001 -2013

USO REGION VALAPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
TERRENOS AGRÍCOLAS	9.912	1.295	8.617
PRADERAS Y MATORRALES	12.908	932	11.976
BOSQUE PLANTACIÓN	2.990	501	2.489
BOSQUE NATIVO	389	616	-227
BOSQUE MIXTO	19	4	15
HUMEDALES	60	0	60
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.928	226	1.702
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
CUERPOS DE AGUA	243	93	150
SUBTOTAL	28.448	3.666	24.782
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES 2001			33.723
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES 2013			58.505

4.1.5.2 Evolución de los Terrenos Agrícolas

El Cuadro 11 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Terrenos Agrícolas. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Terrenos Agrícolas experimentó una disminución neta de 15.121 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 11. Balance de la superficie de cambio de Terrenos Agrícolas 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	1.295	9.912	-8.617
PRADERAS Y MATORRALES	36.596	27.788	8.808
BOSQUE PLANTACIÓN	2.213	7.083	-4.871
BOSQUE NATIVO	1.855	12.703	-10.848
BOSQUE MIXTO	13	131	-118
HUMEDALES	337	56	282
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.976	1.563	413
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
CUERPOS DE AGUA	323	493	-170
SUBTOTAL	44.608	59.729	-15.121
TERRENOS AGRÍCOLAS 2001			190.029
TERRENOS AGRÍCOLAS 2013			174.908

4.1.5.3 Evolución de las Praderas y Matorrales

El Cuadro 12 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Praderas y Matorrales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en el período entre actualizaciones. El uso Praderas y Matorrales experimentó una disminución neta de 356.489 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Áreas Desprovistas de Vegetación.

Cuadro 12. Balance de la superficie de cambio de Praderas y Matorrales 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	932	12.908	-11.976
TERRENOS AGRÍCOLAS	27.788	36.596	-8.808
BOSQUE PLANTACIÓN	6.398	15.343	-8.945
BOSQUE NATIVO	17.113	369.704	-352.591
BOSQUE MIXTO	69	343	-275
HUMEDALES	1.769	3.751	-1.982
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	63.421	40.564	22.856
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	7.049	2.262	4.787
CUERPOS DE AGUA	1.580	1.135	445
SUBTOTAL	126.119	482.608	-356.489
PRADERAS Y MATORRALES 2001			871.099
PRADERAS Y MATORRALES 2013			514.610

4.1.5.4 Evolución de las Plantaciones Forestales

El Cuadro 13 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Plantaciones Forestales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Plantaciones Forestales experimentó un aumento neto de 4.465 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 13. Balance de la superficie de cambio de Plantaciones forestales 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	501	2.990	-2.489
TERRENOS AGRÍCOLAS	7.083	2.213	4.871
PRADERAS Y MATORRALES	15.343	6.398	8.945
BOSQUE NATIVO	1.685	8.865	-7.180
BOSQUE MIXTO	32	138	-106
HUMEDALES	113	52	61
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	706	405	301
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	11	0	11
CUERPOS DE AGUA	210	158	52
SUBTOTAL	25.684	21.219	4.465
PLANTACIONES 2001			64.293
PLANTACIONES 2013			68.758

4.1.5.5 Evolución del Bosque Nativo

El Cuadro 14 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Bosque Nativo. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Bosque Nativo experimentó un aumento neto de 377.751 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Mixto, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales (352.591 ha, 72,8% de la nueva superficie de bosque nativo).

Cuadro 14. Balance de la superficie de cambio de Bosque Nativo 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	616	389	227
TERRENOS AGRÍCOLAS	12.703	1.855	10.848
PRADERAS Y MATORRALES	369.704	17.113	352.591
BOSQUE PLANTACIÓN	8.865	1.685	7.180
BOSQUE MIXTO	25	35	-10
HUMEDALES	442	0	442
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	6.527	462	6.064
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	74	0	74
CUERPOS DE AGUA	411	76	335
SUBTOTAL	399.367	21.615	377.751
BOSQUE NATIVO 2001			106.365
BOSQUE NATIVO 2013			484.116

4.1.5.6 Evolución del Bosque Mixto

El Cuadro 15 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Bosque Mixto. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Bosque Mixto experimentó un aumento neto de 512 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Áreas Urbanas e Industriales, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 15. Balance de la superficie de cambio de Bosque Mixto 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	4	19	-15
TERRENOS AGRÍCOLAS	131	13	118
PRADERAS Y MATORRALES	343	69	275
BOSQUE PLANTACIÓN	138	32	106
BOSQUE NATIVO	35	25	0
HUMEDALES	18	0	18
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	0	0	0
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
CUERPOS DE AGUA	3	1	1
SUBTOTAL	671	159	512
BOSQUE MIXTO 2001			212
BOSQUE MIXTO 2013			725

4.1.5.7 Evolución de los Humedales

El Cuadro 16 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Humedales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Humedales experimentó un aumento neto de 4.014 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte neto proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Áreas Desprovistas de Vegetación (2.268 ha), seguido de Praderas y Matorrales (1.982 ha).

Cuadro 16. Balance de la superficie de cambio de Humedales 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	0	60	-60
TERRENOS AGRÍCOLAS	56	337	-282
PRADERAS Y MATORRALES	3.751	1.769	1.982
BOSQUE PLANTACIÓN	52	113	-61
BOSQUE NATIVO	0	442	-442
BOSQUE MIXTO	0	18	-18
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	3.110	842	2.268
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	686	62	625
CUERPOS DE AGUA	60	59	1
SUBTOTAL	7.716	3.702	4.014
HUMEDALES 2001			5.837
HUMEDALES 2013			9.851

4.1.5.8 Evolución de las Áreas Desprovistas de Vegetación

El Cuadro 17 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Áreas Desprovistas de Vegetación. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Áreas Desprovistas de Vegetación experimentó un aumento neto de 9.500 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Praderas y Matorrales, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Nieves Eternas y Glaciares.

Cuadro 17. Balance de la superficie de cambio de Áreas desprovistas de vegetación 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	226	1.928	-1.702
TERRENOS AGRÍCOLAS	1.563	1.976	-413
PRADERAS Y MATORRALES	40.564	63.421	-22.856
BOSQUE PLANTACIÓN	405	706	-301
BOSQUE NATIVO	462	6.527	-6.064
BOSQUE MIXTO	0	0	0
HUMEDALES	842	3.110	-2.268
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	65.160	21.417	43.742
CUERPOS DE AGUA	161	799	-638
SUBTOTAL	109.384	99.884	9.500
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN 2001			220.240
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN 2013			229.739

4.1.5.9 Evolución de las Nieves y Glaciares

El Cuadro 18 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Nieves Eternas y Glaciares. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Nieves Eternas y Glaciares experimentó en la Región de Valparaíso una disminución neta de 49.238 ha, de las cuales la mayor dinámica se da por movimientos en el uso áreas desprovistas de vegetación.

Cuadro 18. Balance de la superficie de cambio de Nieves y Glaciares 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	0	0	0
TERRENOS AGRÍCOLAS	0	0	0
PRADERAS Y MATORRALES	2.262	7.049	-4.787
BOSQUE PLANTACIÓN	0	11	-11
BOSQUE NATIVO	0	74	-74
BOSQUE MIXTO	0	0	0
HUMEDALES	62	686	-625
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	21.417	65.160	-43.742
CUERPOS DE AGUA	0	0	0
SUBTOTAL	23.741	72.980	-49.238
NIEVES Y GLACIARES 2001			101.528
NIEVES Y GLACIARES 2013			52.290

4.1.5.10 Evolución de los Cuerpos de Agua

El Cuadro 19 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Cuerpos de Agua. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Cuerpos de Agua experimentó una disminución neta de 176 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Praderas y Matorrales, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Áreas Desprovistas de Vegetación (Cajas de Río).

Cuadro 19. Balance de la superficie de cambio de Cuerpos de Agua 2001 -2013

USO REGION VALPARAÍSO	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	93	243	-150
TERRENOS AGRÍCOLAS	493	323	170
PRADERAS Y MATORRALES	1.135	1.580	-445
BOSQUE PLANTACIÓN	158	210	-52
BOSQUE NATIVO	76	411	-335
BOSQUE MIXTO	1	3	-1
HUMEDALES	59	60	-1
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	799	161	638
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
SUBTOTAL	2.815	2.991	-176
CUERPOS DE AGUA 2001			5.440
CUERPOS DE AGUA 2013			5.264

4.2. REGIÓN METROPOLITANA

4.2.1 Superficie de actualización

La actualización cartográfica se realizó sobre una superficie de 1.539.631 ha, abarcando la totalidad de la Región Metropolitana de Santiago. De esta superficie, un total de 1.081.236 ha correspondió a superficie de cambios significativos en el uso de la tierra, lo que representa 70,2% de la superficie regional (Cuadro 20). De esta superficie, el 61,8 % es producto de la corrección en la fotointerpretación o descripción de la anterior actualización del Catastro, localizándose principalmente la Provincia de Melipilla. La superficie efectiva de cambios (excluyendo la Causal 14) es de 412.147 ha, lo que representa 38,2 % de la superficie de cambios y corrección cartográfica y el 26,8% de la superficie regional.

Cuadro 20. Superficie actualizada según provincia

SUPERFICIE ACTUALIZADA SEGÚN PROVINCIA	Superficie total	Superficie con cambios significativos		Superficie de cambios excluyendo causal 14	
	ha	ha	%	ha	%
Chacabuco	207.254	161.080	77,7	50.942	24,6
Cordillera	552.194	314.110	56,9	37.238	6,7
Maipo	112.184	77.559	69,1	17.659	15,7
Melipilla	406.879	331.447	81,5	204.359	50,2
Santiago	203.064	156.548	77,1	88.433	43,5
Talagante	58.055	40.491	69,7	13.517	23,3
Total general	1.539.631	1.081.236	70,2	412.147	26,8

El Cuadro 21 muestra el balance desagregado por comuna para la región Metropolitana de Santiago.

Cuadro 21. Superficie actualizada según comuna

SUPERFICIE ACTUALIZADA SEGÚN COMUNA	Superficie total	Superficie con cambios significativos		Superficie de cambios excluyendo causal 14	
	ha	ha	%	ha	%
Chacabuco	207.254	161.080	77,7	50.942	24,6
Colina	97.035	66.900	68,9	20.659	21,3
Lampa	44.903	36.701	81,7	12.327	27,5
Tiltil	65.316	57.479	88,0	17.956	27,5
Cordillera	552.194	314.110	56,9	37.238	6,7
Pirque	44.473	31.892	71,7	13.374	30,1
Puente Alto	8.809	2.540	28,8	933	10,6
San José de Maipo	498.913	279.678	56,1	22.930	4,6
Maipo	112.184	77.559	69,1	17.659	15,7
Buín	21.885	16.682	76,2	1.559	7,1
Calera de Tango	7.300	3.851	52,8	812	11,1
Paine	67.649	48.156	71,2	12.748	18,8
San Bernardo	15.351	8.870	57,8	2.541	16,6
Melipilla	406.879	331.447	81,5	204.359	50,2
Alhué	84.364	59.304	70,3	32.753	38,8
Curacaví	69.498	56.684	81,6	27.579	39,7
María Pinto	39.451	34.902	88,5	20.062	50,9
Melipilla	134.165	113.178	84,4	80.879	60,3
San Pedro	79.401	67.380	84,9	43.085	54,3

Cuadro 21 (continuación). Superficie actualizada según comuna

SUPERFICIE ACTUALIZADA SEGÚN COMUNA	Superficie total	Superficie con cambios significativos		Superficie de cambios excluyendo causal 14	
	ha	ha	%	ha	%
Santiago	203.064	156.548	77,1	88.433	43,5
Cerrillos	1.672	1.672	100,0	1.672	100,0
Cerro Navia	1.118	986	88,2	986	88,2
Conchalí	1.094	1.094	100,0	1.094	100,0
Ñuñoa	1.683	1.683	100,0	1.683	100,0
El Bosque	1.417	1.417	100,0	1.417	100,0
Estación Central	1.432	1.432	100,0	1.432	100,0
Huechuraba	4.510	3.961	87,8	2.551	56,6
Independencia	749	749	100,0	749	100,0
La Cisterna	1.011	1.011	100,0	1.011	100,0
La Florida	7.114	6.190	87,0	4.994	70,2
La Granja	993	993	100,0	993	100,0
La Pintana	3.070	2.879	93,8	1.836	59,8
La Reina	2.354	2.261	96,0	2.015	85,6
Las Condes	9.857	7.893	80,1	6.038	61,3
Lo Barnechea	102.514	65.419	63,8	18.402	18,0
Lo Espejo	819	819	100,0	819	100,0
Lo Prado	660	660	100,0	660	100,0
Macul	1.276	1.276	100,0	1.276	100,0
Maipú	13.768	12.950	94,1	9.069	65,9
Peñalolén	5.355	4.082	76,2	3.542	66,1
Pedro Aguirre Cerda	865	865	100,0	865	100,0
Providencia	1.431	1.292	90,3	1.292	90,3
Pudahuel	19.764	16.959	85,8	9.417	47,6
Quilicura	5.676	5.516	97,2	2.915	51,4
Quinta Normal	1.177	1.177	100,0	1.177	100,0
Recoleta	1.573	1.473	93,7	1.473	93,7
Renca	2.391	2.312	96,7	1.565	65,4
San Joaquín	984	984	100,0	984	100,0
San Miguel	957	957	100,0	957	100,0
San Ramón	629	629	100,0	629	100,0
Santiago	2.310	2.310	100,0	2.310	100,0
Vitacura	2.839	2.646	93,2	2.608	91,8
Talagante	58.055	40.491	69,7	13.517	23,3
El Monte	11.537	8.356	72,4	2.821	24,4
Isla de Maipo	18.732	14.046	75,0	5.014	26,8
Padre Hurtado	8.079	6.110	75,6	3.393	42,0
Peñaflor	6.901	3.890	56,4	863	12,5
Talagante	12.806	8.090	63,2	1.425	11,1
Total general	1.539.631	1.081.236	70,2	412.147	26,8

4.2.2. Balance de superficies

El balance de superficies para el área de estudio se obtuvo a partir de la cartografía de actualización del catastro corregida (2001) y la cartografía actualizada 2013. La superficie de uso de la tierra corregida se refiere a una georreferenciación sobre un mosaico de imágenes ortorrectificado que se realizó a los polígonos del Catastro actualizado al 2001.

En base a esta información se procedió a calcular las áreas de cambio de uso de la tierra, en valores absolutos (hectáreas) y porcentuales (%). Los valores obtenidos corresponden a la diferencia de superficies de uso de la tierra entre los años 2013 y 2001.

El Cuadro 22 muestra el balance bruto (diferencia en hectáreas en el período 2001-2013) de uso actual del suelo desagregado a nivel de subusos y estructura en la Región Metropolitana. A nivel de uso actual los mayores cambios porcentuales de superficies se observan para el uso Praderas y Matorrales, disminuyendo en 274.612 ha equivalentes al 17,8 % de la superficie Regional. Dentro de esta clase el cambio principal se produjo en el subuso Matorral (- 371.978 ha).

Dentro del uso Áreas Urbanas e Industriales se observa un incremento en la superficie destinada a Ciudades, Pueblos y Zonas Industriales de 47.926 ha y Minería Industrial con 3142 ha, lo cual conjuntamente equivale en términos relativos a un incremento del uso en 60,0% respecto al año 2001.

Para el uso Terrenos Agrícolas se registró una disminución neta de 26.844 ha, que resulta de la disminución de 154.204 ha en el subuso Terrenos de Uso Agrícola y un aumento de 127.360 ha en el subuso Rotación Cultivo Pradera.

En el uso Bosques, se registró un aumento de superficie 261.625 ha. Los mayores cambios de superficie se observan en el subuso Nativo, equivalente a 258.672 ha, lo que equivale a un aumento porcentual de 245% en comparación con la superficie establecida en el año 2001. Adicionalmente se encontró un aumento de 2.940 ha de Plantaciones al año 2013.

En relación a los otros usos, destaca la considerable disminución de las áreas desprovistas de vegetación (-114.211 ha) y el aumento en el uso Nieves Eternas y Glaciares (92.700) por una mejor identificación de los glaciares gracias al aporte de la Dirección General de Aguas (DGA) y a la mayor presencia de nieves al momento de la captura de las imágenes satelitales.

Cuadro 22. Evolución del Uso de la tierra, Región Metropolitana

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE		SUPERFICIE		CAMBIO
		2001	%	2013	%	
1	ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	83.693	5,4	134.760	8,8	51.067
	CIUDADES PUEBLOS					
1.1	ZONAS INDUSTRIALES	78.338	5,1	126.264	8,2	47.926
1.2	MINERIA INDUSTRIAL	5.355	0,3	8.496	0,6	3.142
2	TERRENOS AGRÍCOLAS	245.947	16,0	219.103	14,2	-26.844
2.1	TERRENOS DE USO AGRÍCOLA	229.279	14,9	75.075	4,9	-154.204
2.2	ROTACIÓN CULTIVO PRADERA	16.668	1,1	144.028	9,4	127.360
3	PRADERAS Y MATORRALES	709.449	46,1	434.837	28,2	-274.612
3.1	PRADERAS	36.434	2,4	159.498	10,4	123.064
3.1.1	ESTEPA ALTIPLÁNICA	0	0,0	0	0,0	0
3.1.2	ESTEPA ANDINA NORTE	0	0,0	0	0,0	0
3.1.3	PRADERAS ANUALES	15.023	1,0	19.523	1,3	4.500
3.1.4	PRADERAS PERENNES	3.300	0,2	0	0,0	-3.300
3.1.5	ESTEPA ANDINA CENTRAL	18.111	1,2	139.975	9,1	121.864
3.2	MATORRAL PRADERA	15.154	1,0	4.910	0,3	-10.244
3.3	MATORRAL	478.440	31,1	106.462	6,9	-371.978
3.4	MATORRAL ARBORESCENTE	145.986	9,5	113.130	7,3	-32.856
3.5	MATORRAL CON SUCULENTAS	31.852	2,1	43.036	2,8	11.184
3.6	SUCULENTAS	1.583	0,1	7.801	0,5	6.218

Cuadro 22. (continuación). Evolución del Uso de la tierra, Región Metropolitana

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE		SUPERFICIE		CAMBIO
		2001	%	2013	%	
4	BOSQUE	111.729	7,3	373.354	24,2	261.625
4.1	PLANTACIONES	6.241	0,4	9.181	0,6	2.940
4.1.1	ADULTA	5.005	0,3	5.561	0,4	556
4.1.2	JOVEN O RECIEN COSECHADA	1.235	0,1	3.598	0,2	2.363
4.1.3	EXÓTICAS ASILVESTRADAS	0	0,0	22	0,0	22
4.2	NATIVO	105.284	6,8	363.955	23,6	258.672
4.2.1	ADULTO	2	0,0	19	0,0	17
4.2.2	RENOVAL	99.420	6,5	346.697	22,5	247.277
4.2.3	ADULTO RENOVAL	5.862	0,4	17.239	1,1	11.377
4.2.4	ACHAPARRADO	0	0,0	0	0,0	0
4.3	MIXTOS	205	0,0	218	0,0	13
4.3.1	NATIVO PLANTACIÓN NATIVO CON	205	0,0	25	0,0	-180
4.3.2	EXÓTICAS ASILVESTRADAS	0	0,0	193	0,0	193
5	HUMEDALES	6.505	0,4	12.515	0,8	6.011
	VEGETACIÓN HERBÁCEA					
5.1	PERMANENTEMENTE INUNDADA EN ORILLAS DE RÍOS	142	0,0	98	0,0	-44
	MARISMAS HERBÁCEAS					
5.2	TEMPORALMENTE INUNDADAS POR EL MAR	0	0,0	0	0,0	0
5.3	ÑADIS HERBÁCEOS Y ARBUSTIVOS	0	0,0	0	0,0	0
5.4	TURBALES	0	0,0	0	0,0	0
5.5	BOFEDALES	0	0,0	0	0,0	0
5.6	VEGAS	5.567	0,4	11.463	0,8	5.896
5.7	OTROS TERRENOS HÚMEDOS	796	0,1	955	0,0	-159

Cuadro 22. (continuación). Evolución del Uso de la tierra, Región Metropolitana

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE 2001		%	SUPERFICIE 2013		%	CAMBIO
6	ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	369.229	24,0		255.019	16,6		-114.211
6.1	PLAYAS Y DUNAS	50	0,0		0	0,0		-50
6.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	24.613	1,6		81.513	5,3		56.901
6.3	TERRENOS SOBRE EL LIMITE ALTITUDINAL DE LA VEGETACIÓN	267.702	17,4		0	0,0		-267.702
6.4	CORRIDAS DE LAVA Y ESCORIALES	1.033	0,1		0	0,0		-1.033
6.5	DERRUMBES SIN VEGETACIÓN	2.817	0,2		98	0,0		-2.719
6.6	SALARES	0	0,0		0	0,0		0
6.7	OTROS SIN VEGETACIÓN	62.520	4,1		167.637	10,9		105.118
6.8	CAJAS DE RÍO	10.494	0,7		5.770	0,4		-4.724
7	NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	8.645	0,6		101.345	6,6		92.700
7.1	NIEVES	42	0,0		64.599	4,2		64.558
7.2	GLACIARES	8.604	0,6		36.746	2,4		28.142
8	CUERPOS DE AGUA	4.434	0,3		8.697	0,6		4.264
8.1	MAR	0	0,0		0	0,0		0
8.2	RÍOS	1.035	0,1		5.037	0,3		4.002
8.3	LAGOS LAGUNAS EMBALSES	3.398	0,2		3.660	0,2		262
	Total general	1.539.631	100,0		1.539.631	100,0		0

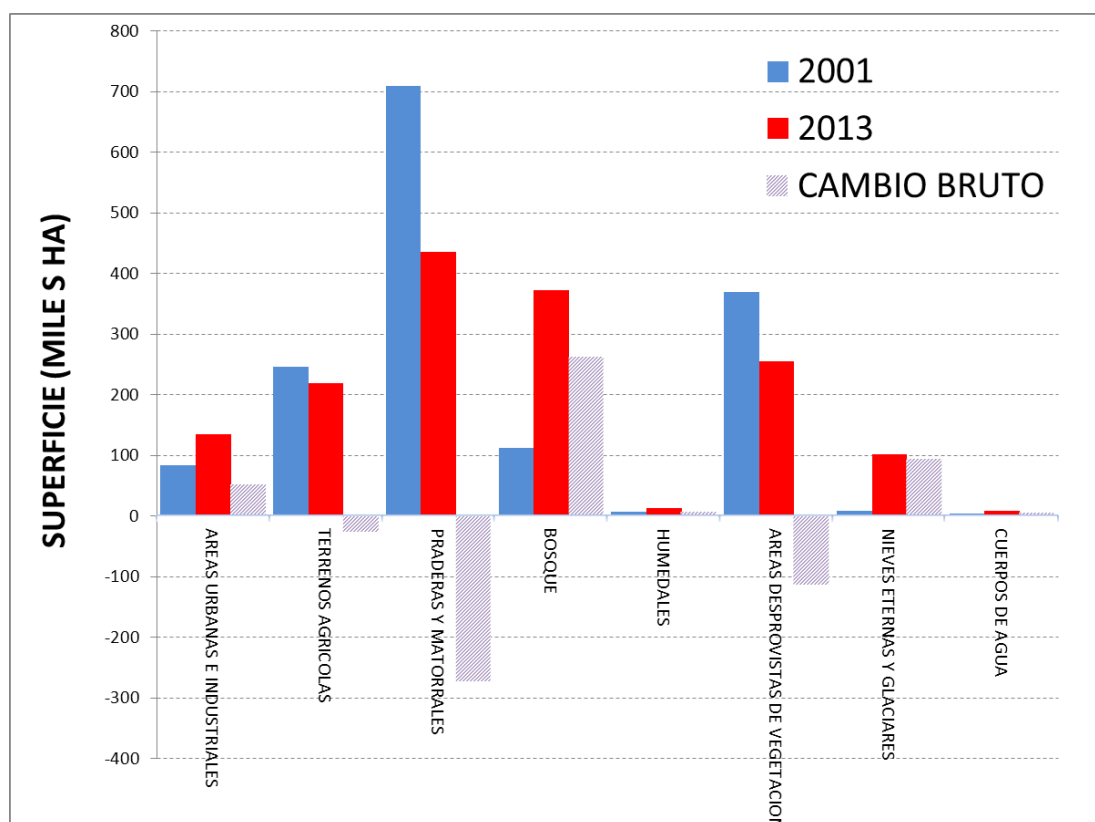


Figura 18. Superficie de uso de la tierra actual, 2013, e identificada en el monitoreo anterior 2001. Cambio bruto en la superficie, Región Metropolitana.

