



**“MONITOREO DE CAMBIOS, CORRECCIÓN CARTOGRÁFICA,  
Y ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LOS RECURSOS  
VEGETACIONALES NATIVOS DE LA REGIÓN DE ARICA Y  
PARINACOTA”**



**INFORME FINAL**

Rev P

Preparado por  
Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda.

Para



Santiago, 17 de Abril de 2015

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>EQUIPO DE TRABAJO</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
3.1	Objetivo general .....	3
3.2	Objetivos específicos.....	3
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>3</b>
4.1	Área de estudio.....	3
4.1.1	Definición de zonas ambientales .....	5
4.2	Información recibida por parte de CONAF.....	5
4.3	Ajuste geométrico del Catastro 1997.....	7
4.4	Fusión de datos y clasificación digital de la imagen.....	8
4.4.1	Preprocesamiento de la información digital.....	9
4.4.2	Polígonos de entrenamiento .....	10
4.4.3	Índice de separabilidad.....	11
4.4.4	Método de clasificación supervisada .....	11
4.4.5	Agregación espacial de píxeles.....	11
4.4.6	Matriz de confusión.....	12
4.4.7	Generalización.....	12
4.4.8	Refinamiento de clasificación con interpretación visual.....	13
4.5	Diseño de muestreo .....	16
4.6	Campaña de terreno y toma de datos .....	19
4.7	Manejo de información.....	23
4.7.1	Análisis de la Información de Especies Dominantes .....	23
4.7.2	Tratamiento de los datos.....	24
4.7.3	Extrapolación .....	26
4.8	Identificación de Áreas Cambio.....	27
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
5.1	Resultados del ajuste geométrico catastro base.....	28
5.2	Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota para el año 2014 .....	30

5.2.1	Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota para el año 2014, Provincia de Arica. ....	35
5.2.2	Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota para el año 2014, Provincia de Parinacota.....	37
5.2.3	Usos y Sub-Usos en las Áreas del SNASPE. ....	39
5.3	Listado de Especies Dominantes Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos Región Arica y Parinacota. ....	44
5.4	Capa Espejo y Análisis de Cambio.....	46
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>51</b>

#### INDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	SHP Catastro año 1997 ajustado y corregido geométricamente. ....	53
Anexo 2:	SHP final Catastro de Recursos Vegetacionales Región de Arica y Parinacota año 2014.....	53
Anexo 3:	SHP Capa espejo. ....	53
Anexo 4:	Sistema de clasificación de uso y subuso de suelo utilizado en el Catastro de Recursos Vegetacionales Región de Arica y Parinacota año 2014. ....	54
Anexo 5:	Listado de especies dominantes y su codificación Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile Versión 21 de Agosto 2014 (21082014).....	57
Anexo 6:	Manual de reconocimiento de especies dominantes.....	57
Anexo 7:	Capa de humedales altoandinos Región de Arica y Parinacota. ....	57
Anexo 8:	Capa de bosques de <i>Polylepis spp.</i> Región de Arica y Parinacota. ....	57
Anexo 9:	Capa de formaciones de <i>Tillandsia spp.</i> Región de Arica y Parinacota.....	57

#### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Límites administrativos y cartas IGM Sección "A" del área de estudio de la región Arica y Parinacota.....	4
Figura 2:	Zonificación ambiental definida para la región de Arica y Parinacota.....	5
Figura 3:	Cubrimiento de las imágenes Rapideye utilizadas para el sector precordillerano y altiplano...	7
Figura 4:	Grilla de 10 x 10 bloques construida para el ajuste del Catastro 1997.....	8
Figura 5:	Diagrama de flujo del algoritmo para generar mosaico, donde (ND) representa los valores en Niveles Digitales y (ref) los valores en reflectividad.....	9
Figura 6:	Mosaico en base a imágenes Rapideye, a) set de imágenes sin corregir, y b) mosaico corregido y homogeneizado. ....	10