Cuadro 23. Matriz de movimiento de cambio del Uso de la tierra Región Metropolitana.

USO 2001	USO 2013										Total general	%
	1	2	3	4.1	4.2	4.3	5	6	7	8		
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	78.202	2.721	1.384	53	623	0	19	446	16	229	83.693	5,4
TERRENOS AGRÍCOLAS	38.662	184.785	13.132	1.638	5.743	37	78	1.012	0	859	245.947	16,0
PRADERAS Y MATORRALES	14.307	27.185	340.432	4.133	262.940	160	8.473	46.839	3.558	1.421	709.449	46,1
BOSQUE PLANTACIONES	458	623	1.040	3.172	859	18	2	31	0	38	6.241	0,4
BOSQUE NATIVO	795	838	13.251	27	90.088	3	50	166	9	57	105.284	6,8
BOSQUE MIXTOS	0	6	49	0	149	0	0	0	0	0	205	0,0
HUMEDALES	309	1.526	1.909	0	26	0	2.001	566	128	40	6.505	0,4
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.702	1.362	63.215	104	3.457	0	1.884	204.177	90.382	2.946	369.229	24,0
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	41	0	0	0	0	1.439	7.165	0	8.645	0,6
CUERPOS DE AGUA	326	55	384	53	69	0	8	344	87	3.108	4.434	0,3
Total general	134.760	219.103	434.837	9.181	363.955	218	12.515	255.019	101.345	8.697	1.539.631	100,0
%	8,8	14,2	28,2	0,6	23,6	0,0	0,8	16,6	6,6	0,6	100,0	

Cuadro 24. Matriz de movimiento de cambio del Uso de la Tierra hacia bosque (uso, subuso y estructura), Región Metropolitana

USO 2013	USO 2001																
	1	2	3	4.1				4.2			4.3		5	6	7	8	9
				4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.3.1	4.3.2					Total general
BOSQUE																	
PLANTACIONES	53	1.638	4.133	2.671	501	0	0	27	0	0	0	0	0	104	0	53	0
ADULTA	35	773	2.392	2.058	133	0	0	18	0	0	0	0	0	98	0	53	0
JOVEN O RECIEN COSECHADA	15	854	1.738	613	368	0	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0
EXOTICAS ASILVESTRADAS	3	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
NATIVO	623	5.743	262.940	637	221	0	1	84.783	5.304	0	149	0	26	3.457	0	69	0
ADULTO	0	0	11	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RENOVAL	550	5.590	250.908	632	212	0	1	79.911	5.304	0	82	0	26	3.414	0	65	0
ADULTO RENOVAL	73	154	12.022	5	9	0	0	4.864	0	0	67	0	0	43	0	3	0
ACHAPARRADO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIXTOS	0	37	160	1	17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NATIVO PLANTACION	0	2	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NATIVO CON EXOTICAS ASILVESTRADAS	0	35	140	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total bosque	676	7.418	267.234	3.310	740	0	1	84.813	5.304	0	149	0	26	3.561	0	122	0
%	0,2	2,0	71,6	0,9	0,2	0,0	0,0	22,7	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0

4.2.3. Movimiento de cambio hacia uso bosques

El Cuadro 24 presenta el movimiento de superficies desde otros usos a uso Bosques para el período 2001-2013. Se prefirió mostrar la información de esta forma (hacia bosque y no desde bosque), ya que se da cuenta de las cantidades de bosque actual (373.354 ha para la Región de Metropolitana), que corresponde a propósito de este trabajo de actualización. La mayor superficie en la categoría Bosque al año 2013 corresponde a Bosque Nativo con 363.955 ha, lo que representa 92,9 %. El movimiento más importante hacia Bosque Nativo alcanzó, para el período analizado, una superficie de 262.940 ha desde el uso Praderas y Matorrales. Mientras que se mantienen 90.088 ha de bosque nativo de 2001 a 2013.

El principal movimiento en la estructura Bosque Nativo Adulto ocurre por una dinámica de cambio en la que se incorporan 11 ha desde Praderas y Matorrales y 9 ha desde Bosque Nativo Renoval.

La estructura Renoval aumentó su superficie en 247.277 ha desde el anterior monitoreo 2001, de las cuales el mayor aumento proviene de Praderas y Matorrales y movimientos menores hacia la Estructura Adulto Renoval.

El Bosque Adulto Renoval aumentó su superficie en 11.377 ha, sin embargo del Cuadro 24 se puede apreciar que de las 17.239 ha actuales, cero provienen de la misma estructura en 2001, siendo los aportes de Praderas y Matorrales (12.022 ha) y Bosque Nativo Renoval (4.864 ha), los principales aportes a la estructura Adulto Renoval de 2013.

No se encontraron aportes o pérdidas para los Bosques Achaparrados, los cuales no se detectaron en 2001 y tampoco en el actual monitoreo 2013.

Los bosques mixtos aumentaron de 205 ha a 218 ha, incorporándose 193 ha nuevas ha en la estructura Nativo con Exóticas Asilvestradas provenientes principalmente del uso Praderas y Matorrales.

El subuso Plantación representa el 2,5 % de la superficie de bosque actual. Los principales ingresos de este subuso provienen del uso Praderas y Matorrales (4.133 ha). Dentro de las Plantaciones la estructura que ocupa mayor superficie es Plantación Adulta ocupando el 1,5 % de los bosques de la Región Metropolitana, seguido de Plantación Joven o recién Cosechada (4.133 ha, Cuadro 24)

4.2.4. Balance de superficies según bosque nativo

En el área de estudio se detectaron cuatro tipos forestales: Ciprés de la Cordillera, Esclerófilo, Palma Chilena y Roble Hualo (Cuadro 25). El Cuadro 25 muestra la información de la superficie de cambio de bosque nativo en el período, desagregada por tipo y subtipo forestal.

Cuadro 25. Balance de superficie por tipo y subtipo forestal

TIPO FORESTAL	SUBTIPO FORESTAL	Superficie 2001 ha	Superficie 2013 ha	CAMBIO ha
CIPRES DE LA CORDILLERA		47	76	29
ESCLEROFILO		98.479	350.437	251.958
	ESCLEROFILO	1.123	41.142	40.019
	ESPINO	171	50.543	50.372
	FRANGEL	83	5.213	5.131
	PEUMO QUILLAY LITRE	97.102	253.538	156.436
PALMA CHILENA		0	3.094	3.094
ROBLE HUALO		6.758	10.348	3.590
	ROBLE DEL NORTE	5.747	10.348	4.601
	ROBLE HUALO	1.011	0	-1.011
Total general		105.284	363.955	258.672

El tipo forestal Esclerófilo presentó el mayor movimiento positivo con 251.958 ha nuevas, de las cuales destaca el aumento en los subtipos Peumo Quillay Litre y Espino

El tipo forestal Palma Chilena también muestra un claro aumento respecto al monitoreo 2001 oportunidad en que no fue detectado en la Región Metropolitana de Santiago, aumentando en 3.094 nuevas ha. En la actualización 2013 se realizaron campañas de terreno dirigidas a detectar palma chilena y se incluyó, además las observaciones realizadas en terreno por Patricio Novoa y Claudio Alvarado.

El tipo forestal Roble Hualo presentó un movimiento positivo de 3.590 ha. Gran parte de este cambio se explica por las técnicas de clasificación de imágenes donde este tipo forestal mostró una clara separabilidad con respecto a las otras formaciones vegetacionales. Al mismo tiempo se descartó la presencia del Subtipo Roble Hualo.

El tipo forestal Ciprés de la Cordillera mostró un aumento de 29 ha. La detección del tipo forestal Ciprés de la Cordillera así como del subtipo forestal Frangel se basó fundamentalmente de campañas de terreno, debido a la alta confusión espectral de estas comunidades con sus especies acompañantes.

Cuadro 26. Balance de superficie por tipo forestal, subtipo forestal y estructura

TIPO FORESTAL	SUBTIPO FORESTAL	ESTRUCTURA	Superficie 2001 ha	Superficie 2013 ha	CAMBIO ha
CIPRES DE LA CORDILLERA			47	76	29
NO APLICA			47	76	29
		<i>ADULTO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>76</i>	<i>76</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>47</i>	<i>0</i>	<i>-47</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
ESCLEROFILO			98478,58	350.437	251.958
ESCLEROFILO			1.123	41.142	40.019
		<i>ADULTO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>1.123</i>	<i>36.099</i>	<i>34.976</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>5.043</i>	<i>5.043</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
ESPINO			171	50.543	50.372
		<i>ADULTO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>171</i>	<i>50.543</i>	<i>50.372</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
FRANGEL			0	5.213	5.213
		<i>ADULTO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>5.213</i>	<i>5.213</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
PEUMO QUILLAY LITRE			97.102	253.538	156.436
		<i>ADULTO</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0,2</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>91.287</i>	<i>241.384</i>	<i>150.097</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>5.815</i>	<i>12.154</i>	<i>6.339</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
PALMA CHILENA			0	3.094	3.094
NO APLICA			0	3.094	3.094
		<i>ADULTO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>3.094</i>	<i>3.094</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

Cuadro 26 (continuación). Balance de superficie por tipo forestal, subtipo forestal y estructura

TIPO FORESTAL	SUBTIPO FORESTAL	ESTRUCTURA	Superficie 2001 ha	Superficie 2013 ha	CAMBIO ha
ROBLE HUALO			6757,8	10.348	3.590
	ROBLE DEL NORTE		5.747	10.348	4.601
		<i>ADULTO</i>	0	19	19
		<i>RENOVAL</i>	5.747	10.287	4.540
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	0	43	43
		<i>ACHAPARRADO</i>	0	0	0
	ROBLE HUALO		1.011	0	-1.011
		<i>ADULTO</i>	2	0	-2
		<i>RENOVAL</i>	1.009	0	-1.009
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	0	0	0
		<i>ACHAPARRADO</i>	0	0	0
Total general			105.284	363.955	258.672

El Bosque Nativo Adulto presenta un balance positivo de la superficie con un aumento de 17 ha. Se observa una dinámica de cambio positivo de estructura adulto, en el tipo forestal Roble del Norte (Cuadro 26).

El Bosque Nativo Renoval presenta un balance positivo de la superficie con 247.360 ha en el periodo entre 2001-2013. Esta dinámica sucede prioritariamente en el tipo forestal Esclerófilo, subtipos Peumo Quillay Litre y Espino (Cuadro 26).

El Bosque Nativo Adulto-Renoval, muestra una dinámica de cambio positiva de 11.377 ha. Esta dinámica sucede prioritariamente en el tipo forestal Esclerófilo, subtipos Peumo Quillay y Esclerófilo (Cuadro 26).

El Bosque Achaparrado no muestra cambios entre los monitoreos 2001 y 2013 (Cuadro 26).

4.2.5 Evolución del cambio en usos y subusos

En el análisis de la evolución de los cambios producidos en la actualización de la clasificación del Catastro se muestran los cambios en los usos Áreas urbanas e industriales, Terrenos Agrícolas, Praderas y Matorrales, Plantaciones, Bosque Nativo, Bosque Mixto, Humedales, Áreas Desprovistas de Vegetación, Nieves y Glaciares y Cuerpos de Agua.

4.2.5.1 Evolución de las Áreas Urbanas e Industriales

El Cuadro 27 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Áreas Urbanas e Industriales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Áreas Urbanas e Industriales experimentó un aumento neto de 51.067 ha, de las cuales el mayor ingreso proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Terrenos Agrícolas.

Cuadro 27. Balance de la superficie de cambio de Áreas urbanas e Industriales 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
TERRENOS AGRÍCOLAS	38.662	2.721	35.940
PRADERAS Y MATORRALES	14.307	1.384	12.922
BOSQUE PLANTACION	458	53	405
BOSQUE NATIVO	795	623	172
BOSQUE MIXTO	0	0	0
HUMEDALES	309	19	290
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.702	446	1.257
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	16	-16
CUERPOS DE AGUA	326	229	97
SUBTOTAL	56.559	5.492	51.067
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES			
2001			83.693
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES			
2013			134.760

4.2.5.2 Evolución de los Terrenos Agrícolas

El Cuadro 28 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Terrenos Agrícolas. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Terrenos Agrícolas experimentó una disminución neta de 26.844 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Áreas Urbanas e Industriales, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 28. Balance de la superficie de cambio de Terrenos Agrícolas 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	2.721	38.662	-35.940
PRADERAS Y MATORRALES	27.185	13.132	14.053
BOSQUE PLANTACION	623	1.638	-1.015
BOSQUE NATIVO	838	5.743	-4.905
BOSQUE MIXTO	6	37	-30
HUMEDALES	1.526	78	1.447
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.362	1.012	350
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
CUERPOS DE AGUA	55	859	-804
SUBTOTAL	34.318	61.162	-26.844
TERRENOS AGRÍCOLAS 2001			245.947
TERRENOS AGRÍCOLAS 2013			219.103

4.2.5.3 Evolución de las Praderas y Matorrales

El Cuadro 29 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Praderas y Matorrales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Praderas y Matorrales experimentó una disminución neta de 274.612 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Áreas Desprovistas de Vegetación.

Cuadro 29. Balance de la superficie de cambio de Praderas y Matorrales 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	1.384	14.307	-12.922
TERRENOS AGRÍCOLAS	13.132	27.185	-14.053
BOSQUE PLANTACION	1.040	4.133	-3.093
BOSQUE NATIVO	13.251	262.940	-249.690
BOSQUE MIXTO	49	160	-111
HUMEDALES	1.909	8.473	-6.564
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	63.215	46.839	16.376
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	41	3.558	-3.517
CUERPOS DE AGUA	384	1.421	-1.038
SUBTOTAL	94.404	369.017	-274.612
PRADERAS Y MATORRALES 2001			709.449
PRADERAS Y MATORRALES 2013			434.837

4.2.5.4 Evolución de las Plantaciones Forestales

El Cuadro 30 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Plantaciones Forestales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Plantaciones Forestales experimentó un aumento neto de 2.940 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 30. Balance de la superficie de cambio de Plantaciones forestales 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	53	458	-405
TERRENOS AGRÍCOLAS	1.638	623	1.015
PRADERAS Y MATORRALES	4.133	1.040	3.093
BOSQUE NATIVO	27	859	-832
BOSQUE MIXTO	0	18	-18
HUMEDALES	0	2	-2
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	104	31	73
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
CUERPOS DE AGUA	53	38	16
SUBTOTAL	6.009	3.068	2.940
PLANTACIONES 2001			6.241
PLANTACIONES 2013			9.181

4.2.5.5 Evolución del Bosque Nativo

El Cuadro 31 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Bosque Nativo. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Bosque Nativo experimentó un aumento neto de 258.672 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Áreas Urbanas e Industriales, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales (249.690 ha, que representa el 68,6% de la nueva superficie de bosque nativo).

Cuadro 31. Balance de la superficie de cambio de Bosque Nativo 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	623	795	-172
TERRENOS AGRÍCOLAS	5.743	838	4.905
PRADERAS Y MATORRALES	262.940	13.251	249.690
BOSQUE PLANTACION	859	27	832
BOSQUE MIXTO	149	3	147
HUMEDALES	26	50	-23
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	3.457	166	3.291
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	9	-9
CUERPOS DE AGUA	69	57	12
SUBTOTAL	273.867	15.195	258.672
BOSQUE NATIVO 2001			105.284
BOSQUE NATIVO 2013			363.955

* La suma de valores considera todos los decimales que no se muestran en la tabla

4.2.5.6 Evolución del Bosque Mixto

El Cuadro 32 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Bosque Mixto. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Bosque Mixto experimentó un aumento neto de 13 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 32. Balance de la superficie de cambio de Bosque Mixto 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	0	0	0
TERRENOS AGRÍCOLAS	37	6	30
PRADERAS Y MATORRALES	160	49	111
BOSQUE PLANTACION	18	0	18
BOSQUE NATIVO	3	149	-147
HUMEDALES	0	0	0
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	0	0	0
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
CUERPOS DE AGUA	0	0	0
SUBTOTAL	218	205	13
BOSQUE MIXTO 2001			205
BOSQUE MIXTO 2013			218

4.2.5.7 Evolución de los Humedales

El Cuadro 33 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Humedales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Humedales experimentó un aumento neto de 6.011 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Terrenos Agrícolas, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 33. Balance de la superficie de cambio de Humedales 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	19	309	-290
TERRENOS AGRÍCOLAS	78	1.526	-1.447
PRADERAS Y MATORRALES	8.473	1.909	6.564
BOSQUE PLANTACION	2	0	2
BOSQUE NATIVO	50	26	23
BOSQUE MIXTO	0	0	0
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.884	566	1.319
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	128	-128
CUERPOS DE AGUA	8	40	-31
SUBTOTAL	10.515	4.504	6.011
HUMEDALES 2001			6.505
HUMEDALES 2013			12.515

4.2.5.8 Evolución de las Áreas Desprovistas de Vegetación

El Cuadro 34 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Áreas Desprovistas de Vegetación. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Áreas Desprovistas de Vegetación experimentó una disminución neta de 114.211 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Nieves Eternas y Glaciares. No hubo aportes netos, sin embargo ingresaron 46.839 ha provenientes de Praderas y Matorrales.

Cuadro 34. Balance de la superficie de cambio de Áreas desprovistas de vegetación 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	446	1.702	-1.257
TERRENOS AGRÍCOLAS	1.012	1.362	-350
PRADERAS Y MATORRALES	46.839	63.215	-16.376
BOSQUE PLANTACION	31	104	-73
BOSQUE NATIVO	166	3.457	-3.291
BOSQUE MIXTO	0	0	0
HUMEDALES	566	1.884	-1.319
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	1.439	90.382	-88.943
CUERPOS DE AGUA	344	2.946	-2.602
SUBTOTAL	50.842	165.053	-114.211
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN 2001			369.229
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN 2013			255.019

4.2.5.9 Evolución de las Nieves y Glaciares

El Cuadro 35 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Nieves Eternas y Glaciares. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Nieves Eternas y Glaciares experimentó una disminución neta de 49.238 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Áreas Desprovistas de Vegetación. No hubo pérdidas netas, sin embargo se clasificaron al año 2013, 1.439 ha en el uso Áreas Desprovistas de Vegetación. Los cambios en el subuso Nieves son muy dependientes de la fecha de captura de las imágenes, pudiendo presentar variaciones intercatastrales de varias miles de hectáreas debido a este efecto.

Cuadro 35. Balance de la superficie de cambio de Nieves y Glaciares 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	16	0	16
TERRENOS AGRÍCOLAS	0	0	0
PRADERAS Y MATORRALES	3.558	41	3.517
BOSQUE PLANTACION	0	0	0
BOSQUE NATIVO	9	0	9
BOSQUE MIXTO	0	0	0
HUMEDALES	128	0	128
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	90.382	1.439	88.943
CUERPOS DE AGUA	87	0	87
SUBTOTAL	94.180	1.480	92.700
NIEVES Y GLACIARES 2001			8.645
NIEVES Y GLACIARES 2013			101.345

4.2.5.10 Evolución de los Cuerpos de Agua

El Cuadro 36 presenta el movimiento de cambios en el período 2001–2013, para el uso Cuerpos de Agua. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Cuerpos de Agua experimentó un aumento neto de 4.264 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Áreas Urbanas e Industriales, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Áreas Desprovistas de Vegetación (Cajas de Río).

Cuadro 36. Balance de la superficie de cambio de Cuerpos de Agua 2001 -2013

USO REGION METROPOLITANA	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	229	326	-97
TERRENOS AGRÍCOLAS	859	55	804
PRADERAS Y MATORRALES	1.421	384	1.038
BOSQUE PLANTACION	38	53	-16
BOSQUE NATIVO	57	69	-12
BOSQUE MIXTO	0	0	0
HUMEDALES	40	8	31
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	2.946	344	2.602
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	87	-87
SUBTOTAL	5.590	1.326	4.264
CUERPOS DE AGUA 2001			4.434
CUERPOS DE AGUA 2013			8.697

4.3. REGIÓN DEL LIBERTADOR GRAL. BERNARDO O'HIGGINS

4.3.1 Superficie de actualización

La actualización cartográfica se realizó sobre una superficie de 1.634.434 ha, abarcando la totalidad de la Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins. De esta superficie, un total de 1.217.212 ha correspondió a superficie de cambios significativos en el uso de la tierra, lo que representa 74,5 % de la superficie regional (Cuadro 37). De esta superficie, el 69,8 % es producto de la corrección en la fotointerpretación o descripción de la anterior actualización del Catastro, localizándose principalmente la Provincia de Cachapoal. La superficie efectiva de cambios (excluyendo la Causal 14) es de 367.246 ha, lo que representa 30,2 % de la superficie de cambios y corrección cartográfica y el 22,5% de la superficie regional.

Cuadro 37. Superficie actualizada según provincia

SUPERFICIE ACTUALIZADA SEGÚN PROVINCIA	Superficie total	Superficie con cambios significativos		Superficie de cambios excluyendo causal 14	
	ha	ha	%	ha	%
Cachapoal	750.058	557.782	74,4	122.372	16,3
Cardenal Caro	329.184	203.431	61,8	98.736	30,0
Colchagua	555.192	455.999	82,1	146.138	26,3
Total general	1.634.434	1.217.212	74,5	367.246	22,5

El Cuadro 38 muestra el balance desagregado por comuna para la Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins.

Cuadro 38. Superficie actualizada según comuna

SUPERFICIE ACTUALIZADA SEGÚN COMUNA	Superficie total	Superficie con cambios significativos		Superficie de cambios excluyendo causal 14	
	ha	ha	%	ha	%
Cachapoal	750.058	557.782	74,4	122.372	16,3
Codegua	28.456	16.419	57,7	4.729	16,6
Coinco	9.866	5.236	53,1	1.064	10,8
Coltauco	22.193	14.796	66,7	4.935	22,2
Doñihue	8.024	5.349	66,7	1.167	14,5
Graneros	11.264	4.570	40,6	462	4,1
Las Cabras	75.350	55.860	74,1	19.063	25,3
Machalí	259.339	220.543	85,0	17.459	6,7
Malloa	21.977	15.750	71,7	6.073	27,6
Mostazal	52.489	40.290	76,8	14.581	27,8
Olivar	4.400	1.411	32,1	162	3,7
Peumo	15.410	6.882	44,7	3.102	20,1
Pichidegua	32.080	25.506	79,5	6.521	20,3
Quinta de Tilcoco	8.603	6.030	70,1	744	8,7
Rancagua	26.087	14.319	54,9	3.066	11,8
Rengo	58.487	40.232	68,8	13.161	22,5
Requínoa	67.645	47.869	70,8	16.017	23,7
San Vicente	48.390	36.720	75,9	10.067	20,8
Cardenal Caro	329.184	203.431	61,8	98.736	30,0
La Estrella	42.937	19.418	45,2	5.930	13,8
Litueche	61.207	38.077	62,2	18.785	30,7
Marchihue	65.869	40.585	61,6	17.900	27,2
Navidad	30.245	21.245	70,2	11.872	39,3
Paredones	57.314	39.250	68,5	21.676	37,8
Pichilemu	71.612	44.856	62,6	22.573	31,5
Colchagua	555.192	455.999	82,1	146.138	26,3
Chimbarongo	50.743	40.188	79,2	21.691	42,7
Chépica	47.923	44.266	92,4	12.947	27,0
Lolol	59.775	52.570	87,9	26.015	43,5
Nancagua	15.068	10.139	67,3	1.442	9,6
Palmilla	23.431	16.782	71,6	4.791	20,4
Peralillo	28.249	20.055	71,0	7.657	27,1
Placilla	14.474	9.614	66,4	2.554	17,6
Pumanque	44.117	37.812	85,7	18.553	42,1
San Fernando	231.925	192.837	83,1	39.950	17,2
Santa Cruz	39.487	31.737	80,4	10.539	26,7
Total general	1.634.434	1.217.212	74,5	367.246	22,5

4.3.2. Balance de superficies

El balance de superficies para el área de estudio se obtuvo a partir de la cartografía de actualización del catastro corregida (2001) y la cartografía actualizada 2013. La superficie de uso de la tierra corregida se refiere a una georreferenciación sobre un mosaico de imágenes ortorrectificado que se realizó a los polígonos del Catastro actualizado al 2005.

En base a esta información se procedió a calcular las áreas de cambio de uso de la tierra, en valores absolutos (hectáreas) y porcentuales (%). Los valores obtenidos corresponden a la diferencia de superficies de uso de la tierra entre los años 2013 y 2005.

El Cuadro 39 muestra el balance bruto (diferencia en hectáreas en el período 2005-2013) de uso actual del suelo desagregado a nivel de subusos y estructura en la Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins. A nivel de uso actual los mayores cambios porcentuales de superficies se observan para el uso Bosque, aumentando en 275.564 ha equivalente al 16,9 % de la superficie Regional. Dentro de esta clase el cambio principal se produjo en el subuso Bosque Nativo (264.268 ha).

Dentro del uso Áreas Urbanas e Industriales se observa un incremento en la superficie destinada a Ciudades, Pueblos y Zonas Industriales de 15.743 ha y Minería Industrial con 2902 ha, lo cual conjuntamente equivale en términos relativos a un incremento del uso en 125 % respecto al año 2005.

Para el uso Terrenos Agrícolas se registró una disminución neta de 20.675 ha, que resulta de la disminución de 154.807 ha en el subuso Terrenos de Uso Agrícola y un aumento de 134.132 ha en el subuso Rotación Cultivo Pradera.

En el uso Praderas y Matorrales, se registró una disminución de superficie 222.841 ha. Los mayores cambios de superficie se observan en el subuso Matorral, equivalente a – 172.688 ha. El subuso Praderas registra un importante aumento en Estepa Andina Central.

Adicionalmente se encontró un aumento de 11.796 ha de Plantaciones al año 2013.

En relación a los otros usos, destaca la considerable disminución de las áreas desprovistas de vegetación (-250.415 ha) y el aumento en el uso Nieves Eternas y Glaciares (196.126 ha) por una mejor identificación de los glaciares gracias al aporte de la Dirección General de Aguas (DGA) y a la mayor presencia de nieves al momento de la captura de las imágenes satelitales.

Cuadro 39. Evolución del Uso de la tierra Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE		SUPERFICIE		CAMBIO
		2005	%	2013	%	
1	ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	15.060	0,9	33.704	2,1	18.644
	CIUDADES PUEBLOS					
1.1	ZONAS INDUSTRIALES	13.408	0,8	29.150	1,8	15.743
1.2	MINERIA INDUSTRIAL	1.652	0,1	4.554	0,3	2.902
2	TERRENOS AGRÍCOLAS	425.979	26,1	405.304	24,8	-20.675
	TERRENOS DE USO AGRÍCOLA					
2.1	ROTACIÓN CULTIVO PRADERA	321.912	19,7	167.105	10,2	-154.807
2.2	PRADERAS Y MATORRALES	104.067	6,4	238.199	14,6	134.132
3	PRADERAS Y MATORRALES	549.083	33,6	326.241	20,0	-222.841
	PRADERAS					
3.1	PRADERAS	58.674	3,6	120.639	7,4	61.965
3.1.1	ESTEPA ALTIPLÁNICA	0	0,0	0	0,0	0
3.1.2	ESTEPA ANDINA NORTE	0	0,0	0	0,0	0
3.1.3	PRADERAS ANUALES	21.725	1,3	24.180	1,5	2.455
3.1.4	PRADERAS PERENNES	6.427	0,4	0	0,0	-6.427
3.1.5	ESTEPA ANDINA CENTRAL	30.522	1,9	96.459	5,9	65.937
3.2	MATORRAL PRADERA	16.550	1,0	5.543	0,3	-11.007
3.3	MATORRAL	277.914	17,0	105.225	6,4	-172.688
3.4	MATORRAL ARBORESCENTE	182.148	11,1	88.383	5,4	-93.765
3.5	MATORRAL CON SUCULENTAS	10.188	0,6	6.451	0,4	-3.737
3.6	SUCULENTAS	3.610	0,2	0	0,0	-3.610

Cuadro 39 (continuación). Evolución del Uso de la tierra Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE		SUPERFICIE		CAMBIO
		2005	%	2013	%	
4	BOSQUE	314.826	19,3	590.390	36,1	275.564
4.1	PLANTACIONES	118.740	7,3	130.536	8,0	11.796
4.1.1	ADULTA	90.443	5,5	85.565	5,2	-4.879
4.1.2	JOVEN O RECIEN COSECHADA	25.272	1,5	43.683	2,7	18.411
4.1.3	EXÓTICAS ASILVESTRADAS	3.025	0,2	1.288	0,1	-1.736
4.2	NATIVO	195.041	11,9	459.309	28,1	264.268
4.2.1	ADULTO	3.695	0,2	6.948	0,4	3.253
4.2.2	RENOVAL	175.027	10,7	434.390	26,6	259.363
4.2.3	ADULTO RENOVAL	16.177	1,0	16.903	1,0	726
4.2.4	ACHAPARRADO	142	0,0	1.067	0,1	925
4.3	MIXTOS	1.045	0,1	546	0,0	-499
4.3.1	NATIVO PLANTACIÓN NATIVO CON	414	0,0	234	0,0	-180
4.3.2	EXÓTICAS ASILVESTRADAS	631	0,0	312	0,0	-319
5	HUMEDALES	3.857	0,2	6.628	0,4	2.771
	VEGETACIÓN HERBÁCEA					
5.1	PERMANENTEMENTE INUNDADA EN ORILLAS DE RÍOS MARISMAS HERBÁCEAS	186	0,0	452	0,0	266
5.2	TEMPORALMENTE INUNDADAS POR EL MAR	0	0,0	0	0,0	0
5.3	ÑADIS HERBÁCEOS Y ARBUSTIVOS	0	0,0	0	0,0	0
5.4	TURBALES	0	0,0	0	0,0	0
5.5	BOFEDALES	0	0,0	0	0,0	0
5.6	VEGAS	3.113	0,2	5.231	0,3	2.118
5.7	OTROS TERRENOS HÚMEDOS	557	0,0	944	0,1	387

Cuadro 39 (continuación). Evolución del Uso de la tierra Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins

CÓDIGO	USO	SUPERFICIE 2005		%	SUPERFICIE 2013		%	CAMBIO
6	ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	306.821	18,8		56.407	3,5		-250.415
6.1	PLAYAS Y DUNAS	1.536	0,1		1.270	0,1		-266
6.2	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	72.885	4,5		35.056	2,1		-37.829
6.3	TERRENOS SOBRE EL LIMITE ALTITUDINAL DE LA VEGETACIÓN	193.362	11,8		0	0,0		-193.362
6.4	CORRIDAS DE LAVA Y ESCORIALES	0	0,0		0	0,0		0
6.5	DERRUMBES SIN VEGETACIÓN	294	0,0		0	0,0		-294
6.6	SALARES	0	0,0		0	0,0		0
6.7	OTROS SIN VEGETACIÓN	22.677	1,4		695	0,0		-21.982
6.8	CAJAS DE RÍO	16.068	1,0		19.386	1,2		3.318
7	NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	9.263	0,6		205.389	12,6		196.126
7.1	NIEVES	4.691	0,3		176.628	10,8		171.937
7.2	GLACIARES	4.572	0,3		28.761	1,8		24.189
8	CUERPOS DE AGUA	9.547	0,6		10.371	0,6		825
8.1	MAR	90	0,0		0	0,0		-90
8.2	RÍOS	834	0,1		1.052	0,1		217
8.3	LAGOS LAGUNAS EMBALSES	8.622	0,5		9.320	0,6		697
	Total general	1.634.434	100,0		1.634.434	100,0		0

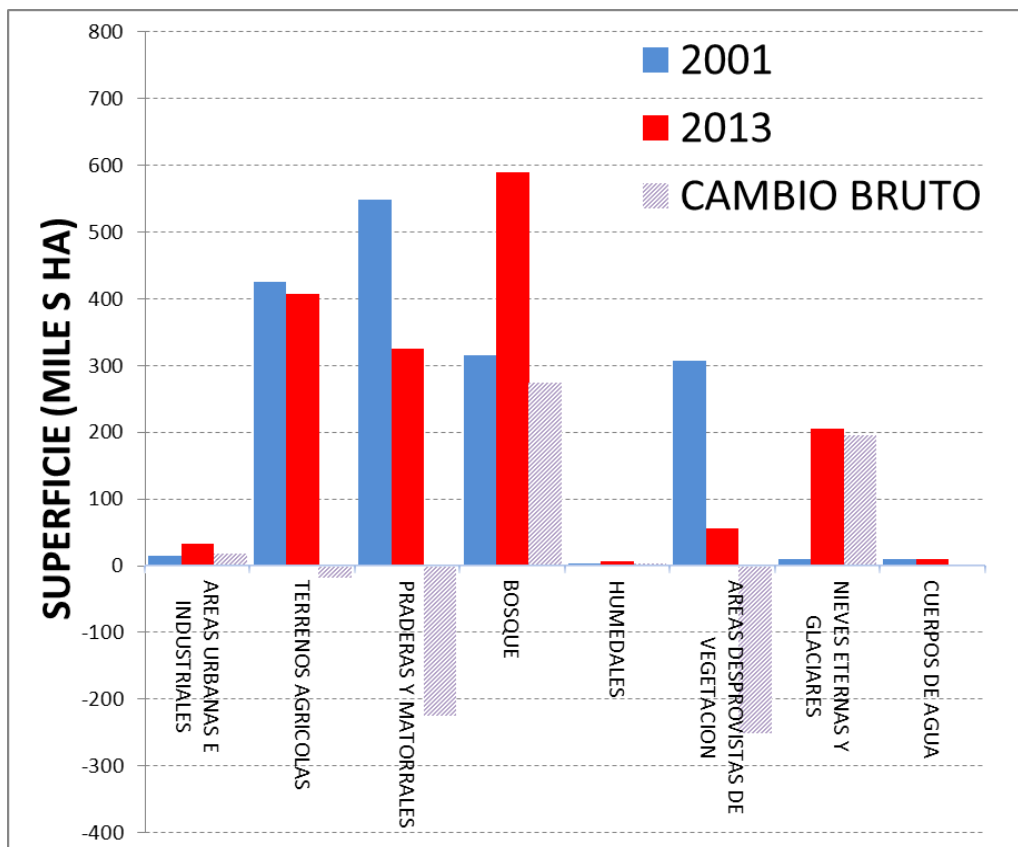


Figura 19. Superficie de uso de la tierra actual, 2013, e identificada en el monitoreo anterior 2005. Cambio bruto en la superficie, Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins.

Cuadro 40. Matriz de movimiento de cambio del uso de la Tierra en la Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins.

USO 2005	USO 2013										Total general	%
	1	2	3	4.1	4.2	4.3	5	6	7	8		
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	12.156	2.326	156	93	174	0	38	76	8	32	15.060	0,9
TERRENOS AGRÍCOLAS	15.102	351.251	17.045	17.029	20.602	92	115	2.400	0	2.342	425.979	26,1
PRADERAS Y MATORRALES	2.517	34.167	223.397	29.830	243.390	149	2.451	5.559	6.805	818	549.083	33,6
BOSQUE PLANTACIONES	447	7.131	6.819	75.799	24.664	15	135	3.079	98	554	118.740	7,3
BOSQUE NATIVO	689	6.773	16.403	6.879	162.605	226	67	1.053	218	130	195.041	11,9
BOSQUE MIXTOS	12	264	146	180	328	23	0	92	0	0	1.045	0,1
HUMEDALES	10	553	619	104	88	1	1.976	53	452	1	3.857	0,2
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.919	2.505	60.236	348	7.145	41	1.309	42.733	189.719	867	306.821	18,8
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	1.154	0	0	0	61	32	8.001	15	9.263	0,6
CUERPOS DE AGUA	852	334	268	273	312	0	476	1.331	88	5.614	9.547	0,6
Total general	33.704	405.304	326.241	130.536	459.308	546	6.628	56.407	205.389	10.371	1.634.434	100,0
%	2,1	24,8	20,0	8,0	28,1	0,0	0,4	3,5	12,6	0,6	100,0	

Cuadro 41. Matriz de movimiento de cambio del Uso de la Tierra hacia bosque (uso, subuso y estructura), Región del Libertador Bernardo O'Higgins

USO 2013							USO 2001														Total general	%
	1	2	3	4.1			4.2			4.3			5	6	7	8	9					
			4.1.1	4.1.2	4.1.3	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.3.1	4.3.2											
BOSQUE																						
PLANTACIONES	93	17.029	29.830	57.620	17.037	1.142	7	6.790	82	0	95	85	104	348	0	273	0	130.536	22,1			
ADULTA	90	11.403	18.462	38.081	12.059	110	7	4.815	54	0	61	81	78	187	0	76	0	85.565	14,5			
JOVEN O RECIEN COSECHADA	3	5.483	11.250	19.405	4.978	438	0	1.958	27	0	34	4	27	51	0	24	0	43.683	7,4			
EXOTICAS ASILVESTRADAS	0	143	118	134	0	594	0	17	0	0	0	0	0	110	0	172	0	1.288	0,2			
NATIVO	174	20.602	243.390	18.786	5.410	467	3.260	145.410	13.908	27	196	132	88	7.145	0	312	0	459.308	77,8			
ADULTO	11	27	3.658	12	17	0	1.491	1.159	435	0	0	0	27	100	0	11	0	6.948	1,2			
RENOVAL	162	20.459	231.168	18.758	5.388	467	1.759	139.890	8.805	0	196	132	62	6.854	0	289	0	434.390	73,6			
ADULTO RENOVAL	1	116	7.968	16	6	0	10	3.952	4.641	0	0	0	0	182	0	12	0	16.903	2,9			
ACHAPARRADO	0	0	597	0	0	0	0	409	27	27	0	0	0	9	0	0	0	1.067	0,2			
MIXTOS	0	92	149	14	1	0	0	223	2	0	0	23	1	41	0	0	0	546	0,1			
NATIVO PLANTACION	0	0	64	5	1	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234	0,0			
NATIVO CON EXOTICAS ASILVESTRADAS	0	92	84	9	0	0	0	59	2	0	0	23	1	41	0	0	0	312	0,1			
Total bosque	267	37.724	273.369	76.420	22.448	1.609	3.267	152.423	13.992	27	291	240	194	7.534	0	585	0	590.390	100,0			
%	0,0	6,4	46,3	12,9	3,8	0,3	0,6	25,8	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,0	100,0				

4.3.3. Movimiento de cambio hacia uso bosques

El Cuadro 41 presenta el movimiento de superficies desde otros usos a uso Bosques para el período 2005-2013. La mayor superficie en la categoría Bosque al año 2013 corresponde a Bosque Nativo con 459.308 ha, lo que representa el 77,8 %. De los bosques de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. El movimiento más importante hacia Bosque Nativo alcanzó, para el período analizado, una superficie de 243.390 ha desde el uso Praderas y Matorrales. Mientras que se mantienen 162.605 ha de bosque nativo de 2005 a 2013.

El principal movimiento en la estructura Bosque Nativo Adulto ocurre por una dinámica de cambio positiva en la que principalmente se incorporan 3.658 ha desde Praderas y Matorrales y 1.159 ha desde Bosque Nativo Renoval. Por otro lado, hay un cambio negativo de 1.759 ha desde Bosque Nativo Adulto (2005) a Bosque Nativo Renoval (2013), manteniéndose 1.491 ha en la misma estructura entre monitoreos.

La estructura Renoval aumentó su superficie en 259.363 ha desde el anterior monitoreo 2005, de las cuales el mayor aumento proviene desde Praderas y Matorrales (231.168 ha) y movimientos (pérdidas) entre las que destacan 6.790 ha que migran hacia la plantaciones, Bosque Nativo Adulto Renoval (3.952 ha) y Bosque Adulto (1.159 ha).

El Bosque Adulto Renoval aumentó su superficie en 726 ha. En el Cuadro 41 se puede apreciar que de las 16.903 ha actuales, 4.641 ha provienen de la misma estructura en 2005. En la dinámica de cambios destacan los aportes provenientes de Praderas y Matorrales (7.968 ha) y Bosque Nativo Renoval (3.952 ha).

Los Bosques Achaparrados aumentaron de 142 ha a 1.067 ha, incorporándose 925 ha nuevas, provenientes principalmente desde Praderas y Matorrales (597 ha) y 409 ha desde Bosque Nativo Renoval.

Los bosques mixtos disminuyeron de 1.045 ha a 546 ha, con pérdidas netas de 328 ha hacia Bosque Nativo Renoval y 180 ha a Plantaciones.

El subuso Plantación representa el 22,1 % de la superficie de bosque actual. Los principales ingresos de este subuso provienen del uso Praderas y Matorrales (29.830 ha) y Terrenos Agrícolas (17.029 ha). Dentro de las Plantaciones la estructura que ocupa mayor superficie es Plantación Adulta ocupando 85.565 ha (14,5% de los bosques de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins), seguido de Plantación Joven o recién Cosechada (43.683 ha, Cuadro 41).

4.3.4. Balance de superficies según bosque nativo

En el área de estudio se detectaron cinco tipos forestales: Ciprés de la Cordillera, Esclerófilo, Palma Chilena, Roble Hualo y Siempreverde (Cuadro 42). El Cuadro 42 muestra la información de la superficie de cambio de bosque nativo en el período, desagregada por tipo y subtipo forestal.

Cuadro 42. Balance de superficie por tipo y subtipo forestal

TIPO FORESTAL	SUBTIPO FORESTAL	Superficie 2005 ha	Superficie 2013 ha	CAMBIO ha
CIPRES DE LA CORDILLERA		2.504	2.900	397
ESCLEROFILO		169.068	418.878	249.810
	ESCLEROFILO	14.584	47.721	33.137
	ESPINO	4.432	78.981	74.549
	FRANGEL	21	0	-21
	PEUMO QUILLAY LITRE	150.032	292.176	142.145
PALMA CHILENA		585	4.343	3.758
ROBLE HUALO		22.815	33.187	10.371
	ROBLE DEL NORTE	16.976	28.769	11.793
	ROBLE HUALO	5.839	4.417	-1.422
SIEMPREVERDE		46	0	-46
	COIGUE	34	0	-34
	MIRTACEAS	12	0	-12
Total general		195.019	459.308	264.290

El tipo forestal Esclerófilo presentó el mayor movimiento positivo con 249.810 ha nuevas, de las cuales destaca el aumento en los subtipos Peumo Quillay Litre y Espino

El tipo forestal Palma Chilena también muestra un claro aumento respecto al monitoreo 2005 oportunidad en que se informaron 585 ha, aumentando en 3.758 nuevas ha de bosque. En la actualización 2013 se realizaron campañas de terreno dirigidas a detectar palma chilena y se incluyó, además las observaciones realizadas en terreno por Patricio Novoa y Claudio Alvarado.

El tipo forestal Roble Hualo presentó un movimiento positivo de 10.371 ha. Gran parte de este cambio se explica por las técnicas de clasificación de imágenes donde este tipo forestal mostró una clara separabilidad con respecto a las otras formaciones vegetacionales

El tipo forestal Ciprés de la Cordillera mostró un aumento de 397 ha. Sin embargo, no se encontraron en la actualización 2013, formaciones clasificadas como tipo forestal Siempreverde y el subtipo forestal Frangel del tipo forestal Esclerófilo.

Cuadro 43. Balance de superficie por tipo forestal, subtipo forestal y estructura

TIPO FORESTAL	SUBTIPO FORESTAL	ESTRUCTURA	Superficie 2001 ha	Superficie 2013 ha	CAMBIO ha
CIPRES DE LA CORDILLERA			2.504	2.901	397
	NO APLICA		2.504	2.901	397
		<i>ADULTO</i>	207	603	396
		<i>RENOVAL</i>	1.463	88	-1.376
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	731	2.198	1.467
		<i>ACHAPARRADO</i>	103	12	-91
ESCLEROFILO			169.068	418.878	249.810
	ESCLEROFILO		14.584	47.721	33.137
		<i>ADULTO</i>	1	0	-1
		<i>RENOVAL</i>	13.637	47.620	33.984
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	947	101	-846
		<i>ACHAPARRADO</i>	0	0	0
	ESPINO		4.432	78.981	74.549
		<i>ADULTO</i>	1	0	-1
		<i>RENOVAL</i>	4.431	78.981	74.549
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	0	0	0
		<i>ACHAPARRADO</i>	0	0	0
	FRANGEL		21	0	-21
		<i>ADULTO</i>	0	0	0
		<i>RENOVAL</i>	21	0	-21
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	0	0	0
		<i>ACHAPARRADO</i>	0	0	0
	PEUMO QUILLAY LITRE		150.032	292.176	142.145
		<i>ADULTO</i>	1.547	4.466	2.919
		<i>RENOVAL</i>	138.144	276.375	138.231
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	10.301	10.279	-22
		<i>ACHAPARRADO</i>	39	1.056	1.016

Cuadro 43 (continuación). Balance de superficie por tipo forestal, subtipo forestal y estructura

TIPO FORESTAL	SUBTIPO FORESTAL	ESTRUCTURA	Superficie 2001 Ha	Superficie 2013 Ha	CAMBIO Ha
PALMA CHILENA			585	4.343	3.758
	NO APLICA		585	4.343	3.758
		<i>ADULTO</i>	<i>134</i>	<i>10</i>	<i>-124</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>451</i>	<i>4.202</i>	<i>3.751</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>130</i>	<i>130</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
ROBLE HUALO			22.815	33.187	10.371
	ROBLE DEL NORTE		16.976	28.769	11.793
		<i>ADULTO</i>	<i>1.226</i>	<i>1.364</i>	<i>138</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>12.766</i>	<i>24.680</i>	<i>11.914</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>2.985</i>	<i>2.726</i>	<i>-259</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	ROBLE HUALO		5.839	4.417	-1.422
		<i>ADULTO</i>	<i>579</i>	<i>504</i>	<i>-75</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>4.102</i>	<i>2.444</i>	<i>-1.658</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>1.158</i>	<i>1.469</i>	<i>311</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
SIEMPREVERDE			46	0	-46
	COIGUE		34	0	-34
		<i>ADULTO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>34</i>	<i>0</i>	<i>-34</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
	MIRTÁCEAS		12		-12
		<i>ADULTO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>RENOVAL</i>	<i>12</i>	<i>0</i>	<i>-12</i>
		<i>ADULTO RENOVAL</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		<i>ACHAPARRADO</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Total general			195.019	459.308	264.290

El Bosque Nativo Adulto presenta un balance positivo de la superficie con un aumento de 3.253 ha. Se observa una dinámica de cambio positivo de estructura adulto, en los subtipos forestales Roble del Norte, Peumo Quillay Litre y el tipo forestal Ciprés de la Cordillera (Cuadro 43).