Figura 7: Diagrama de flujo de las etapas de la clasificación digital. ....	13
Figura 8: Ejemplo con comparación de situaciones de imágenes <i>Google Earth</i> (A) y <i>Rapideye</i> (B), donde las primeras (A), con un adecuado nivel de acercamiento, permiten identificar situaciones con vegetación de baja cobertura. ....	15
Figura 9: Comparación entre dos resultados de procesos de clasificación digital y la fotointerpretación. ....	16
Figura 10: Algoritmo de trabajo utilizado para la selección de polígonos visitados en la etapa de terreno.....	17
Figura 11: Distribución de los polígonos muestreados (visitados) en la región de Arica y Parinacota... 19	
Figura 12: Detalle del registro de altura en la densidad máxima de un individuo, según metodología COT.....	21
Figura 13: Ejemplo de formulario de terreno con información.....	22
Figura 14: Red de planchetas 1:26.000 en la región de Arica y Parinacota (a) y un ejemplo de carta generada (b).....	23
Figura 15: Vista de área con polígonos digitalizados sobre la imagen aérea de referencia.....	26
Figura 16: Esquema del proceso de extrapolación implementado.....	27
Figura 17: Comparación entre el antes (a) y el después de la deformación sistemática (b).....	29
Figura 18: Distribución de superficies según Uso Catastro de Recursos Vegetacionales Arica y Parinacota 2014. ....	31
Figura 19: Distribución de las categorías de Uso en las provincias de la región de Arica y Parinacota.. 33	
Figura 20: Distribución de las categorías de Usos a nivel comunal en la Provincia de Arica. ....	35
Figura 21: Distribución de las categorías de Usos a nivel comunal en la Provincia de Parinacota.....	37
Figura 22: Distribución de la superficie (ha) en las áreas SNAPE por categorías de Usos y relación con la superficie regional por Uso.....	40
Figura 23: Aporte en superficie (ha) de las áreas del SNAPE por Uso.....	41
Figura 24: Evolución de las superficies según tipo de uso entre Catastro 1997 y Catastro 2014.....	46
Figura 25: Evolución de las superficies según tipo de Sub-Uso entre Catastro 1997 y Catastro 2014. ...	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficies a nivel administrativo de región, provincia y comuna según ODEPA para región de Arica y Parinacota. ....	3
Tabla 2: Listado de información y material proporcionado por CONAF para el desarrollo del estudio. ...	6
Tabla 3: Fechas de captura de imágenes Rapideye utilizadas para el sector precordillerano y altiplano.	6
Tabla 4: Distribución de los polígonos de entrenamiento según zona ambiental.....	10

Tabla 5: Resultados generales de matriz de confusión para la clasificación digital en las zonas Precordillera y Altiplano.....	12
Tabla 6: Detalle del muestreo proyectado para las visitas de terreno según categorías de Uso y Subuso. ....	17
Tabla 7: Fechas de las campañas de terreno.....	19
Tabla 8: Tipos biológicos y grado de cubrimiento según metodología COT.....	20
Tabla 9: Códigos de altura para tipos biológicos según metodología COT.....	20
Tabla 10: Códigos de especies dominantes según metodología COT.....	21
Tabla 11: Resultados Catastro de Recursos Vegetacionales por uso y subuso para la región Arica y Parinacota, año base 1997. ....	29
Tabla 12: Resumen de superficies de Usos a nivel regional.....	31
Tabla 13: Resultados Catastro de Recursos Vegetacionales por uso y subuso para la región Arica y Parinacota, año 2014 .....	32
Tabla 14: Distribución de las categorías de Uso en las provincias de la región de Arica y Parinacota....	33
Tabla 15: Superficie por clases de estructura, cobertura y altura para el Sub-Uso “Bosque Nativo” a nivel de provincia en la región de Arica y Parinacota.....	34
Tabla 16: Detalle de Superficie y Número de Polígonos por Uso y Sub-Uso por Comuna para la Provincia de Arica.....	36
Tabla 17: Detalle de Superficie y Número de Polígonos por Uso y Sub-Uso por Comuna para la Provincia de Parinacota.....	38
Tabla 18: Superficie del SNASPE por Uso y Sub-Uso, total regional y porcentaje representado en el SNASPE. ....	39
Tabla 19: Detalle de la superficie (ha) de las categorías de Uso y Sub-Uso en las áreas SNASPE de la Región de Arica y Parinacota y su representación en relación con la superficie regional. ....	42
Tabla 20: Superficie por clases de estructura, cobertura y altura para los Sub-Usos del Uso “Bosque Nativo” en las unidades del SNASPE. ....	44
Tabla 21: Especies que se propone ajustar su código de acuerdo con tipo biológico. ....	45
Tabla 22: Actualización de nombres y sinonimias utilizadas en el desarrollo de este proyecto. ....	45
Tabla 23: Superficies por uso, subuso y cambio para Catastro 1997 y Catastro 2014, Región de Arica y Parinacota.....	47
Tabla 24: Matriz de movimiento de cambio superficie (ha) del uso de la tierra para Catastro 1997 y clasificación digital 2014, Región de Arica y Parinacota.....	49