El Bosque Nativo Renoval presenta un balance positivo de la superficie con 259.363 ha en el periodo entre 2005-2013. Esta dinámica sucede prioritariamente en el tipo forestal Esclerófilo, subtipos Peumo Quillay Litre y Espino (Cuadro 43).

El Bosque Nativo Adulto-Renoval, muestra una dinámica de cambio positiva de 748 ha. Esta dinámica sucede prioritariamente en el tipo forestal Ciprés de la Cordillera y el tipo forestal Roble Hualo, subtipo Roble Hualo (Cuadro 43).

El Bosque Achaparrado muestra un cambio positivo de 925 ha entre los monitoreos 2005 y 2013 (Cuadro 43). El cambio se manifiesta principalmente en el tipo forestal esclerófilo, subtipo Peumo Quillay Litre.

4.3.5 Evolución del cambio en usos y subusos

En el análisis de la evolución de los cambios producidos en la actualización de la clasificación del Catastro se muestran los cambios en los usos Áreas urbanas e industriales, Terrenos Agrícolas, Praderas y Matorrales, Plantaciones, Bosque Nativo, Bosque Mixto, Humedales, Áreas Desprovistas de Vegetación, Nieves y Glaciares y Cuerpos de Agua.

4.3.5.1 Evolución de las Áreas Urbanas e Industriales

El Cuadro 44 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Áreas Urbanas e Industriales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Áreas Urbanas e Industriales experimentó un aumento neto de 18.664 ha, de las cuales el mayor ingreso proviene desde áreas que en 2005 eran ocupadas por Terrenos Agrícolas.

Cuadro 44. Balance de la superficie de cambio de Áreas urbanas e industriales 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
TERRENOS AGRÍCOLAS	15.102	2.326	12.776
PRADERAS Y MATORRALES	2.517	156	2.361
BOSQUE PLANTACION	447	93	354
BOSQUE NATIVO	689	174	515
BOSQUE MIXTO	12	0	12
HUMEDALES	10	38	-28
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.919	76	1.843
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	8	-8
CUERPOS DE AGUA	852	32	820
SUBTOTAL	21.549	2.904	18.644
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES 2005			15.060
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES 2013			33.633

4.3.5.2 Evolución de los Terrenos Agrícolas

El Cuadro 45 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Terrenos Agrícolas. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Terrenos Agrícolas experimentó una disminución neta de 20.675 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 45. Balance de la superficie de cambio de Terrenos Agrícolas 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	2.326	15.102	-12.776
PRADERAS Y MATORRALES	34.167	17.045	17.122
BOSQUE PLANTACION	7.131	17.029	-9.898
BOSQUE NATIVO	6.773	20.602	-13.830
BOSQUE MIXTO	264	92	172
HUMEDALES	553	115	438
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	2.505	2.400	106
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
CUERPOS DE AGUA	334	2.342	-2.008
SUBTOTAL	54.053	74.728	-20.675
TERRENOS AGRÍCOLAS 2005			425.979
TERRENOS AGRÍCOLAS 2013			408.029

4.3.5.3 Evolución de las Praderas y Matorrales

El Cuadro 46 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Praderas y Matorrales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Praderas y Matorrales experimentó una disminución neta de 222.841 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Áreas Desprovistas de Vegetación.

Cuadro 46. Balance de la superficie de cambio de Praderas y Matorrales 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	156	2.517	-2.361
TERRENOS AGRÍCOLAS	17.045	34.167	-17.122
BOSQUE PLANTACION	6.819	29.830	-23.011
BOSQUE NATIVO	16.403	243.390	-226.988
BOSQUE MIXTO	146	149	-2
HUMEDALES	619	2.451	-1.832
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	60.236	5.559	54.677
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	1.154	6.805	-5.651
CUERPOS DE AGUA	268	818	-550
SUBTOTAL	102.844	325.686	-222.841
PRADERAS Y MATORRALES 2005			549.083
PRADERAS Y MATORRALES 2013			326.241

4.3.5.4 Evolución de las Plantaciones Forestales

El Cuadro 47 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Plantaciones Forestales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Plantaciones Forestales experimentó un aumento neto de 11.796 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Bosque Nativo, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2005 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 47. Balance de la superficie de cambio de Plantaciones forestales 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	93	447	-354
TERRENOS AGRÍCOLAS	17.029	7.131	9.898
PRADERAS Y MATORRALES	29.830	6.819	23.011
BOSQUE NATIVO	6.879	24.664	-17.785
BOSQUE MIXTO	180	15	166
HUMEDALES	104	135	-31
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	348	3.079	-2.731
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	98	-98
CUERPOS DE AGUA	273	554	-281
SUBTOTAL	54.737	42.941	11.796
PLANTACIONES 2005			118.740
PLANTACIONES 2013			130.536

4.3.5.5 Evolución del Bosque Nativo

El Cuadro 48 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Bosque Nativo. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Bosque Nativo experimentó un aumento neto de 264.268 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Áreas Urbanas e Industriales, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2005 eran ocupadas por Praderas y Matorrales (226.988 ha, que representa el 49,4 % de la nueva superficie de bosque nativo).

Cuadro 48. Balance de la superficie de cambio de Bosque Nativo 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	174	689	-515
TERRENOS AGRÍCOLAS	20.602	6.773	13.830
PRADERAS Y MATORRALES	243.390	16.403	226.988
BOSQUE PLANTACION	24.664	6.879	17.785
BOSQUE MIXTO	328	226	102
HUMEDALES	88	67	22
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	7.145	1.053	6.092
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	218	-218
CUERPOS DE AGUA	312	130	183
SUBTOTAL	296.704	32.436*	264.268
BOSQUE NATIVO 2005			195.041
BOSQUE NATIVO 2013			459.308

* La suma de valores considera todos los decimales que no se muestran en la tabla

4.3.5.6 Evolución del Bosque Mixto

El Cuadro 49 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Bosque Mixto. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Bosque Mixto experimentó una disminución neta de 499 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Terrenos Agrícolas, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 49. Balance de la superficie de cambio de Bosque Mixto 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	0	12	-12
TERRENOS AGRÍCOLAS	92	264	-172
PRADERAS Y MATORRALES	149	146	2
BOSQUE PLANTACION	15	180	-166
BOSQUE NATIVO	226	328	-102
HUMEDALES	1	0	1
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	41	92	-51
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	0	0	0
CUERPOS DE AGUA	0	0	0
SUBTOTAL	523	1.022	-499
BOSQUE MIXTO 2005			1.045
BOSQUE MIXTO 2013			546

4.3.5.7 Evolución de los Humedales

El Cuadro 50 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Humedales. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Humedales experimentó un aumento neto de 2.771 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Terrenos Agrícolas, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Praderas y Matorrales.

Cuadro 50. Balance de la superficie de cambio de Humedales 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	38	10	28
TERRENOS AGRÍCOLAS	115	553	-438
PRADERAS Y MATORRALES	2.451	619	1.832
BOSQUE PLANTACION	135	104	31
BOSQUE NATIVO	67	88	-22
BOSQUE MIXTO	0	1	-1
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	1.309	53	1.256
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	61	452	-391
CUERPOS DE AGUA	476	1	475
SUBTOTAL	4.652	1.881	2.771
HUMEDALES 2005			3.857
HUMEDALES 2013			6.628

4.3.5.8 Evolución de las Áreas Desprovistas de Vegetación

El Cuadro 51 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Áreas Desprovistas de Vegetación. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Áreas Desprovistas de Vegetación experimentó una disminución neta de 250.415 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Nieves Eternas y Glaciares, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Plantaciones forestales (2.731 ha netas).

Cuadro 51. Balance de la superficie de cambio de Áreas desprovistas de vegetación 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	76	1.919	-1.843
TERRENOS AGRÍCOLAS	2.400	2.505	-106
PRADERAS Y MATORRALES	5.559	60.236	-54.677
BOSQUE PLANTACION	3.079	348	2.731
BOSQUE NATIVO	1.053	7.145	-6.092
BOSQUE MIXTO	92	41	51
HUMEDALES	53	1.309	-1.256
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	32	189.719	-189.687
CUERPOS DE AGUA	1.331	867	464
SUBTOTAL	13.674	264.089	-250.415
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN 2005			306.821
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN 2013			56.407

4.3.5.9 Evolución de las Nieves y Glaciares

El Cuadro 52 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Nieves Eternas y Glaciares. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Nieves Eternas y Glaciares experimentó en la Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins un aumento neto de 196.126 ha, de las cuales el mayor aporte proviene desde áreas que en 2005 eran ocupadas por Áreas Desprovistas de Vegetación, mientras que no se detectan salidas netas desde áreas que en 2005 eran ocupadas por otros usos (se movieron 1.154 ha brutas hacia Praderas y Matorrales, que se compensan con el ingreso bruto de 6.805 provenientes del mismo uso). Los cambios en el subuso Nieves son muy dependientes de la fecha de captura de las imágenes, pudiendo presentar variaciones intercatastrales de varias miles de hectáreas debido a este efecto.

Cuadro 52. Balance de la superficie de cambio de Nieves y Glaciares 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	8	0	8
TERRENOS AGRÍCOLAS	0	0	0
PRADERAS Y MATORRALES	6.805	1.154	5.651
BOSQUE PLANTACION	98	0	98
BOSQUE NATIVO	218	0	218
BOSQUE MIXTO	0	0	0
HUMEDALES	452	61	391
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	189.719	32	189.687
CUERPOS DE AGUA	88	15	72
SUBTOTAL	197.388	1.262	196.126
NIEVES Y GLACIARES 2005			9.263
NIEVES Y GLACIARES 2013			205.389

4.3.5.10 Evolución de los Cuerpos de Agua

El Cuadro 53 presenta el movimiento de cambios en el período 2005–2013, para el uso Cuerpos de Agua. Se detallan las superficies de entrada y salida. En las columnas de ingreso y salida se indica la superficie en hectáreas de ingreso o salida al uso desde otros usos en período entre actualizaciones. El uso Cuerpos de Agua, experimentó un aumento neto de 825 ha, de las cuales la mayor pérdida en 2013 se clasifica como Áreas Urbanas e Industriales, mientras que el mayor aporte proviene desde áreas que en 2001 eran ocupadas por Terrenos Agrícolas.

Cuadro 53. Balance de la superficie de cambio de Cuerpos de Agua 2005 -2013

USO REGION O'HIGGINS	INGRESO	SALIDA	NETO
ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES	32	852	-820
TERRENOS AGRÍCOLAS	2.342	334	2.008
PRADERAS Y MATORRALES	818	268	550
BOSQUE PLANTACION	554	273	281
BOSQUE NATIVO	130	312	-183
BOSQUE MIXTO	0	0	0
HUMEDALES	1	476	-475
ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	867	1.331	-464
NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	15	88	-72
SUBTOTAL	4.758	3.933	825
CUERPOS DE AGUA 2005			9.547
CUERPOS DE AGUA 2013			10.371

4.4. BALANCE DE SUPERFICIES MACROZONA CENTRAL DE CHILE

El balance de superficies para la Macro Zona Central de Chile se obtuvo a partir de la cartografía de actualización del catastro corregida (2001) y la cartografía actualizada 2013. La superficie de uso de la tierra corregida se refiere a una georreferenciación sobre un mosaico de imágenes ortorrectificado que se realizó a los polígonos del Catastro actualizado al 2001.

En el Cuadro 57 se muestra el balance bruto (diferencia en hectáreas en el período 2001-2013) de uso actual del suelo desagregado en los bosques a nivel de subusos y estructura en la Macro Zona Central de Chile. A nivel de uso actual los mayores cambios porcentuales y de superficies se observan para el uso Bosque, aumentando en 919.918 ha equivalentes al 19,3 % de la superficie conjunta de las regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins. Dentro de esta clase el cambio principal se produjo en el subuso Bosque Nativo con un aumento neto de 919.918 ha.

En el uso Áreas Urbanas-Industriales se observa un aumento en la superficie de 94.493 ha. Para el uso Terrenos Agrícolas se registró una disminución neta de 62. 640 ha, que resulta de la disminución de 359.932 ha en el subuso Terrenos de Uso Agrícola y un aumento de 297.293 ha en el subuso Rotación Cultivo Pradera.

En el uso Praderas y Matorrales, se registró una disminución de superficie 853.943 ha. Los mayores cambios de superficie se observan en el subuso Matorral, con una disminución de 948.576 ha. Sin embargo dentro de este uso se observó un aumento de 217.003 en el subuso Estepa Andina Central.

En relación a los otros usos, destaca la disminución de la superficie de las áreas desprovistas de vegetación (-355.125 ha), el aumento de Nieves y Glaciares, Humedales).

Cuadro 54. Evolución del Uso de la Tierra, Macro Zona Central de Chile

CODIGO	USO	SUPERFICIE 2001	%	SUPERFICIE 2013	%	CAMBIO
1	AREAS URBANAS E INDUSTRIALES	132.476	2,8	226.969	4,8	94.493
2	TERRENOS AGRÍCOLAS	861.955	18,1	799.315	16,7	-62.640
3	PRADERAS Y MATORRALES	2.129.630	44,6	1.275.687	26,7	-853.943
4	BOSQUE	597.425	12,5	1.517.343	31,8	919.918
4.1	PLANTACIONES	189.274	4,0	208.475	4,4	19.201
4.1.1	ADULTA	145.539	3,0	137.055	2,9	-8.485
4.1.2	JOVEN O RECIEN COSECHADA	40.238	0,8	69.562	1,5	29.325
4.1.3	EXÓTICAS ASILVESTRADAS	3.497	0,1	1.858	0,0	-1.639
4.2	NATIVO	406.689	8,5	1.307.379	27,4	900.690
4.2.1	ADULTO	4.825	0,1	8.118	0,2	3.292
4.2.2	RENOVAL	367.689	7,7	1.263.100	26,5	895.412
4.2.3	ADULTO RENOVAL	22.245	0,5	35.069	0,7	12.824
4.2.4	ACHAPARRADO	11.930	0,2	1.092	0,0	-10.838
4.3	MIXTOS	1.462	0,0	1.489	0,0	27
4.3.1	NATIVO PLANTACIÓN	831	0,0	699	0,0	-132
4.3.2	NATIVO CON EXÓTICAS ASILVESTRADAS	631	0,0	790	0,0	159
5	HUMEDALES	16.199	0,3	28.994	0,6	12.796
6	AREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN	896.290	18,8	541.165	11,3	-355.125
7	NIEVES ETERNAS Y GLACIARES	119.437	2,5	359.024	7,5	239.587
8	CUERPOS DE AGUA	19.421	0,4	24.333	0,5	4.912
Total general		4.772.831	100,0	4.772.831	100,0	0

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados se puede concluir que:

- Los procedimientos de ortorrectificación utilizados aseguran contar con un material de trabajo que permite realizar los procesos de clasificación de imágenes e interpretación experta sin alterar la calidad de la información contenida en las imágenes originales. Además, la inclusión de material adicional con fecha 2011 permite contar con una base más cercana al presente.
- La depuración y unión de las coberturas vectoriales de la anterior actualización (2001 y 2005), ofrecen continuidad temática en los límites regionales y se reduce significativamente el número de polígonos lo que ayuda a realizar consultas y procesos computacionales con mayor rapidez.
- El uso de imágenes satelitales multiespectrales permite ampliar la identificación de unidades pobladas de vegetación, lo cual contribuye a mejorar el proceso de actualización y monitoreo del uso de la tierra. La clasificación de imágenes, en gabinete es de gran utilidad para discriminar los principales usos de la tierra; sin embargo, para identificar niveles jerárquicos menores como las diferentes tipologías forestales se requiere contar con muestras o áreas de entrenamiento de terreno. En las zonas naturales (no antropogénicas) que han sido visitadas es posible discriminar algunos elementos vegetacionales cuyo espectro ofrece una clara separación con su entorno, como es el caso de los bosques de roble. Adicionalmente, el conocimiento empírico de los límites ecológicos de crecimiento de las formaciones vegetacionales permite acotar su rango de distribución, evitando confusión con elementos de firma espectral similar.
- Los mayores cambios porcentuales y de superficies en la Macro Zona Central de Chile se observan para el uso Bosque, aumentando en 919.918 ha equivalentes al 19,3 % de la superficie conjunta de las regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins. Dentro de esta clase el cambio principal se produjo en el subuso Bosque Nativo con un aumento neto de 919.918 ha.
- En la Región de Valparaíso, a nivel de uso actual los mayores cambios porcentuales y de superficies se observan para el uso Bosque, aumentando en 382.728 ha equivalentes al 23,9 % de la superficie Regional. Dentro de esta clase el aumento principal se produjo en el subuso Bosque Nativo y el tipo forestal Esclerófilo, subtipos Peumo Quillay Litre y Espino.
- En la Región Metropolitana, a nivel de uso actual los mayores cambios porcentuales de superficies se observan para el uso Praderas y Matorrales, disminuyendo en 274.612 ha equivalentes al 17,8 % de la superficie Regional. Dentro de esta clase el cambio principal se produjo en el subuso Matorral (- 371.978 ha). La anterior disminución en Praderas y Matorrales fue compensada con un aumento de superficie de Bosque Nativo de 258.672 ha.
- En la Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins, a nivel de uso actual los mayores cambios porcentuales de superficies se observan para el uso Bosque, aumentando en

275.564 ha equivalentes al 16,9 % de la superficie Regional. Dentro de esta clase el cambio principal se produjo en el subuso Bosque Nativo con 264.268 ha de nueva superficie boscosa.

- La incorporación de imágenes multiespectrales en la presente actualización y el hecho que en la presente actualización se adaptó para estas coberturas según el Oficio Ordinario del año 1999 que fija el porcentaje de cobertura de copas para definir un bosque para las zonas áridas y semiáridas explican en gran medida el considerable aumento de la superficie boscosa actual, en relación a lo informado en los monitoreos anteriores, no descartándose el aporte por crecimiento de masas naturales antes clasificadas como Matorral hacia Bosque Nativo.

6. REFERENCIAS

- CHUVIECO, E. 2002. Teledetección Ambiental. Barcelona, Ariel Ciencia.
- ERDAS Field Guide. 2005 Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC.
- ETIENNE, M., PRADO C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Conceptos y manual de uso práctico. Ciencias Agrícolas Nº 10. 120p.
- HOYOS, G. y PÉREZ, J. N. 2007. Aplicación de los algoritmos genéticos a la clasificación de imágenes de satélite en el marco de los servicios Grid inteligentes estado del arte. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 17 (2): 59-76.
- LIZZI, J.M.; M.F. GARBULSKY, GOLLUSCIO, R.A. y DEREGIBUS, V.A. 2007. Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. Ecología Austral 17: 217-230.
- MARIOTTO, I. and GUTSCHICK, V.P. 2010. Non-Lambertian Corrected Albedo and Vegetation Index for Estimating Land Evapotranspiration in a Heterogeneous Semi-Arid Landscape. Remote Sens., 2: 926-938.
- MUÑOZ, P. 2013. Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación. Centro de Información de Recursos Naturales. 13p.

7. ANEXOS

7.1. ANEXO I

Ajuste geométrico de coberturas 2001-2005

El primer procedimiento utilizado fue la reproyección de los datos de PSAD56, huso 18 a WGS84, uso 19. Para esto en ArcGis 9.3 se utilizó el “método 3”, que es el que se considera el más apropiado. Posteriormente, se revisó para cada cobertura la unicidad entre objetos y registros. En aquellos casos en que se detectó un registro asociado a varios objetos (polígonos), se aplicó la herramienta “Multipart to single part”, que asocia un registro para cada objeto (Figura A1). Para las regiones de Valparaíso y Metropolitana no se detectó este tipo de error, pero para la Región del Libertador Gral. Bernardo O’Higgins, de 13.311 polígonos originales resultaron 13.573 lo que significan 262 nuevos registros. Luego se revisó la topología de los objetos (Figura A2), de tal forma de detectar algunas alteraciones en las coberturas que afectan procesos posteriores como: superposición de polígonos y vacíos o espacios sin información. Para tal efecto, la cobertura shape se transformó a formato de geodatabase, verificándose 1.241 errores en la Región de Valparaíso, 80 errores en la Región Metropolitana y 22 errores en la Región del Libertador Gral. Bernardo O’Higgins. Para el caso de las regiones Metropolitana y del Libertador Gral. Bernardo O’Higgins se revisaron y editaron cada uno de los casos, mientras que para la Región de Valparaíso se revisó una parte de los errores, constatándose los tipos de errores comunes y realizándose una edición generalizada mediante las herramientas “autocomplete” y “eliminate” según fuera el caso.

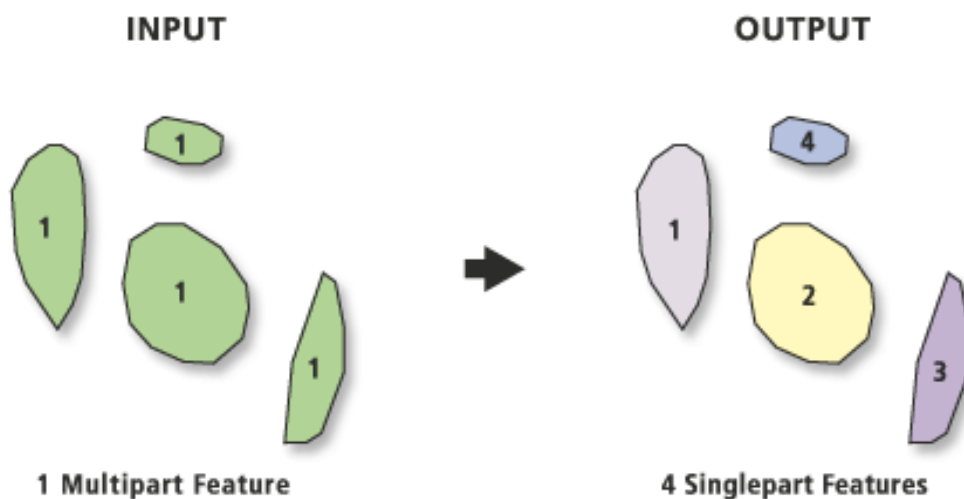


Figura A1. Herramienta ArcGis 9.3 Multipart to single part de Esri.

Luego de lograr conformidad topológica, las coberturas regionales se transformaron nuevamente a formato shape file. Se realizó un reporte de todos los campos de las coberturas, el cual fue revisado conjuntamente por profesionales de CONAF y se quitaron aquellos que no ofrecían información temática relevante para el proceso de actualización como es el caso de la división político administrativa y algunos campos de trabajo de terreno heredados de actualizaciones anteriores. Para esto se utilizó la herramienta “dissolve” de tal forma que se simplificara la base de datos para un análisis más eficiente (Figura A3).

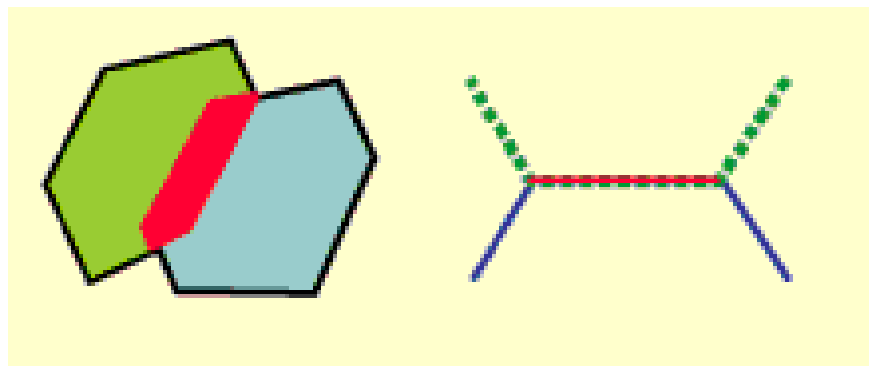


Figura A2. Herramienta Topology de Esri.

Se generó un nuevo campo para realizar un nuevo cálculo de superficies y se seleccionaron para las tres coberturas regionales aquellos polígonos de superficie menor o igual a 6,25 ha. Estos polígonos se exportaron como coberturas nuevas para realizar un análisis de coherencia de las formas de los polígonos, de tal manera de poder detectar los polígonos que fueron efectivamente interpretados de aquellos que surgen producto del cruce de coberturas, pero que se constituyen en elementos no deseados (por ejemplo, polígonos largos de 1 cm de ancho, micropolígonos, artefactos residuales de formas básicas como triángulos, entre otros). En las nuevas coberturas ($\leq 6,25$ ha) se transformaron los polígonos en “líneas” con el propósito de identificar vértices y así determinar formas. Se creó un nuevo campo para identificar las formas a través del número de vértices y se eliminaron los objetos de formas triangulares y de cuatro vértices menores a 0,5 ha. La cobertura de formas se unió nuevamente con el shape de base y se seleccionaron los objetos menores a 2 ha de más de cinco vértices pero que no constituyeran bosque (TIPOFOR = “”). Se revisó que este grupo de objetos no constituyeran polígonos verdaderos, en caso contrario se fusionaron con su entorno de mayor influencia mediante la herramienta “eliminate” (Figura A4). El procedimiento antes descrito no busca definir los límites de tamaño determinados en los monitoreos anteriores. Se intenta preservar la estructura de los datos originales “limpiando la cobertura de evidentes errores topológicos.

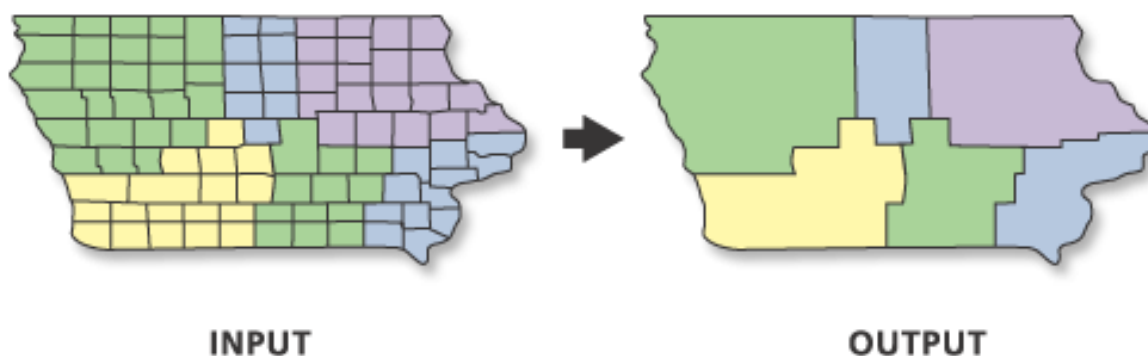


Figura A3. Herramienta Dissolve de Esri.

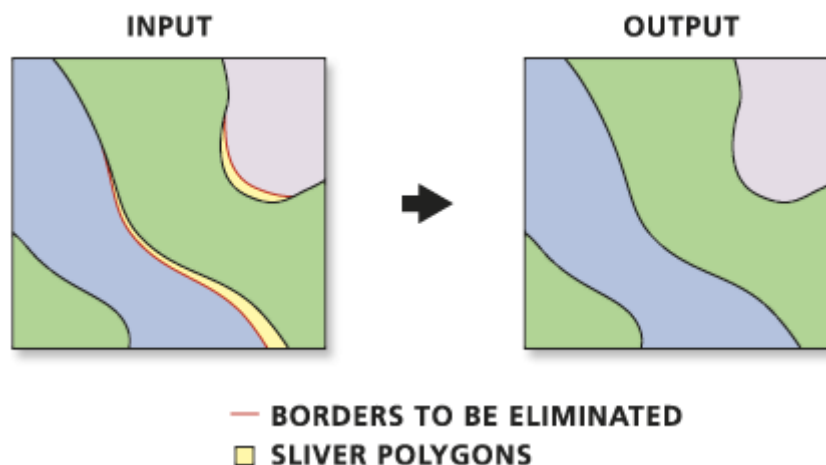


Figura A4. Herramienta eliminate de Esri.

De los procesos anteriormente descritos se redujo el número de polígonos a 9.202, 6.277 y 11.191 polígonos para las regiones V, RM y VI, respectivamente.

Ajuste geométrico a la base ortorrectificada.

Se consideró como base de los proyectos de actualización de las regiones V, RM, y VI las imágenes originadas del vuelo CONAF-CONAMA 2000. Las fotografías individuales se contrastaron con el producto CIREN “Mosaico CONAF-CONAMA 2000” en conjunto con el uso de la tierra descrito en los polígonos corregidos. De este análisis y dado que se mantenían en el mismo lugar los objetos observados en las imágenes individuales con los del mosaico se decidió utilizar directamente el producto Mosaico CIREN. La base ortorrectificada válida a la escala esperada de los proyectos 2001 y 2005 fue el mosaico Landsat 7 2003. Se realizó una georreferenciación detallada del mosaico CONAF-CONAMA 2000 sobre la base Landsat 7. Posteriormente, se utilizaron los mismos puntos de control para ajustar los polígonos de las coberturas regionales.

Se revisó a escala 1:30.000-1:40.000 la coherencia de ubicación de los polígonos sobre la base Landsat 7 para las tres coberturas. Este análisis se realizó usando los distritos censales de la cobertura de división político administrativa de ODEPA. En la V Región se revisaron 52 distritos censales, detectándose sólo 16 polígonos con un desajuste mayor a 50 m, en la RM se revisaron 35 distritos (todos los de cordillera andina) encontrándose 18 polígonos con falta de ajuste. Sin embargo, en la VI Región se revisó el 100% de la superficie encontrándose 428 polígonos con falta de ajuste. En la V y RM se corrigió el total de desajustes utilizando un método que no alteró los polígonos ya ajustados satisfactoriamente (transformación parcial mediante edición manual de secciones de imagen-vector y método “Rubbersheet” de ArcGIS 9.3 para áreas con desajustes generalizados).

Procesos ajuste geométrico cobertura 2001 Región de Valparaíso

COBERTURA INICIO	PROCESO	COBERTURA RESULTADO
Consulta5.shp (2001)	Project PSAD56H18 a WGS84H19 (método 3)	Consulta5_Project.shp
Consulta5_Project.shp	MultipartToSinglepart	consulta5_Project_MultipartT.shp
consulta5_Project_MultipartT.shp	Importtogdb	valpo.gdb
valpo.gdb	Topology	valpo_topology
valpo_topology	Reporte de 1241 errores	valpo
valpo_topology	Eliminate	valpo_Eliminate
valpo_Eliminate	Exporttoshape	valpo_usos_topo.shp
valpo_usos_topo.shp	dissolve	valpo_usos_topo_Dissolve.shp
valpo_usos_topo_Dissolve.shp	Saveasproject	Procesos valpo
valpo__usos_topo_Dissolve	Dissolve Se disolvieron otros campos	valpo__usos_topo_Di2
valpo__usos_topo_Di2	ADD FIELD ID	valpo__usos_topo_Di2
valpo__usos_topo_Di2	SQL SUP_HA≤6.25	valpo__usos_topo_Di2
valpo__usos_topo_Di2	SELECT EXPORT	\TRIANGULOS\TRIANGULO.SHP
\TRIANGULOS\TRIANGULO.SHP	FEATURETOLINE	\TRIANGULOS\TRIANGULO_TOLine.shp
\TRIANGULOS\TRIANGULO_TOLine.shp	SplitLine	\TRIANGULOS\TRIANGULO_SplitLine.shp
\TRIANGULOS\TRIANGULO_SplitLine.shp	SUMARICE	Sum_Output_id
Sum_Output_id	JOIN (ID)	valpo__usos_topo_Dissolve_Di2
valpo__usos_topo_Dissolve_Di2	EXPORT	valpo__usos_topo_Dissolve_Di3
valpo__usos_topo_Dissolve_Di3	SELEC (COUNT 3 Y 4)	valpo__usos_topo_Dissolve_Di4
valpo__usos_topo_Dissolve_Di4	ELIMINATE	valpo__usos_topo_Dissolve_Di4
valpo__usos_topo_Dissolve_Di4	SELEC (COUNT ≥5 AND TIPOFOR "")	valpo__usos_topo_Dissolve_Di4
valpo__usos_topo_Dissolve_Di4	ELIMINATE	valpo__usos_topo_Dissolve_Di5
valpo__usos_topo_Dissolve_Di5	Saveasproject	PROCESOS VALPO 16 MAYO.mxd
	Numero de polígonos	9202

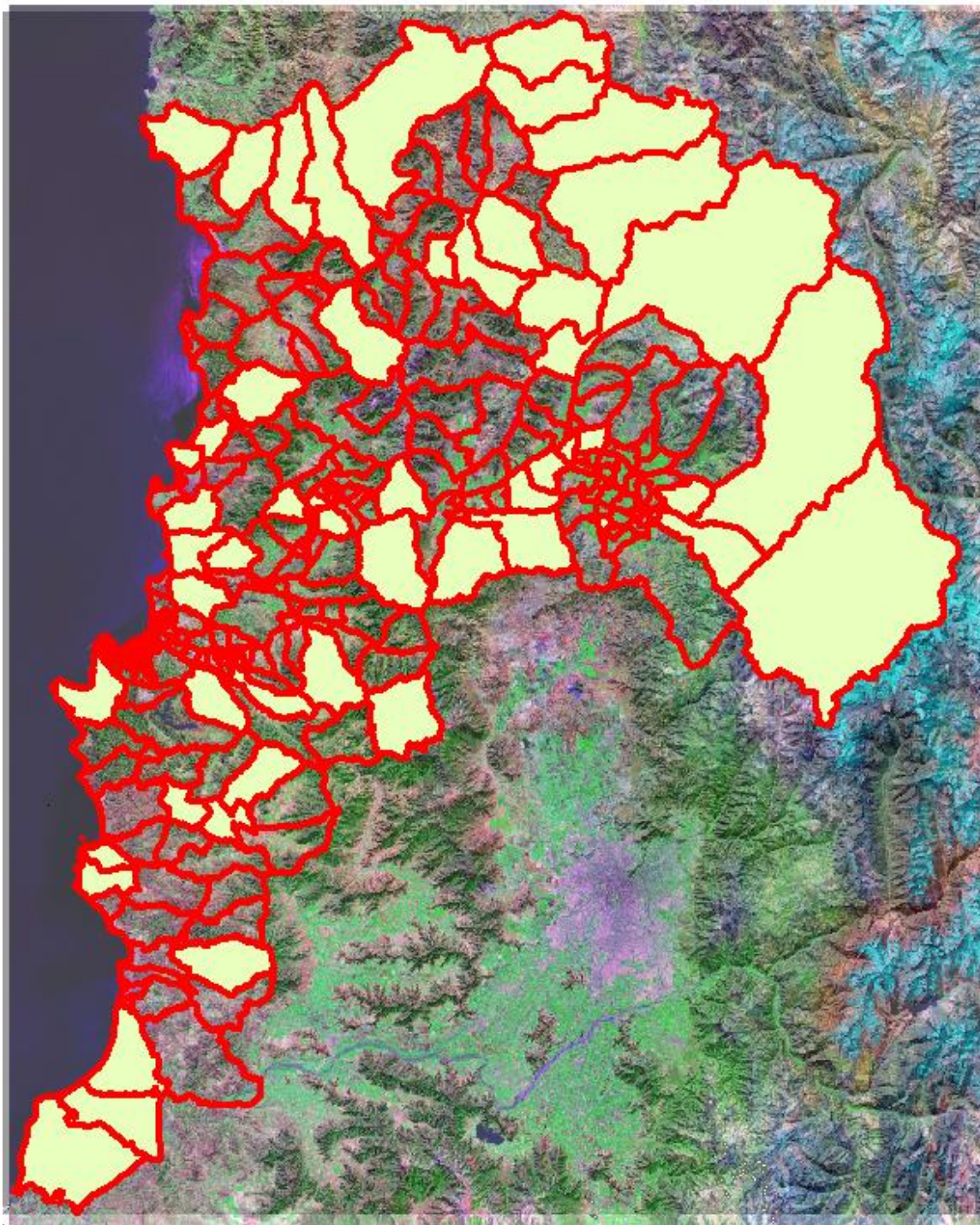


Figura A5. Distritos censales V Región revisados en gabinete.

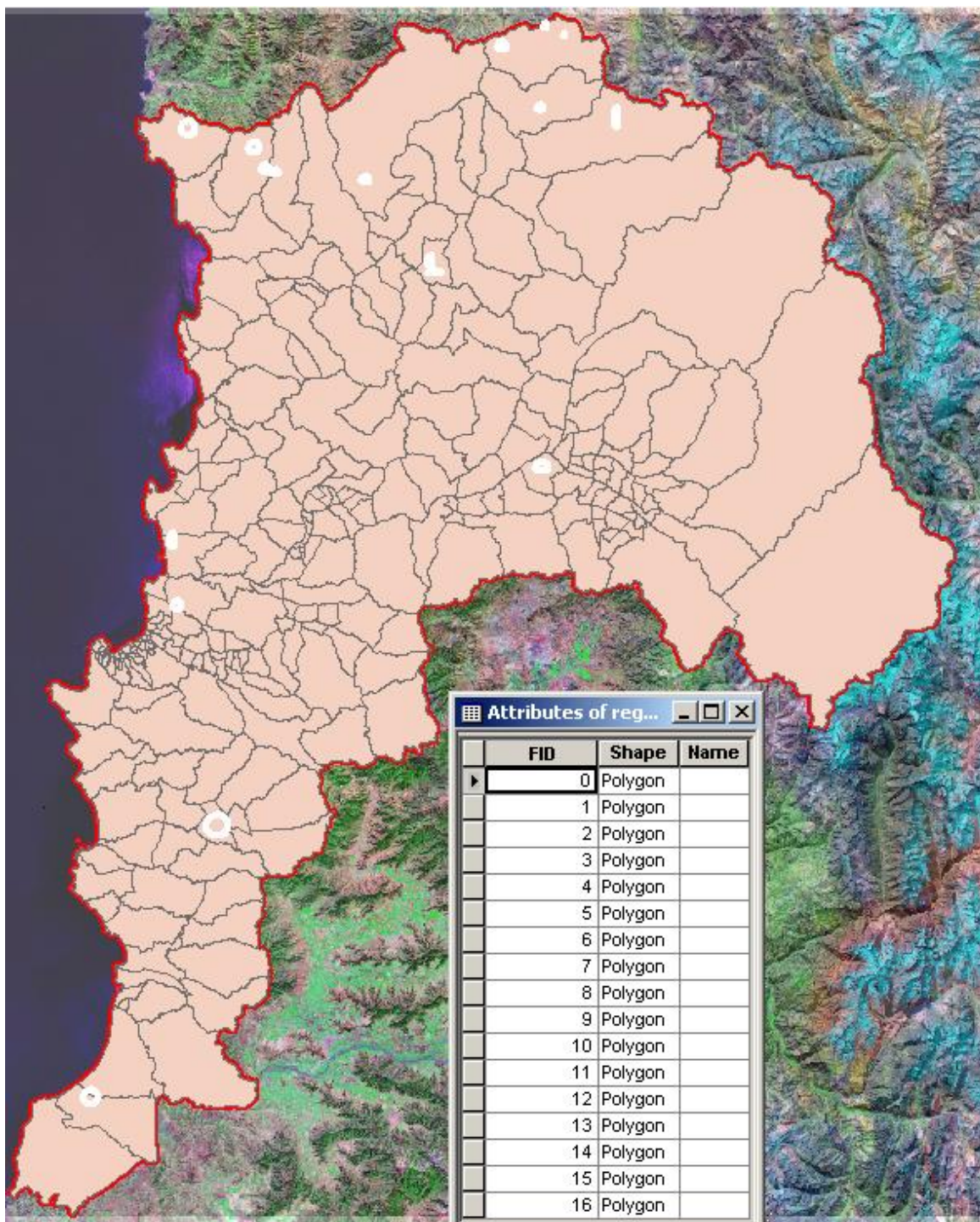


Figura A6. Áreas de no conformidad imagen- vector, V Región.



Figura A7. Detalle de áreas de no conformidad imagen- vector y su ajuste posterior, V Región.

Procesos ajuste geométrico cobertura 2001 Región Metropolitana

COBERTURA INICIO	PROCESO	COBERTURA RESULTADO
consulta.shp (2001)	Project PSAD56H18 a WGS84H19 (método 3)	metro_usos_Project.shp
metro_usos_Project.shp	MultipartToSinglepart	metro_usos_Project_Multipart.shp
metro_usos_Project_Multipart.shp	Importtogdb	Metro.gdb
Metro.gdb	Topology	Metro_topology
Metro_topology	Reporte de 80 errores	Metro
Metro_topology	Eliminate	metro_Eliminate
metro_Eliminate	Exporttoshape	metro_usos_topo.shp
metro_usos_topo.shp	dissolve	metro_usos_topo_Dissolve.shp
metro_usos_topo_Dissolve.shp	Saveasproject	Procesos metro
metros__usos_topo_Dissolve	Dissolve Se disolvieron otros campos	metros__usos_topo_Di2
metros__usos_topo_Di2	ADD FIELD ID	metros__usos_topo_Di2
metros__usos_topo_Di2	SQL SUP_HA≤6.25	metros__usos_topo_Di2
metros__usos_topo_Di2	SELECT EXPORT	\TRIANGULOS\TRIANGULO.SHP
\TRIANGULOS\TRIANGULO.SHP	FEATURETOLINE	\TRIANGULOS\TRIANGULO_TOLine.shp
\TRIANGULOS\TRIANGULO_TOLine.shp	SplitLine	\TRIANGULOS\TRIANGULO_SplitLine.shp
\TRIANGULOS\TRIANGULO_SplitLine.shp	SUMARICE	Sum_Output_id
Sum_Output_id	JOIN (ID)	metros__usos_topo_Dissolve_Di2
metros__usos_topo_Dissolve_Di2	EXPORT	metros__usos_topo_Dissolve_Di3
metros__usos_topo_Dissolve_Di3	SELEC (COUNT 3 Y 4)	metros__usos_topo_Dissolve_Di4
metros__usos_topo_Dissolve_Di4	ELIMINATE	metros__usos_topo_Dissolve_Di4
metros__usos_topo_Dissolve_Di4	SELEC (COUNT ≥5 AND TIPOFOR "")	metros__usos_topo_Dissolve_Di4
metros__usos_topo_Dissolve_Di4	ELIMINATE	metros__usos_topo_Dissolve_Di5
metros__usos_topo_Dissolve_Di5	Saveasproject	PROCESOS METRO 16 MAYO.mxd
	Numero de polígonos	6277

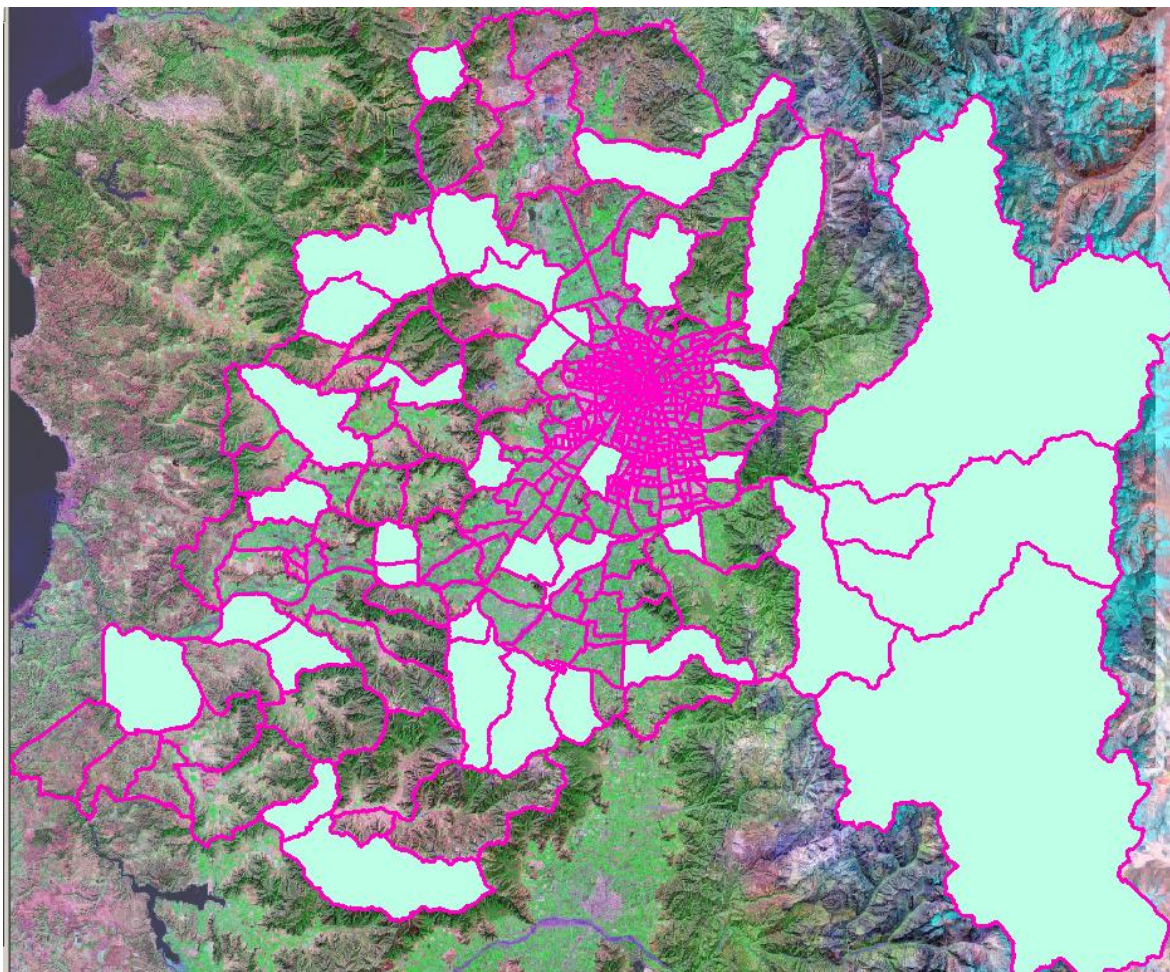


Figura A8. Distritos censales Región Metropolitana revisados en gabinete.



Figura A9. Detalle de áreas de no conformidad imagen- vector y su ajuste posterior, R.M.