## 1 INTRODUCCIÓN

En el año 1997 se realizó el levantamiento de información del proyecto “Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile” (CONAF- CONAMA – BIRF, 1999), el cual entregó una primera cuantificación a nivel país de la superficie ocupada por las formaciones vegetacionales. Transcurridos casi dieciocho años desde el inicio del proyecto de catastro, a la fecha la región de Arica y Parinacota (creada mediante Ley 20.175 del 23 de marzo de 2007) no cuenta con una actualización de dicha información, de modo de monitorear los cambios ocurridos en el período 1997 – 2014 en el territorio actualmente definido para la región, y mejorar la escala de análisis dado que el Catastro realizado el año 1997 tuvo una escala de trabajo de 1:250.000 para gran parte de la región y 1:50.000 para el territorio dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).

Es así que la Corporación Nacional Forestal (CONAF) llamó a licitación pública para la ejecución del proyecto “Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica, y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota”, el cual fue adjudicado a Biota Gestión y Consultoría Ambientales Ltda. (BIOTA) mediante Resolución N°312 de la Gerencia de Finanzas y Administración de CONAF, con fecha 06 de diciembre de 2013.

El área de estudio abarca toda la superficie de la región de Arica y Parinacota según los límites administrativos indicados por ODEPA, lo cual se define en una superficie de 1.694.479 hectáreas (16.944,79 km<sup>2</sup>).

El propósito fundamental de este estudio es actualizar el Catastro Vegetacional y monitorear los cambios del uso de la tierra al año 2014 para la Región de Arica y Parinacota, empleando la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras desarrollada por la escuela fitoecológica Louis Emberger (CEPE/CNRS<sup>1</sup>), Montpellier, Francia, y adaptada para las condiciones ecológicas de Chile por Etienne & Contreras (1981) y Etienne & Prado (1982). Esta metodología permite discriminar unidades cartográficas de vegetación presentes en el área de estudio en función de su estructura horizontal, es decir, el porcentaje de cubrimiento de cada uno de los estratos de vegetación, los que se definen según los siguientes tipos biológicos: LA (Leñoso alto), LB (Leñoso bajo), H (Herbáceo) y S (Suculento), y por las especies dominantes de cada estrato como estructura vertical, es decir, las alturas medias de los doseles de cada uno de los estratos de los tipos biológicos mencionados anteriormente.

El presente informe da a conocer los resultados finales del proyecto una vez realizadas todas las etapas comprometidas, comprendiendo el análisis de información existente, clasificación digital, fotointerpretación, campañas de terreno y procesamiento de información para generar la actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota con información de terreno levantada el año 2014.

---

<sup>1</sup> Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques Louis Emberger/Centre National de la Recherche Scientifique. FRANCE.