Procesos ajuste geométrico cobertura 2001 Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins

COBERTURA INICIO	PROCESO	COBERTURA RESULTADO
sexta_usos.shp (2005)	Project PSAD56H18 a WGS84H19 (método 3)	sexta_usos_Project.shp
sexta_usos_Project.shp	MultipartToSinglepart	sexta_usos_Pro_multipart.shp
sexta_usos_Pro_multipart.shp	Importtogdb	Sexta.gdb
Sexta.gdb	Topology	Sexta_topology
Sexta_topology	Reporte de 22 errores	Sexta_topology
Sexta_topology	Exporttoshape	sexta_usos_topo.shp
sexta_usos_topo.shp	dissolve	sexta_usos_topo_Dissolve.shp
sexta_usos_topo_Dissolve.shp	Saveasproject	Procesos sexta

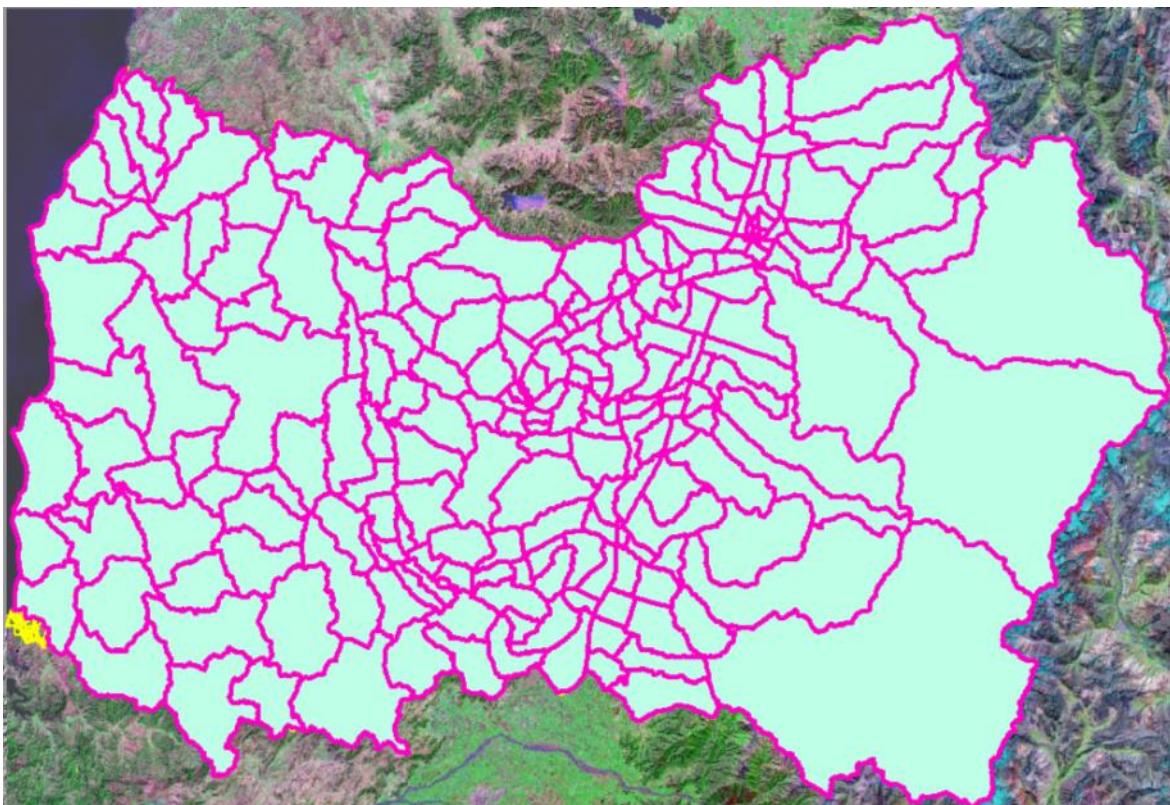


Figura A10. Distritos censales VI Región revisados en gabinete.

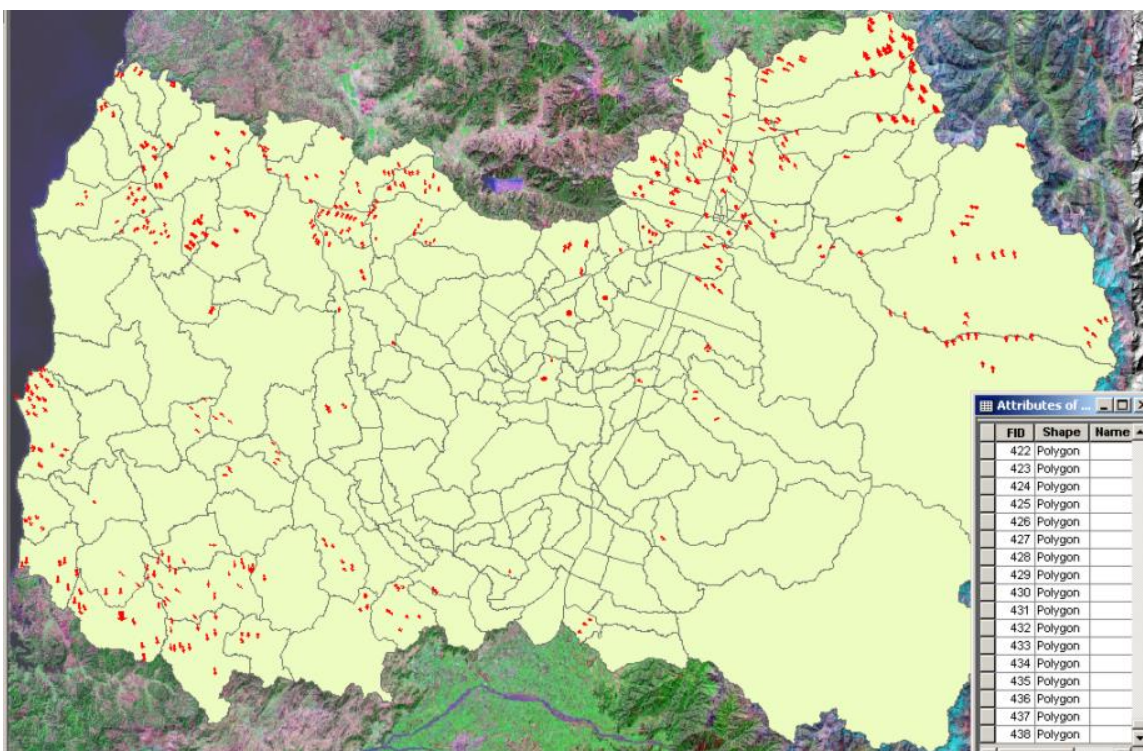


Figura A11. Áreas de no conformidad imagen- vector, VI Región.

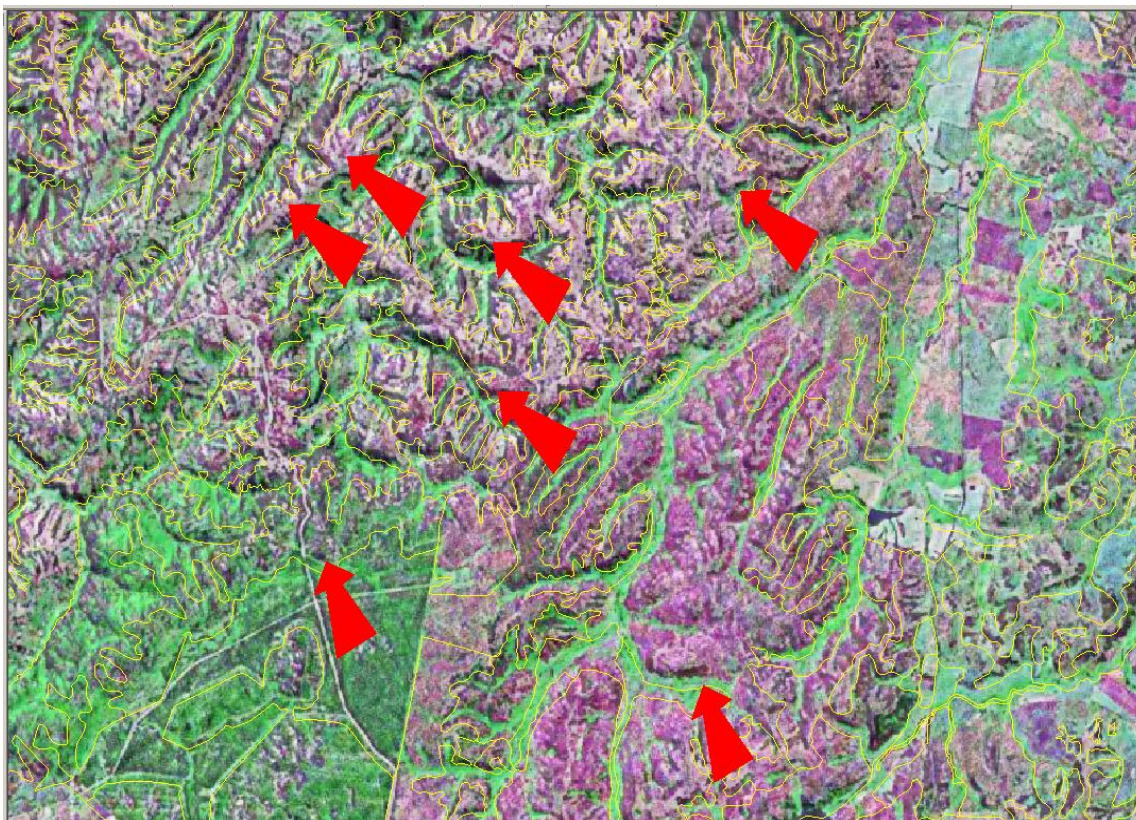
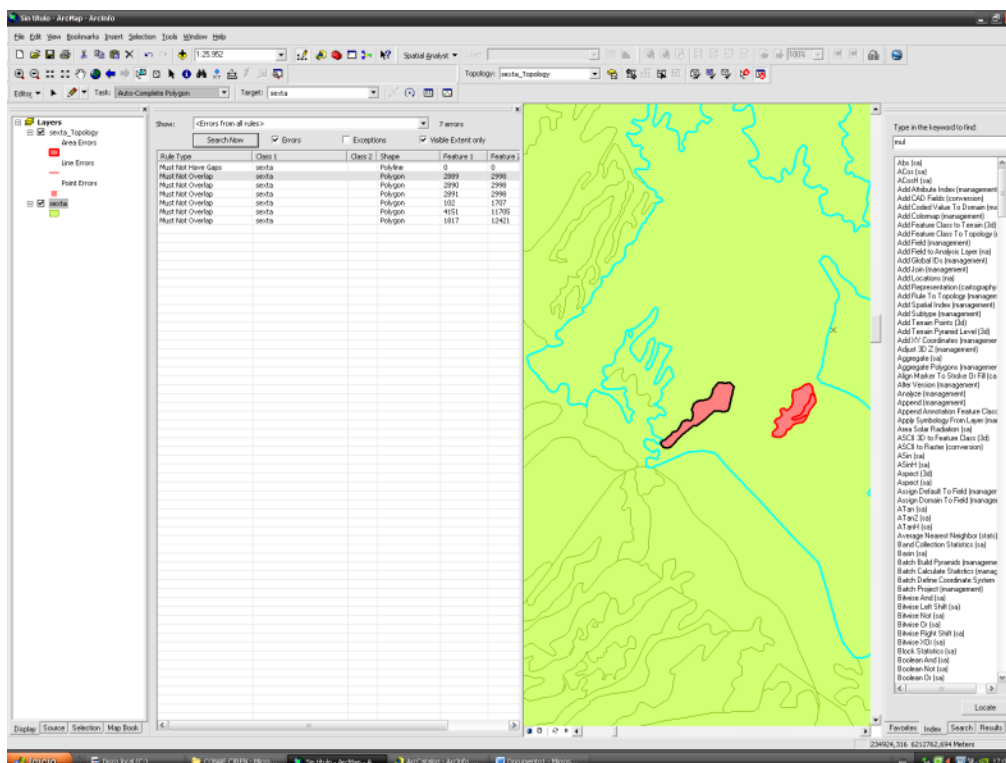


Figura A11. Detalle de áreas de no conformidad imagen- vector, VI Región.



Unión a cobertura única y ajuste a los límites ODEPA

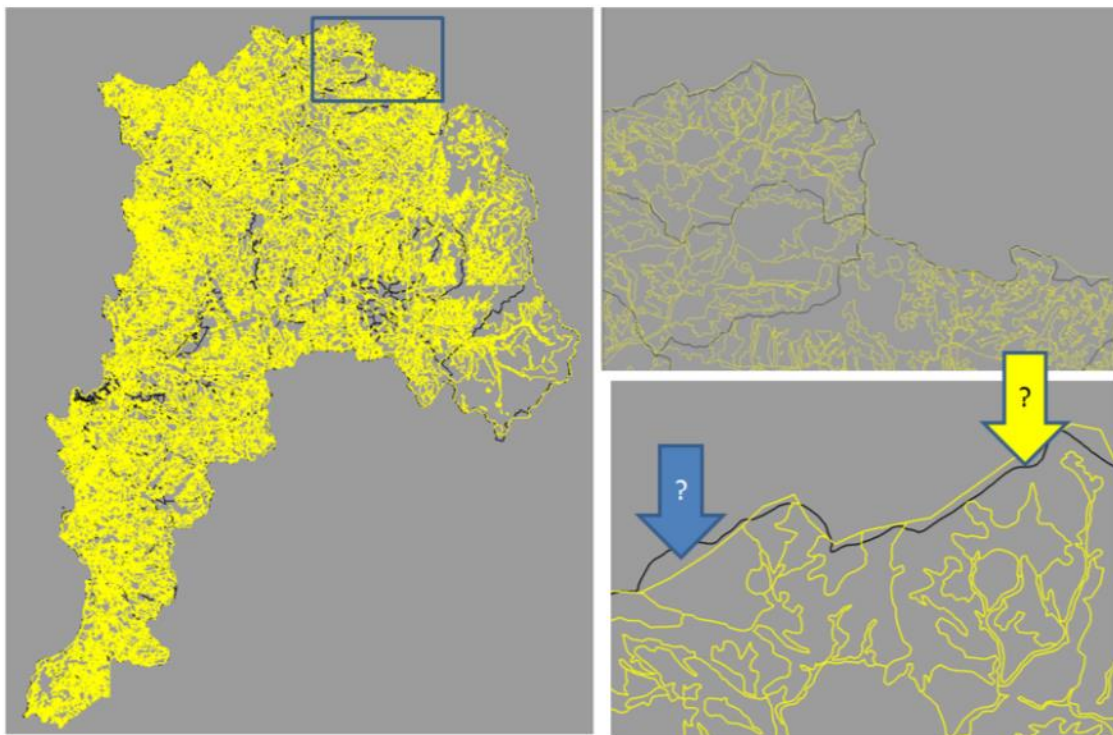


Figura A12. Solución cartográfica de polígonos ajustados a DPA ODEPA.

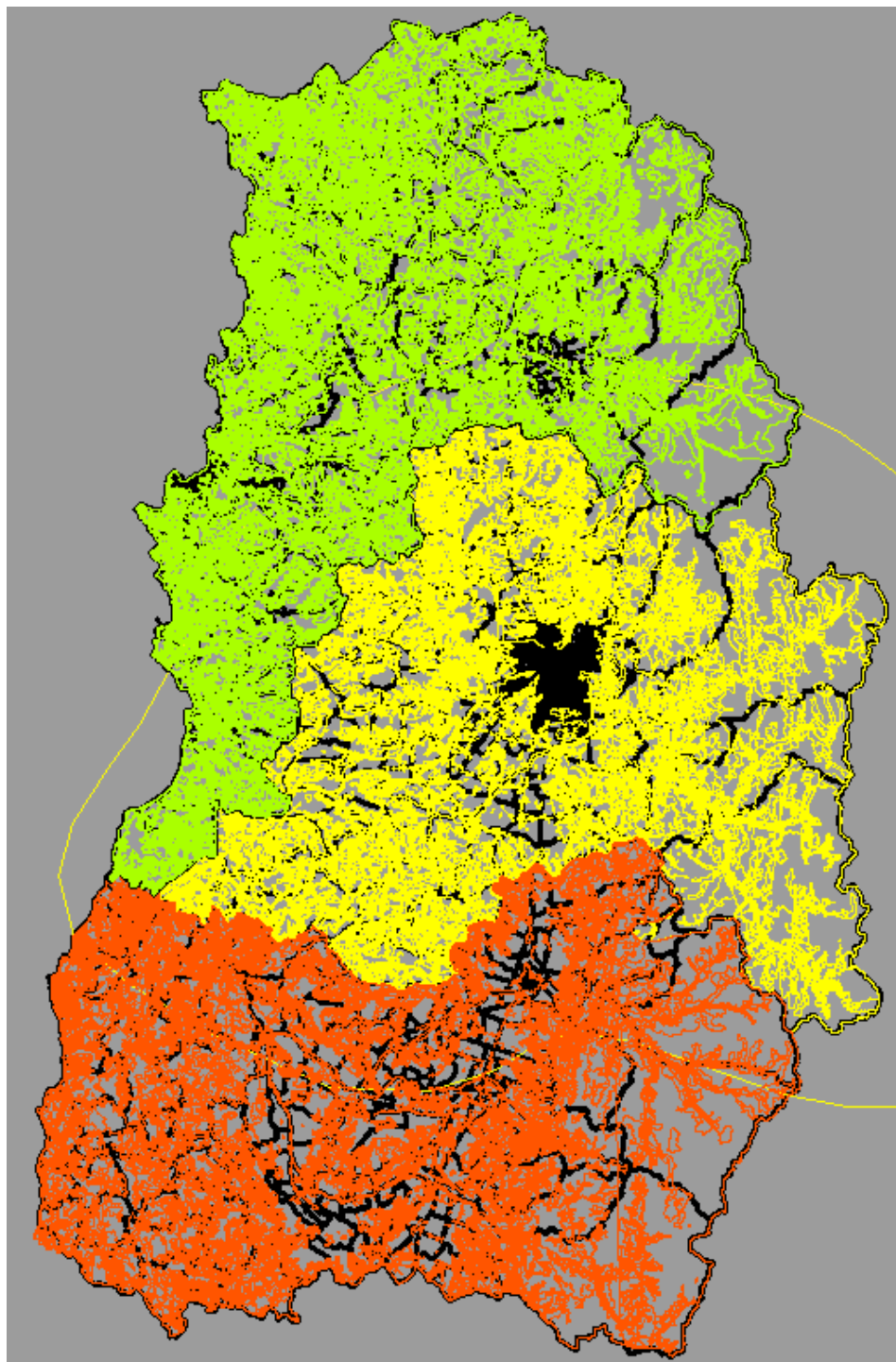


Figura A13. Unión cartográfica de polígonos ajustados a DPA ODEPA.

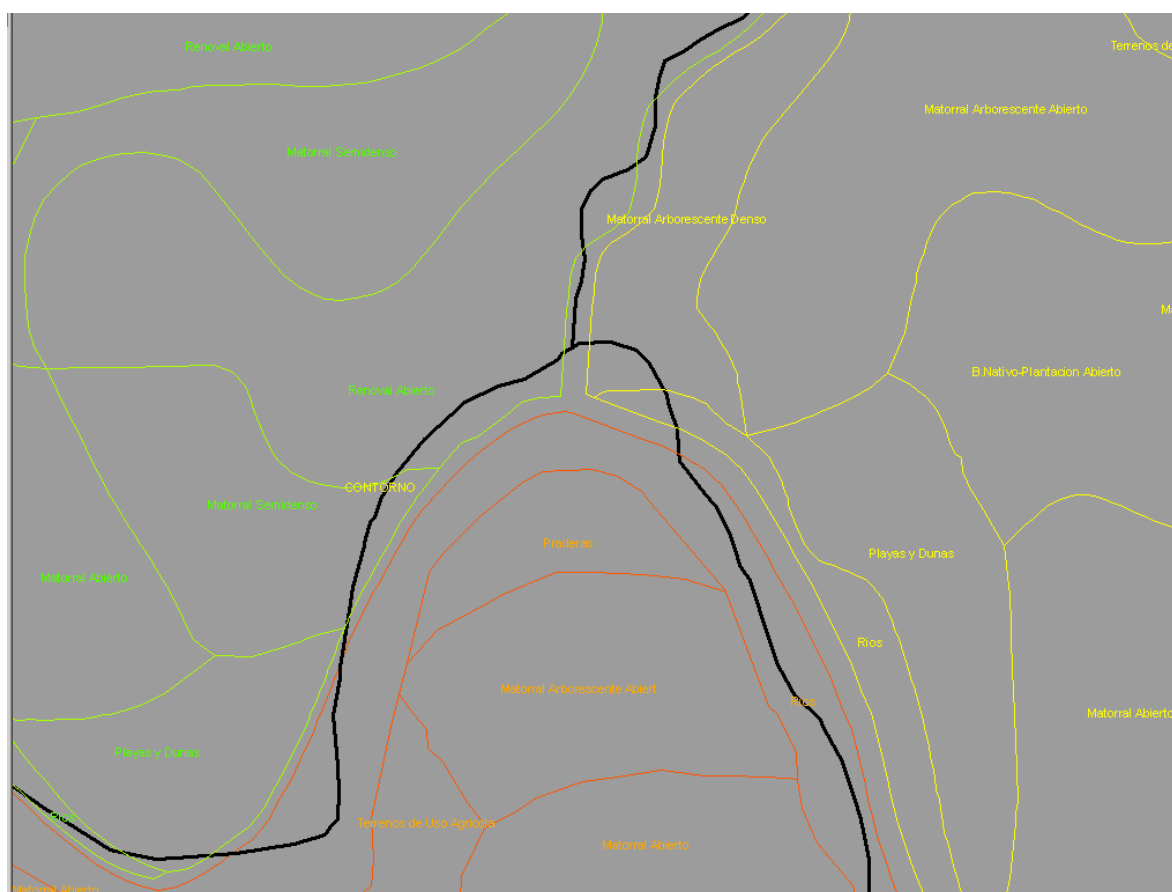
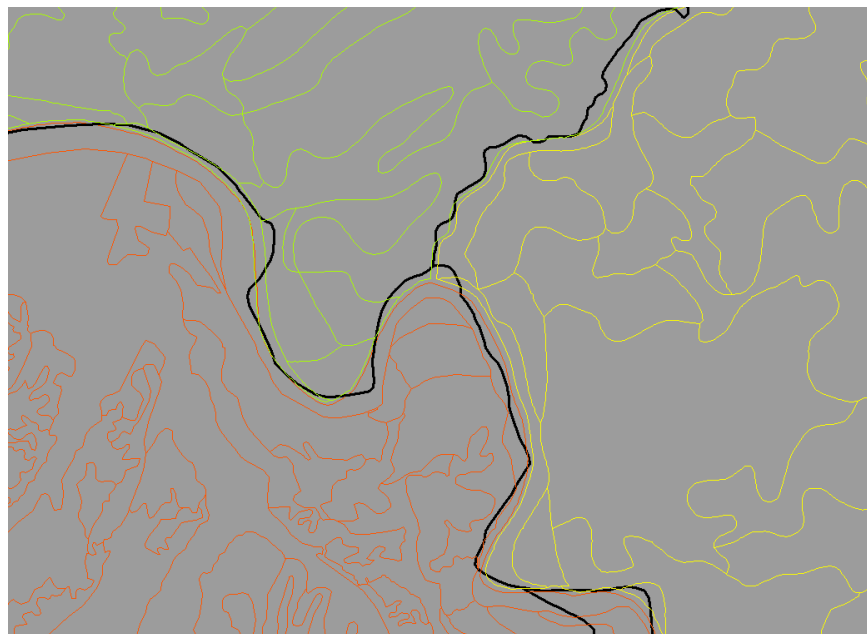


Figura A14. Solución cartográfica de polígonos ajustados a DPA ODEPA, unión entre regiones.

7.2. ANEXO II

Informe metodológico Ortorrectificación y Georreferenciación de imágenes SPOT 5 de CONAF, para las regiones V, VI y RM.

CONAF entrega a CIREN las imágenes SPOT 5 del año 2010 del área de estudio, las que la cubren casi en su totalidad.