## 2 EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo que participó por parte de BIOTA para el desarrollo de la presente actualización fue:

- **Dirección del Proyecto:**

Nombre	Cargo	Profesión
Gustavo Girón Avalos	Jefe de Proyecto	Ingeniero Forestal
Luis Faúndez Yancas	Jefe Técnico	Ingeniero Agrónomo
Matías Treumun Olivares	Coordinador de Proyecto	Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables

- **Equipo de Terreno:**

Nombre	Profesión
Luis Faúndez Yancas	Ingeniero Agrónomo
Matías Treumun Olivares	Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables
Miguel Escobar Vera	Técnico Agrícola
Felipe Larraín Barrios	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
Mariela Carrasco Saavedra	Ingeniero Agrónomo
Aira Faúndez Fallau	Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables
Rodrigo Flores Fuentes	Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables

- **Procesamiento de Información y SIG**

Nombre	Profesión
Matías Treumun Olivares	Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables
Miguel Escobar Vera	Técnico Agrícola
Felipe Larraín Barrios	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
Mariela Carrasco Saavedra	Ingeniero Agrónomo
Luis Olivera Guerra	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
Claudio Durán Alarcón	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
Aira Faúndez Fallau	Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables
Rodrigo Flores Fuentes	Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables
Diego Correa Páez	Licenciado en Ciencias de los Recursos Naturales Renovables
Pablo Sandoval Leiva	Ingeniero Agrónomo

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

Actualizar el Catastro Vegetacional a una escala 1:50.000 y monitorear los cambios del uso de la tierra al año 2014 para la Región de Arica y Parinacota, empleando la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT).

#### 3.2 Objetivos específicos

Ajustar geoméricamente la cartografía vectorial generada con el catastro año base de la región con la base de imágenes satelitales proporcionadas por CONAF.

Monitorear los cambios en el uso de la tierra ocurridos en el período transcurrido entre la fecha de ejecución del catastro año base (1997) y la fecha de la presente actualización (2014).

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 la región.