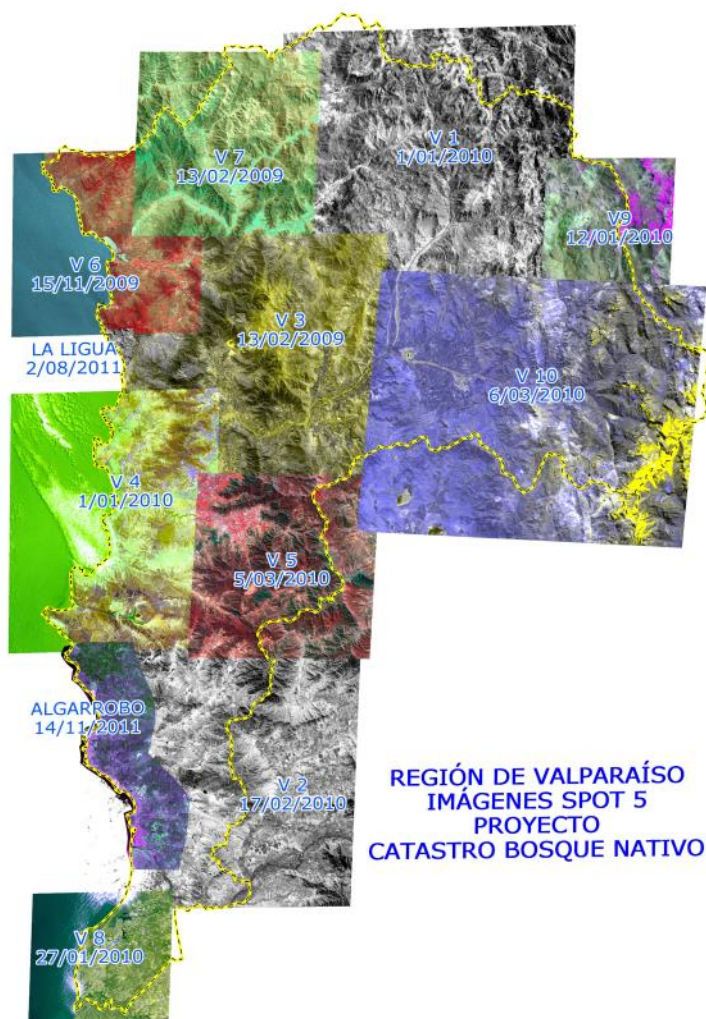


Figura A15. Canevas imágenes ortorrectificadas V Región.

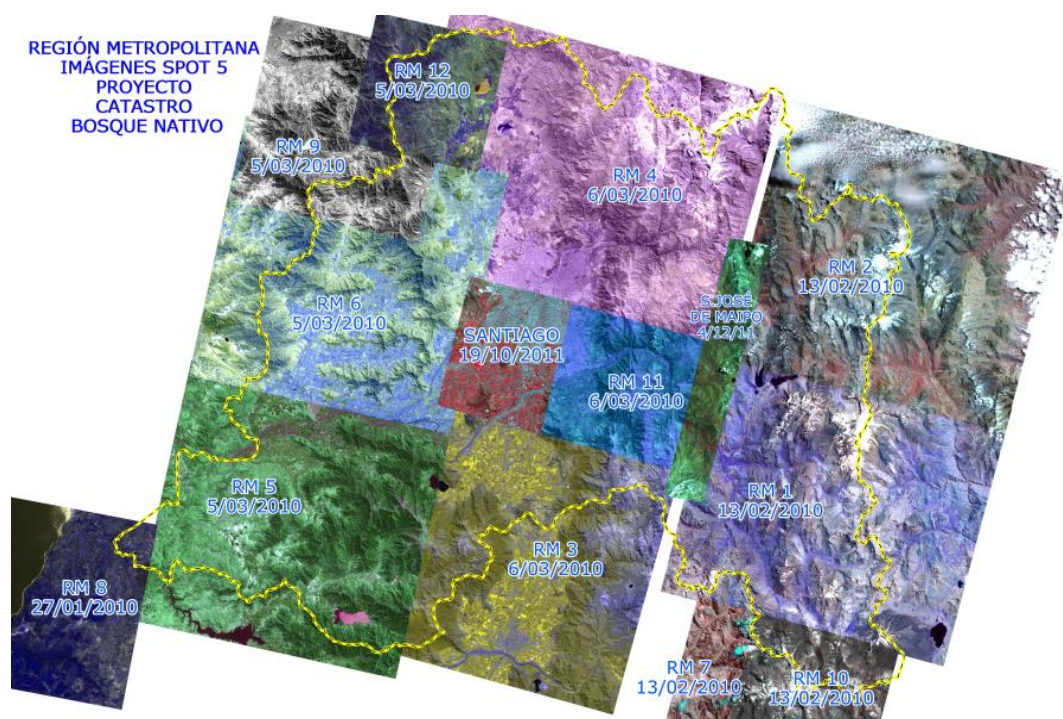


Figura A16. Canevas imágenes ortorrectificadas RM.

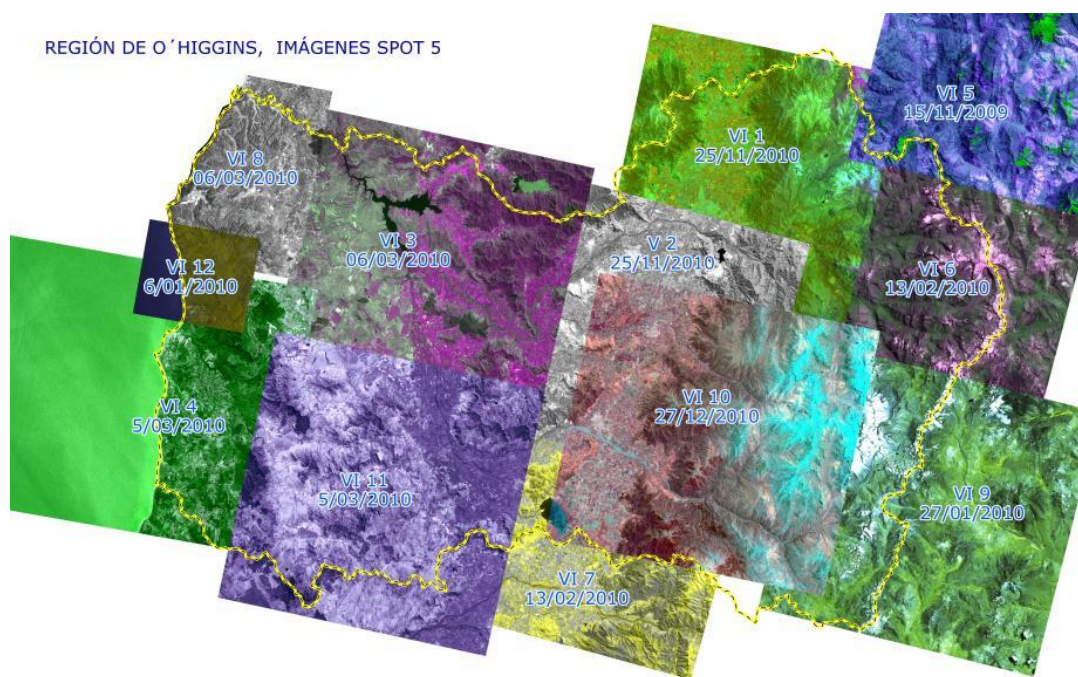


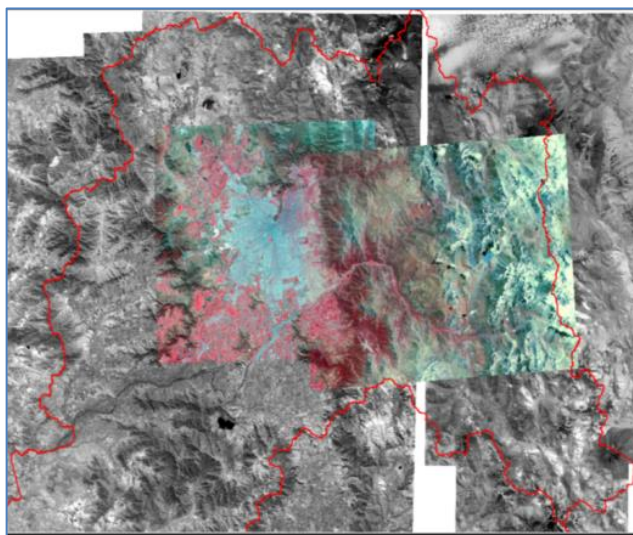
Figura A17. Canevas imágenes ortorrectificadas VI Región.

Las imágenes SPOT 5, constan de 4 bandas espectrales,

1. Banda Verde del espectro visible, de resolución espacial 10 m por pixel.
2. Banda Roja del espectro visible, de resolución espacial 10 m por pixel.
3. Banda Infrarrojo cercano, de resolución espacial 10 m por pixel.
4. Banda del infrarrojo medio, de resolución espacial 20 m por pixel.

Las áreas no cubiertas fueron complementadas con imágenes SPOT 5, entregadas por ASTRIUM en compensación, al Estado de Chile el año 2011.

Figura A18. Imágenes Compensatorias en Falso Color Convencional



Imágenes Compensatorias en Falso Color Convencional



El proceso de Ortorrectificación, se realizó mediante el programa ENVI, utilizando el Modelo Digital de Elevación ASTER Versión 2 y los parámetros propios del satélite SPOT, registrados en los archivos de encabezamiento de las imágenes originales.

Este procedimiento corrige las deformaciones de las imágenes, heredando los errores naturales del DEM ASTER, que declara 20 m de error medio en sentido horizontal y 10 m en sentido vertical.

Para reducir este error, se asignaron 4 ó 6 puntos de control a cada escena, obtenidos desde las ortofotos de CIREN, con error medio de 10 m.

El producto se almacenó en formato img y Geotiff en las carpetas compartidas con CONAF mediante protocolo ftp, en los servidores de CIREN, en formato IMG.

IMÁGENES	CUADRO 1. PROCESOS				
	Ortorec. En ENVI	Importar a Mips	Georref.	Corte de MAR	Export a IMG
Reg. Metro. 1	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 2	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 3	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 4	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 5	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 6	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 7	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 8	ok	ok	ok	ok	ok
Reg. Metro. 9	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 10	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 11	ok	ok	ok		ok
Reg. Metro. 12	ok	ok	ok		ok
V Región 1	ok	ok	ok		ok
V Región 2	ok	ok	ok	ok	ok
V Región 3	ok	ok	ok		ok
V Región 4	ok	ok	ok	ok	ok
V Región 5	ok	ok	ok		ok
V Región 6	ok	ok	ok	ok	ok
V Región 7	ok	ok	ok		ok
V Región 8	ok	ok	ok	ok	ok
V Región 9	ok	ok	ok		ok
V Región 10	ok	ok	ok		ok
VI Región 1	ok	ok	ok		ok
VI Región 2	ok	ok	ok		ok
VI Región 3	ok	ok	ok		ok
VI Región 4	ok	ok	ok		ok
VI Región 5	ok	ok	ok	ok	ok
VI Región 6	ok	ok	ok		ok
VI Región 7	ok	ok	ok		ok
VI Región 8	ok	ok	ok		ok
VI Región 9	ok	ok	ok	ok	ok
VI Región 10	ok	ok	ok		ok
VI Región 11	ok	ok	ok		ok
VI Región 12	ok	ok	ok	ok	ok
Compensatorias					
Algarrobo	ok	ok	ok	ok	ok
La Ligua	ok	ok	ok	ok	ok
Santiago	ok	ok	ok	ok	ok
San José de Maipo	ok	ok	ok	ok	ok

Efecto de la ortorrectificación y corrección radiométrica sobre el histograma de las imágenes SPOT 5 (2010).

Dado que no se encontró un efecto relevante de los procesos de ortorrectificación y posterior transformación radiométrica sobre la respuesta de los histogramas de las diferentes bandas del sensor SPOT, se decidió realizar los procesos de clasificación de imágenes directamente sobre las imágenes ya ajustadas (Figuras 9 y 10).

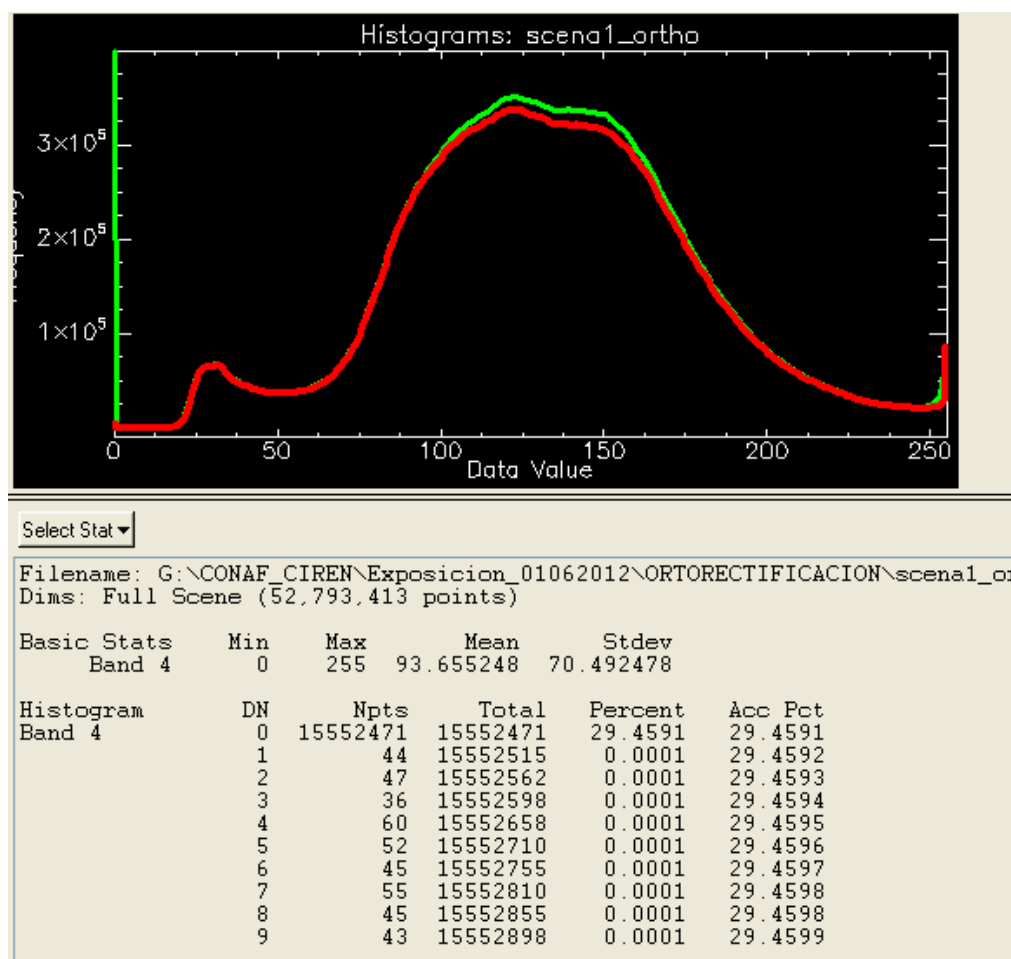


Figura A 19. Comparación de histogramas de imágenes banda 4 SPOT 5 ortorrectificada (verde) y Cruda Sensor (rojo)

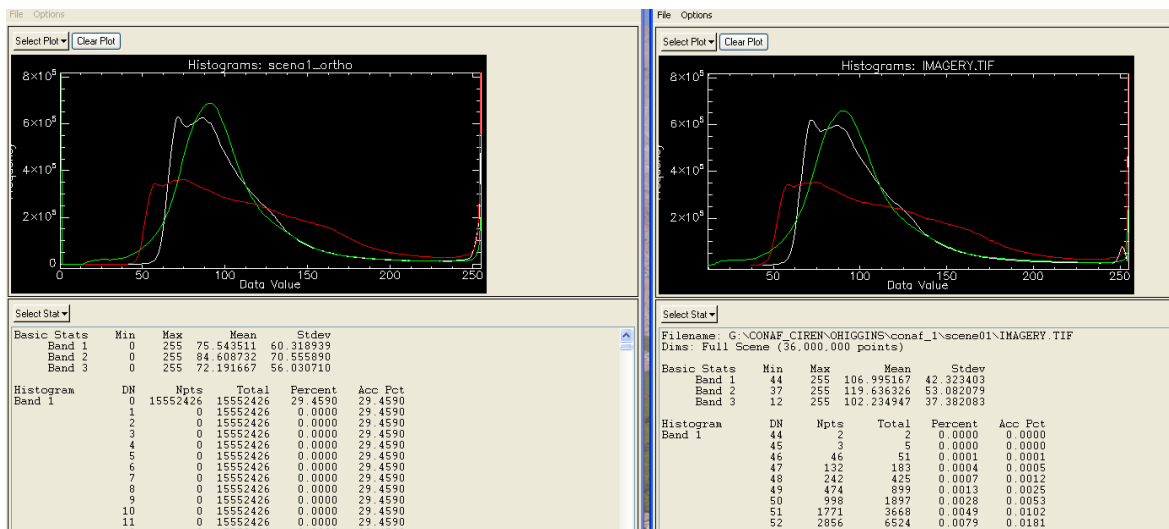


Figura A20. Comparación de histogramas de imágenes bandas 1,2 y3 SPOT 5 ortonormalizadas (izquierda) y Cruda Sensor (derecha).

7.3. ANEXO III.

- **Descripción de los métodos usados en clasificación No-supervisada**

Clasificación ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques).

El método “isodata clustering” usa la fórmula de la distancia espectral mínima para formar cúmulos (cluster). El método empieza con un cúmulo promedio arbitrario o con el promedio de un conjunto de firmas espectrales existentes. Cada vez que se repite el proceso de formación de “cúmulos”, el promedio de estos cúmulos se modifica. El nuevo promedio de los cúmulos se usa para la siguiente iteración. La utilidad isodata repite el agrupamiento de la imagen hasta que se ejecute el número máximo de iteraciones o se alcance el máximo porcentaje de asignación de píxeles no cambiados entre dos iteraciones (ERDAS, 2005). Se incorpora una serie de heurísticas con objeto de:

- Eliminar agrupamientos poco numerosos
- Mezclar agrupamientos cercanos
- Dividir agrupamientos dispersos

Resonancia Adaptativa.

El método se basa en la técnica computacional de redes neuronales, que ha sido designada para reconocer grupos naturales o patrones espectrales en los datos y producir las mismas clases identificadas en respuesta al ingreso de patrones similares (TNT Reference Manual, 2000).

Ventajas:

- Método sencillo, sólo dos parámetros.
- Eficiente, escaso cálculo computacional.

Inconvenientes:

- Produce agrupamientos compactos y separados de los demás.
- El resultado está sesgado por los primeros patrones utilizados en el aprendizaje, depende del orden de los patrones.

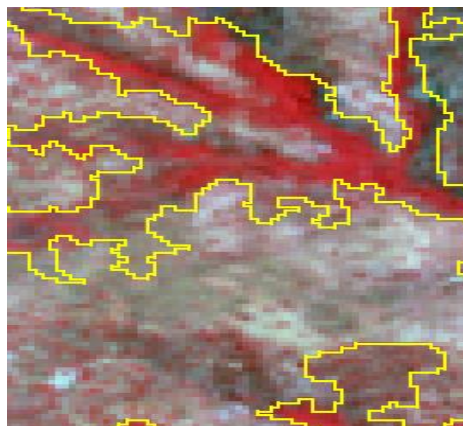
7.4. ANEXO IV.