### 4 METODOLOGÍA

#### 4.1 Área de estudio

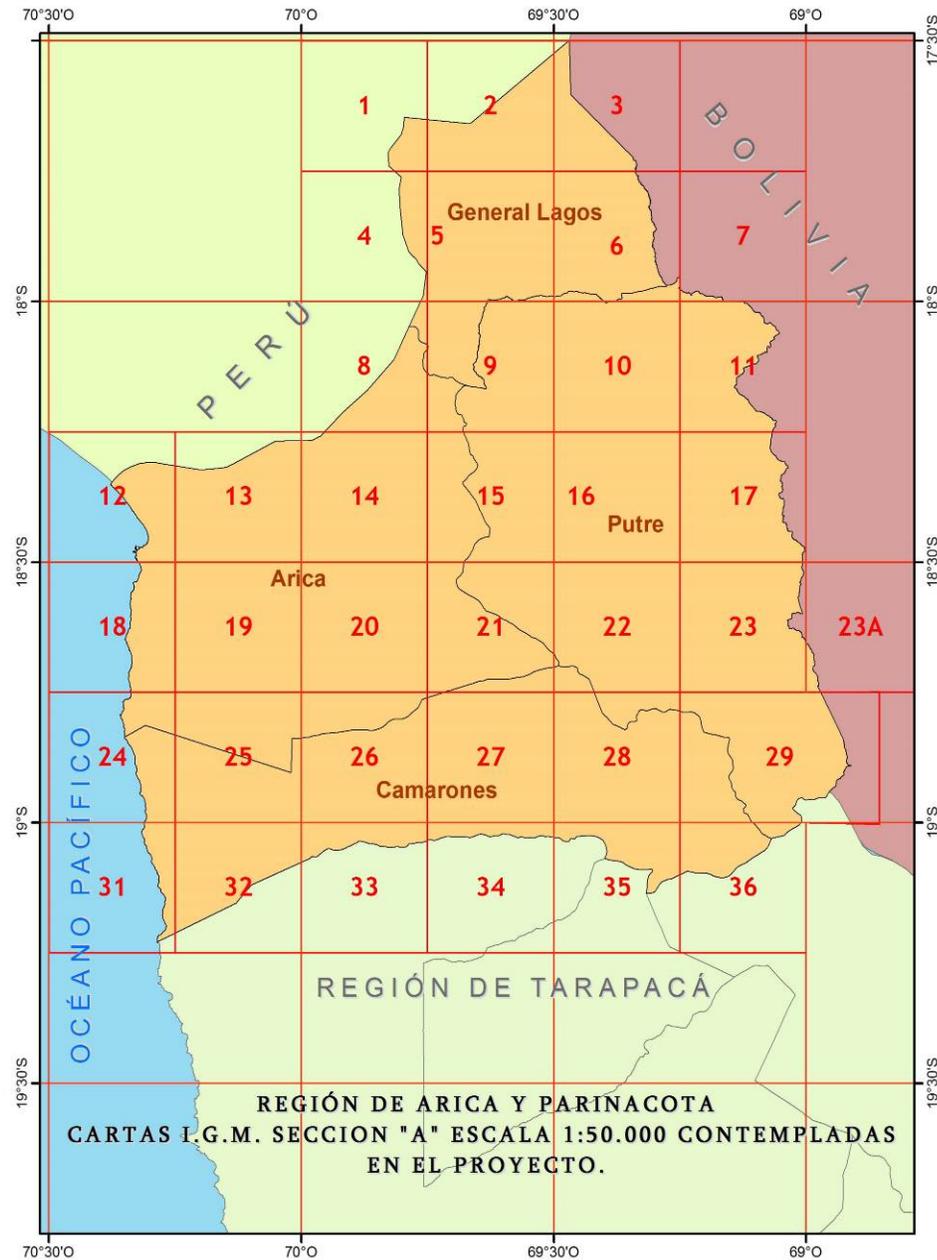
El área de estudio abarca toda la superficie de la región de Arica y Parinacota según los límites administrativos indicados por ODEPA, lo cual se define en una superficie de 1.694.479 hectáreas (16.944,79 km<sup>2</sup>), correspondiente a 36 cartas IGM, tal como se indica en la Figura 1. Del mismo modo, la Tabla 1 presenta la superficie fraccionada de la región a nivel de provincia y comuna.

**Tabla 1: Superficies a nivel administrativo de región, provincia y comuna según ODEPA para región de Arica y Parinacota.**

Región	Provincia	Comuna	Hectáreas
Arica y Parinacota	Arica	Arica	484.351
		Camarones	390.270
	Parinacota	General Lagos	228.032
		Putre	591.826
Total Superficie Regional			1.694.479

Fuente: elaboración propia en base a información ODEPA.

**Figura 1: Límites administrativos y cartas IGM Sección "A" del área de estudio de la región Arica y Parinacota.**



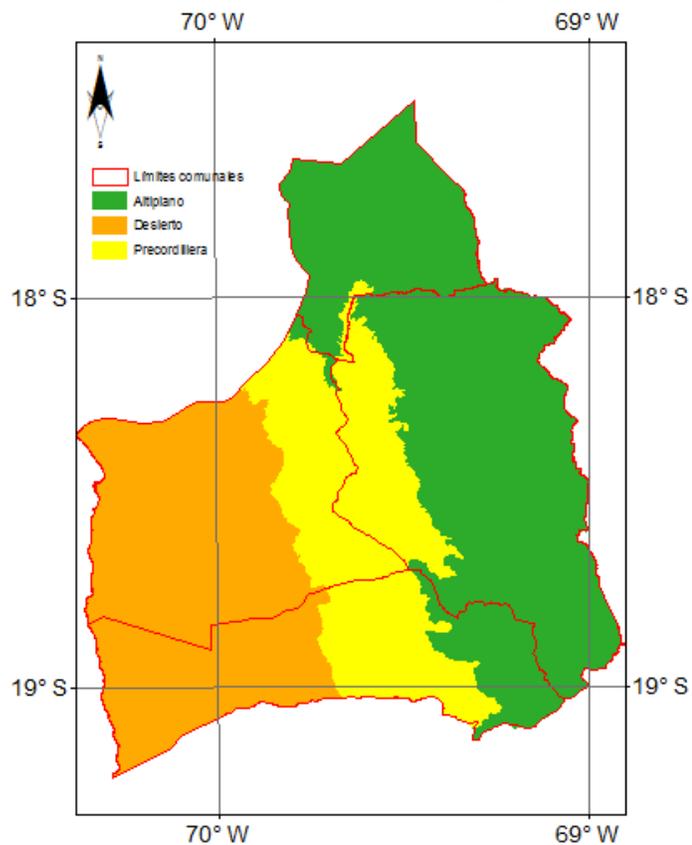
Fuente: CONAF 2013, Bases técnicas de licitación N°633-73-LE13