DICCIONARIO DE USOS PRINCIPALES Y SU INTERPRETACIÓN EN IMAGEN SPOT 5

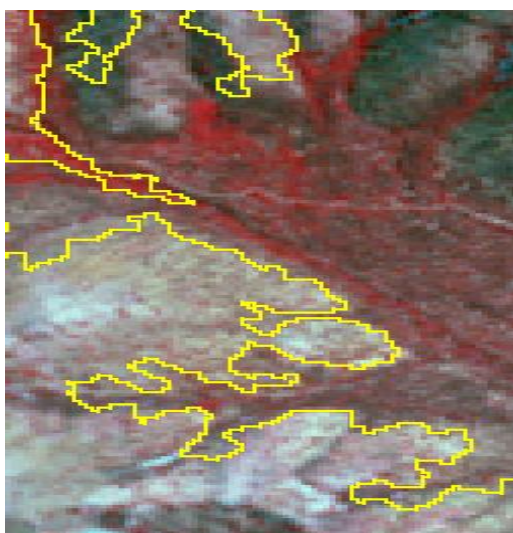
CIUDADES PUEBLOS ZONAS INDUSTRIALES



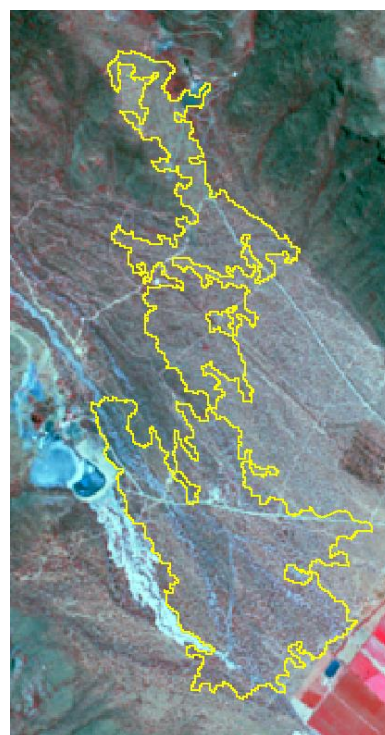
BOSQUE NATIVO RENOVAL DENSO



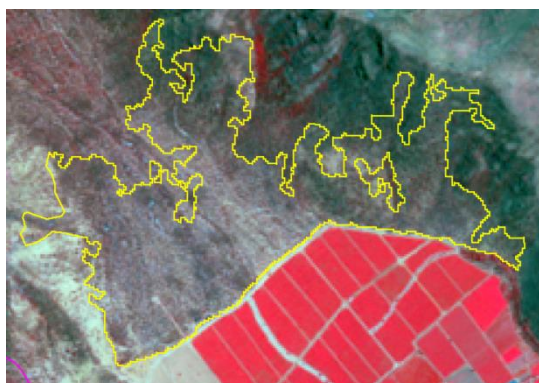
BOSQUE NATIVO RENOVAL SEMIDENSO



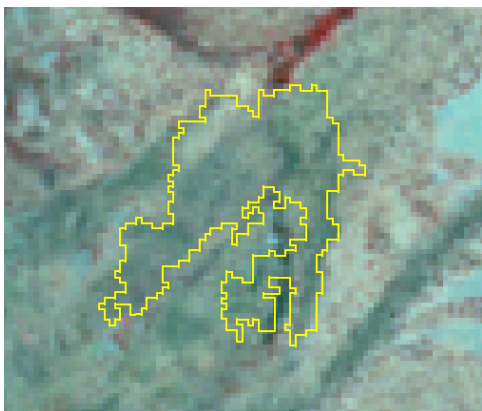
BOSQUE NATIVO RENOVAL MUY ABIERTO



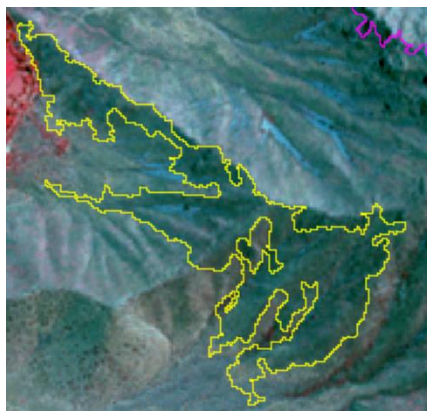
BOSQUE NATIVO RENOVAL ABIERTO



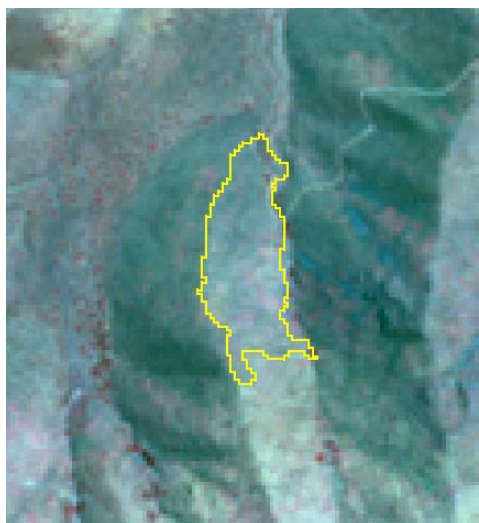
MATORRAL DENSO



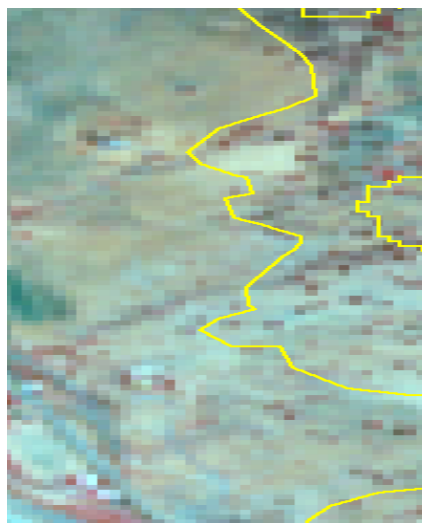
MATORRAL SEMIDENSO



MATORRAL ABIERTO



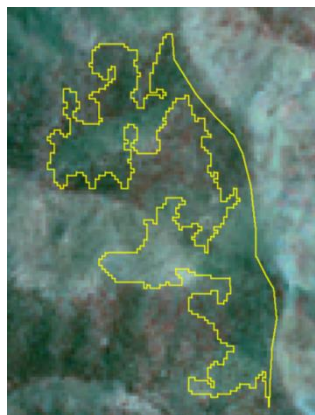
MATORRAL MUY ABIERTO



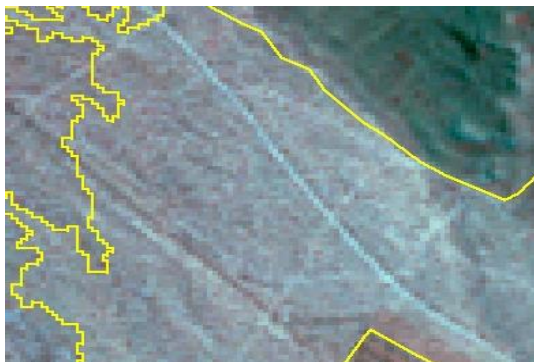
MATORRAL ARBORESCENTE DENSO



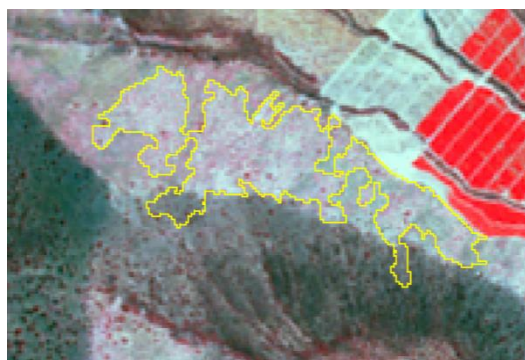
MATORRAL ARBORESCENTE SEMIDENSO



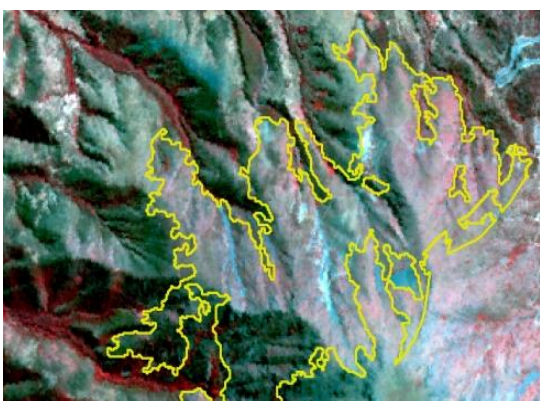
MATORRAL ARBORESCENTE ABIERTO



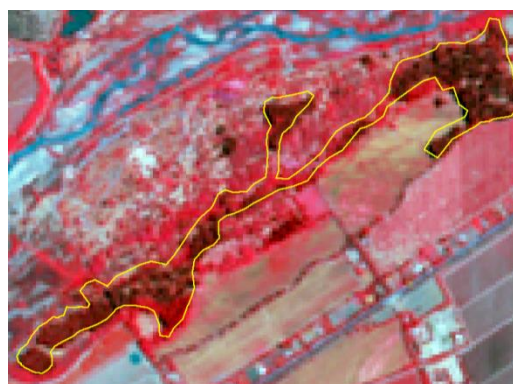
MATORRAL ARBORESCENTE MUY ABIERTO



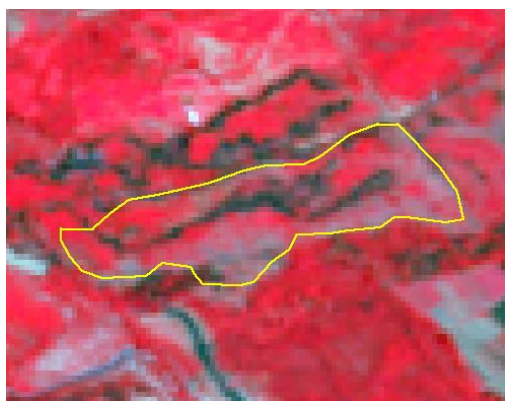
SUCULENTAS



PLANTACION



PLANTACION JOVEN RECIEN COSECHADA



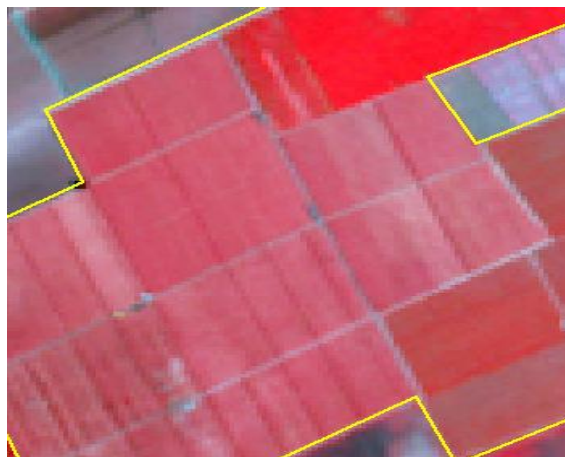
PRADERAS ANUALES



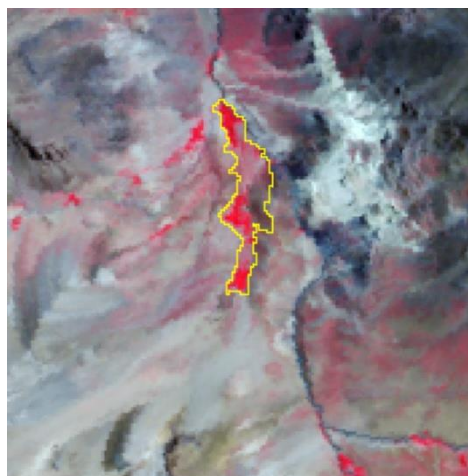
ROTACION CULTIVO PRADERA



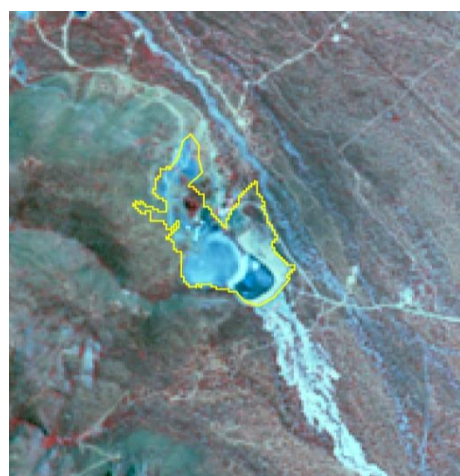
TERRENOS DE USO AGRICOLA



VEGAS



MINERIA INDUSTRIAL



7.5. ANEXO V.

TABLA GENERAL DE CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DE LA TIERRA

El estado de la vegetación se describe mediante el uso de **6 atributos**:

1. **Uso actual del suelo (9 categorías de uso actual del suelo)**
2. **Formación vegetal (formación aplicable al uso Pradera – Matorral y Bosque)**
3. **Estructura poblacional (origen de la población)**
4. **Densidad (atributo medido en porcentaje de cobertura para uso Pradera - Matorral y Bosques)**
5. **Altura (aplicado a uso Bosques, como clases de altura en m)**
6. **Especies dominantes (hasta 6 sp., según su cobertura)**

En base a los seis atributos de la vegetación, descritos anteriormente, se estableció el Sistema de Clasificación de la Vegetación (USOS - CATASTRO), que considera las siguientes categorías y subcategorías de uso de la tierra.

Categoría uso (1). Áreas urbanas e industriales

Se refiere a sectores ocupados por ciudades o instalaciones industriales. Esta categoría se subdivide de acuerdo a la actividad predominante en ciudades y pueblos, como son:

1.1 Ciudades, pueblos, zonas Industriales

Si hay casas en por ejemplo en uso praderas, se considera la mayor superficie proporcional, es decir si la mayor superficie es de pradera con presencia de casas se considera uso praderas.

1.2 Minería industrial:

Nota: incluye, minas a tajo abierto, las zonas de extracción de áridos (en cajas de ríos), relaves, tranques de aguas contaminadas y terrenos intervenidos producto de actividad minera.

Categoría (2). Terrenos agrícolas

Se refiere a zonas actualmente destinadas a la producción agropecuaria. Incluye cereales, horticultura, fruticultura y ganadería. Se subdivide en las siguientes categorías:

2.1 Terreno de uso agrícola: Se consideran cultivos agrícolas permanentes, frutales, viñas, y otros permanentes, (pueden haber casas u otros en cobertura menor).

2.2 Rotación cultivo/pradera

Cultivos que varían anualmente o en forma rotativa, chacras, empastadas, verduras, etc.

Categoría uso (3). Praderas y matorrales

Se refiere a formaciones herbáceas, arbustivas, y arbustivo - herbáceas. Se subdividen de acuerdo al tipo biológico preponderante (pastos o arbustos) y sus especies dominantes en las siguientes categorías:

3.1 Praderas

- 3.1.1 Estepa altiplánica
- 3.1.2 Estepa andina norte
- 3.1.3 Praderas anuales: ejem. Praderas que semillan anualmente después de lluvias.
- 3.1.4 Praderas perennes: pastos y hierbas permanentes (común de zona central).
- 3.1.5 Estepa andina central
- 3.1.6 Estepa patagónica

3.2 Matorral-Pradera

El carácter de matorral lo define la especie arbustiva o arbórea (menor a 2 metros), y en algún nivel de dominancia debe ir la especie de pradera (aa).

3.3 Matorral

Según combinaciones de la tabla de clasificación, puede contener especies arbóreas (AA) < a 2 mt.

3.4 Matorral arborescente

Según tabla de clasificación, la especies arbóreas (AA) deben tener mas de 2 m.

Este subuso incluye cuando hay especies árboles de menos de 2 m. (espino), y otra especie arbórea (AA) mayor a 2 m.

3.5 Matorral con suculentas

3.6 Suculentas

3.7 Plantación de arbustos

Corresponde a una formación de arbustos plantados, ejem. atriplex

Categoría uso (4). Bosques

La categoría Bosques está subdivida en las siguientes subcategorías:

4.1 Plantaciones

- 4.1.1 Plantación
- 4.1.2 Plantación joven o recién cosechada
- 4.1.3 Bosque de exóticas asilvestradas

4.2 Bosque Nativo

- 4.2.1 Bosque adulto
- 4.2.2 Renoval

- 4.2.3 Bosque adulto / Renoval
- 4.3 Bosque Mixto**
 - 4.3.1 Bosque nativo / Plantación
 - 4.3.2 Bosque nativo con exóticas asilvestradas

Con el objeto de precisar cada una de las categorías anteriores se han desarrollado las siguientes definiciones:

4.1 Plantaciones

Consiste en el establecimiento artificial de especies naturales o exóticas, subdividiéndose en:

4.1.1 Plantación adulta: Corresponde a un bosque cuyo estrato arbóreo está dominado por especies exóticas o nativas plantadas (se indica solamente la sp. en formulario).

4.1.2 Plantación joven o recién cosechada: Corresponde a una plantación en sus primeros estados de desarrollo o que ha sido recientemente cosechada.

4.1.3 Bosques de exóticas asilvestradas: Corresponde a un bosque de exóticas cuyo estrato arbóreo está dominado por especies exóticas que crecen en forma espontánea (habito silvestre, acacias, aramo, etc).

4.2 Bosque Nativo

Ecosistema en el cual el estrato arbóreo está constituido por especies nativas que presentan una altura $\geq$ a 2 m y una cobertura de copas $\geq$ a 25% (zona II) o $>$ 10% (zona I). Esta clasificación se subdivide en:

Se cumple siempre tres condiciones:

- 1.- la SP1 siempre es arbórea
- 2.- Cobertura arbórea >25 (II), $>$ 10 (I)
- 3.- Las especies del bosque sean $>$ de 2 m

4.2.1 Bosque adulto (BA): Corresponde a un bosque primario, en general heterogéneo en cuanto a estructura vertical, tamaño de copas, distribución de diámetros y edades. Un estrato arbustivo de densidad variable y la eventual presencia de un estrato de regeneración (Bosques con altura $>$ a 8 m).

4.2.2 Renoval (RE): Corresponde a un bosque secundario originado después de una perturbación antrópica o natural (ej. Incendio, tala rasa, derrumbe) por medio de semillas y/o reproducción vegetativa. Los renovals, en general, son homogéneos en cuanto a su estructura vertical y distribución de diámetros.

4.2.3 Bosque adulto / Renoval (BR): Formación muy heterogénea compuesta por la mezcla de rodales de bosque adulto y renoval que no se pueden representar cartográficamente en forma independiente debido a la escala de trabajo empleada en el proyecto Catastro.

4.2.4 Bosque achaparrado (KA): Estos bosques tienen una altura entre 2 y 8 m. Se caracteriza por el poco crecimiento en altura o el crecimiento reptante por efectos ambientales del sitio.

4.3 Bosques Mixtos (MX)

Corresponden a mezclas de las categorías anteriores. El criterio de clasificación se basa en la proporción en la cual se encuentren las categorías anteriormente descritas.

4.3.1 Bosque nativo / Plantación: Corresponde a una mezcla de bosque nativo (adulto o renoval) y especies plantadas en proporciones que fluctúan entre el 33 y 66 % para cada una de las categorías anteriormente descritas.

4.3.2 Bosque nativo con exóticas asilvestradas: Corresponde a una mezcla de bosque nativo (adulto o renoval) y especies exóticas que han regenerado en forma natural en proporciones que fluctúan entre el 25 y 75 % para cada una de las categorías que lo constituyen.

Ejemplo de categorías de clasificación de vegetación caso bosques:

Ejemplo como leer Categorías y subcategorías en **4.2.3** la clasificación Bosque Nativo adulto/renoval, se puede entender como:

El 4 indica el uso del suelo, 4 es el Uso Bosque

El 2 indica la formación Vegetal, donde 2 es Nativo, Sub Uso 4.2 bosque nativo

El 3 indica la estructura del bosque, 3 es para adulto/renoval

Categoría uso (5). Humedales

Corresponden a extensiones de marismas, pantanos y turberas o, en general, superficies cubiertas de agua, sean éstas de caracteres naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancados o corrientes, dulces o salobres o salados. Se incluyen las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de 6 metros. Además se incluyen en esta categoría a las vegas y bofedales debido a su hidromorfismo. Los humedales se subdividen en las siguientes categorías:

- 5.1 Vegetación herbácea permanentemente inundada en orillas de ríos
- 5.2 Marismas herbáceas temporalmente inundadas por el mar (fiordos, mareas de mar)
- 5.3 Ñadis herbáceos y arbustivos (suelos particulares con estrato impermeable/sur)
- 5.4 Turbales (con manto de aspecto amarillento - café, con cojinetes comúnmente de especies de fagnum)

- 5.5 Bofedales (se da en zona Norte en altura, y parte de la región de Coquimbo, > 2000 – 3000 m de altitud, y en Magallanes y parte de la región de Aysen)
- 5.6 Vegas (zonas inundadas con plantas de humedad, típico con especies de juncos)
- 5.7 Otros terrenos húmedos (se usa cuando no es posible clasificar en alguno anterior)

Categoría uso (6). Áreas desprovistas de vegetación

Se incluye en esta categoría los sectores cuya cobertura vegetal no alcanza el 25 % de cobertura mínima o de 10% para la zona (I) que incluye de la V a VI región. Las áreas desprovistas de vegetación se subdividen en las siguientes categorías:

- 6.1 Playas y dunas (se asocia principalmente a playas y lagos)
- 6.2 Afloramientos rocosos
- 6.3 Terrenos sobre el límite altitudinal de la vegetación (puede incluir otros casos sobre limite de vegetación)
- 6.4 Corridas de lava y escoriales
- 6.5 Derrumbes aún no colonizados por vegetación
- 6.6 Salares
- 6.7 Otros sin vegetación
- 6.8 Cajas de río (zonas de los ríos sin agua ni vegetación, ejm. arenales, rocas o mezclas)

Categoría uso (7). Nieves eternas y glaciares

En esta categoría se incluyen zonas cubiertas por nieve, nieves eternas, glaciares y campos de hielo. Se subdivide en:

- 7.1 Nieves
- 7.2 Glaciares (Hielos eternos)
- 7.3 Campos de hielo (se encuentran en la XI y XII región)

Categoría uso (8). Cuerpos de agua

Se incluye en esta categoría las zonas cubiertas por el mar, ríos, lagos, lagunas y embalses. Se subdivide en las siguientes categorías:

- 8.1 Mar (No hay mares internos en Chile, se ocupa la línea de mar y no se usa en la práctica)
- 8.2 Ríos
- 8.3 Lagos, lagunas, embalses (En el caso de embalses, se reconocen para acumulación de agua como tal, para el caso de aguas de relaves, generalmente contaminadas producto de actividad minera pasa a 1.2)

Categoría uso (9). Áreas no reconocidas

Corresponde a sectores para los cuales no ha sido posible efectuar un reconocimiento vegetal debido a que constituyen zonas de acceso restringido o por falta de fotografías aéreas o imágenes. Esta categoría se subdivide en:

9.1 Áreas de acceso restringido

9.2 Áreas sin cobertura aerofotográfica

Actualmente no se clasifica este Uso, dado que las herramientas a disposición actualmente de imágenes, google u otros fuentes permiten reconocer todas las áreas.

Información adicional

Algunas definiciones de apoyo de distintas fuentes bibliográficas:

Marisma: Área terrestre alternativamente cubierta y descubierta por la marea.

Son formaciones vegetales asociadas al litoral marino de regiones templadas, (Walter, 1968) y abundan en los estuarios de ríos, canales, fiordos y mares interiores. Son pantanos salinos que sufren inundación con la crecida de la marea. El anegamiento crea condiciones anaeróbicas y de salinidad, en estas condiciones extremas solo sobreviven subarbustos y hiervas perennes. En Chile estas formaciones son escasas y poco conocidas, algunos ejemplos son se encuentran; Estuario de Reloncavi, estero Marga Marga, estuario río Lingue (Mehuín), boca del Budi, etc. (San Martín, C., et al., Vegetación de las marismas del centro-sur de Chile. Revista Chilena Historia Natural, N° 65)



Foto N° 1: marismas

Ñadis: Los ñadis constituyen un tipo de suelo muy delgado y de un alto contenido de materia orgánica, con características de anegamiento por un estrato impermeable. Este suelo tiene su origen asociado a la formación de los grandes lagos preandinos. Se caracteriza por la presencia de una capa de fierrillo, que es un estrato impermeable, muy dura, que le otorga al ñadi condiciones extremas de anegamiento y mucho frío durante los meses de invierno y de sequía durante los meses de verano. En Chile se distinguen dos grupos: ñadis y trumaos (nombres derivados del mapudungún), los que se diferencian en su facilidad de drenaje. Los ñadis ocupan posiciones bajas en el paisaje, presentando problemas de drenaje, evidenciados por un horizonte de fierrillo; en cambio los trumaos ocupan posiciones de lomas y planicies, presentando buen drenaje.

Turberas: Una turbera es un tipo de humedal ácido en el cual se ha acumulado materia orgánica en forma de turba, con espesor generalmente mayor a 30 cm, con un sustrato rocoso o un subsuelo

con caracteres de reducción. Se forman en depresiones del terreno o sobre sustratos rocosos oligotróficos, donde se acumula agua o ésta fluye lentamente bajo un régimen pluvial permanente (Scheffer, 1998). En estos lugares se acumula material vegetal que se deposita desde la vegetación terrestre, que crece a sus orillas, o de la vegetación inicialmente acuática que se desarrolla sobre ellos. Una vez relleno de material vegetal, en general con poca participación de suelo mineral, puede sobresalir del nivel freático, y comienza el dominio de los musgos sobre las especies acuáticas. Otra causa de la acumulación de materia orgánica es la alta concentración salina, como se observa en turberas de la Cordillera de los Andes en el norte de Chile. (Los Túrbales de la Patagonia, Cap. 5; Los túrbales de Chile, Roberto P. Schlatter y Juan E. Schlatter.)



Foto N° 2: Turberas

Bofedales: Es un grupo excepcional de turberas de alta montaña, situados en la estepa árida de los Andes centrales. Las principales especies de plantas responsables de la formación de turba corresponden a miembros de Juncáceas. El agua fresca y medianamente salina de los bofedales proviene de agua subterránea asociada a riachuelos proveniente de glaciares, derretimiento de nieve y lluvia. (Squeo, F. et al., Revista chilena de Historia Natural, v. 79, N° 2, 2006). Dominan especies herbáceas del tipo en “cojines”, se asocian a cursos de agua corriente permanente, con mayor concentración de oxígeno y baja salinidad. También encontramos bofedales en laderas de montañas o conos volcánicos, donde existen vertientes.



Foto N° 3: Bofedal de Caya, Región de Tarapacá (I. Pinto, Fac. cs. U de Chile, 2009)

Vegas: Los suelos de vega son sedimentos fluviales que trae un arroyo o río y los deposita en sus orillas. Mientras están en el área de influencia de las crecidas del río, el proceso de sedimentación permanece activo, sufriendo a menudo inundaciones. Pero, una vez que el río o arroyo profundiza su cauce, estos suelos ya no reciben nuevos sedimentos, formándose terrazas fluviales con suelos mejor drenados. No son muy ricos en materia orgánica, a menos que el proceso de sedimentación haya terminado y puedan evolucionar como cualquier suelo terrestre. Aún así, en ellos se establece una exuberante vegetación, gracias a la riqueza mineral de sus jóvenes suelos y a la buena oferta de agua. La vegetación asociada a una vega también presenta especies adaptadas al

exceso temporal de agua y puede ser más exuberante que la vegetación vecina sobre suelos mejor drenados, especialmente en climas secos.

(Los Túrbales de la Patagonia, Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad; Cap. 5, Los túrbales de Chile, Roberto P. Schlatter y Juan E. Schlatter, 2004).