En relación con la utilización de las cartas IGM para realizar los cortes en las imágenes, con el objeto de minimizar errores en la clasificación, estas no fueron utilizadas. En el desarrollo de este estudio, se utilizó como criterio para el trabajo con las imágenes, agrupar por zonas ambientales, con lo cual no se utilizaron las cartas IGM en el desarrollo del tratamiento de imágenes y planificación del muestreo. La definición de las zonas ambientales se presenta en el siguiente punto.

#### 4.1.1 Definición de zonas ambientales

Para la región se definieron tres (3) zonas ambientales claramente disímiles en características bióticas y abióticas: *Desierto* desde los 0 a los 2.000 msnm, *Precordillera* desde los 2.000 a los 3.500 msnm, y *Altiplano* desde los 3.500 msnm hasta el límite internacional, tal como se muestra en la Figura 2. Esta separación permitió zonificar la región para efectos de análisis, en específico para enmascarar la clasificación digital y trabajar por zonas, con la finalidad de reducir errores de atributación en la caracterización vegetal.

**Figura 2: Zonificación ambiental definida para la región de Arica y Parinacota.**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.2 Información recibida por parte de CONAF

La información proporcionada por CONAF, y utilizada para la realización del presente estudio, se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2: Listado de información y material proporcionado por CONAF para el desarrollo del estudio.**

Categoría	Detalle
Imágenes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Set de 38 imágenes Rapideye georeferenciadas con las varias fechas de captura. Cubrimiento precordillera y altiplano.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Set de 47 imágenes Fasat Charlie sin georeferenciar. Cubrimiento parcial de la región.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Set de imágenes Landsat 8 georeferenciadas. Cubrimiento sector desierto absoluto y costa.</li> </ul>
Capas Vectoriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Límite región Arica y Parinacota ODEPA</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grilla Carta IGM.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Catastro año 1997 escala 1:250.000 y Catastro año 1997 áreas SNASPE escala 1:50.000.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cartografía Proyecto "Criterios técnicos para el desarrollo de una red de Microreservas para la conservación del Picaflor de Arica". Quebradas: Azapa, Camarones, Lluta y Vitor Chaca.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>DEM ASTER versión 2 de Arica y Parinacota.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capa con las unidades del SNASPE Región Arica y Parinacota ajustadas a los límites ODEPA.</li> </ul>
Información de Planes de Manejo, Planes de Trabajo e Incendios	<ul style="list-style-type: none"> <li>EIA Proyecto "Reposición Ruta Andina A-93, Parinacota – Visviri, Tramo al interior del Parque Nacional Lauca". Comuna de Putre, Provincia de Parinacota, Región de Arica y Parinacota. Año 2011.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>EIA Proyecto "Manganeso Los Pumas". Año 2011.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>EIA Proyecto "Embalse Chironta". Comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota. Año 2013.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

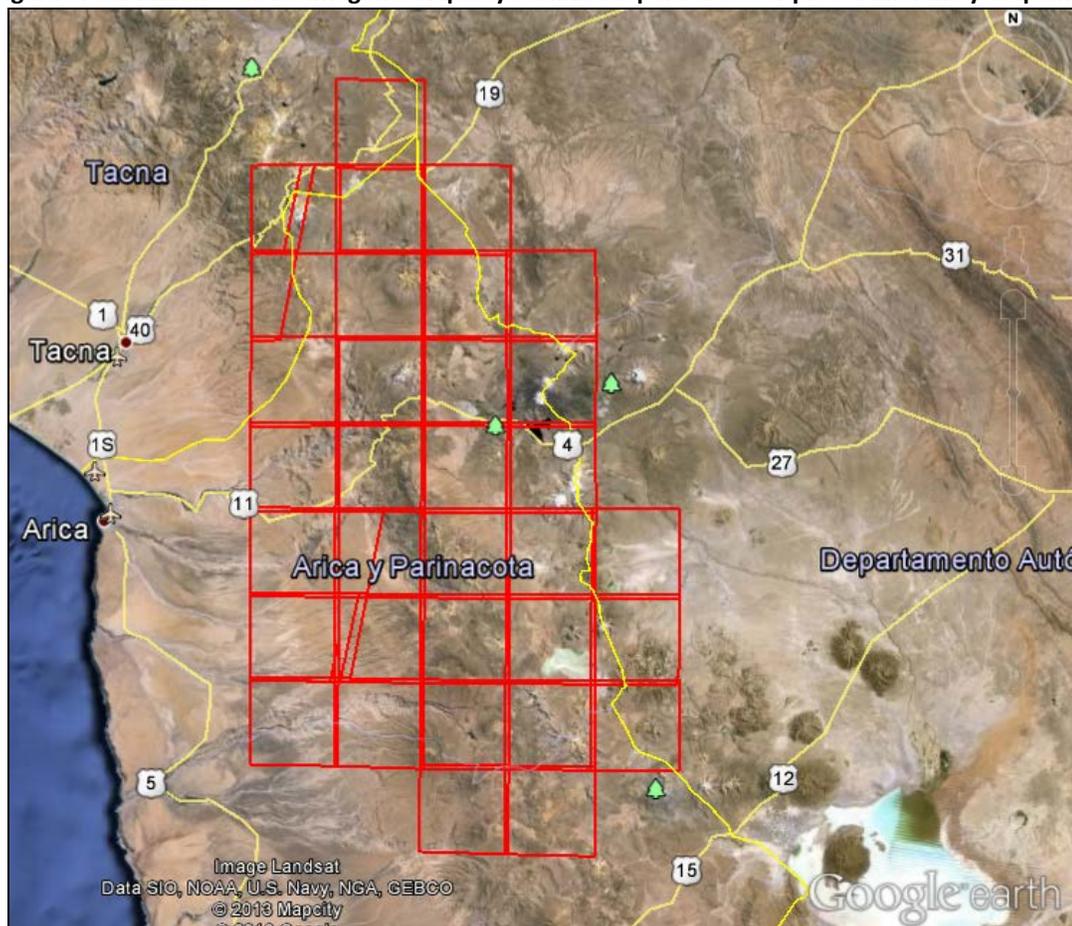
Dada las características ambientales que determinan la distribución de la vegetación de la región de Arica y Parinacota, el material base para el levantamiento de información en los sectores precordilleranos y altiplánicos fueron las 38 imágenes *Rapideye* (en sistema UTM, Datum WGS 84, Huso 19 Sur, tamaño de pixel 5 m). Las fechas de captura de dichas imágenes se presentan en la Tabla 3, en tanto que la Figura 3 muestra el cubrimiento de dichas imágenes en el área de estudio.

**Tabla 3: Fechas de captura de imágenes Rapideye utilizadas para el sector precordillerano y altiplano.**

Fecha Captura	N° Escenas
2012-11-15	1
2012-11-16	1
2012-12-13	1
2012-12-28	3
2013-02-07	1
2013-02-11	13
2013-02-14	1
2013-02-25	1
2013-03-23	6
2013-03-28	2
2013-03-29	8
<b>Total general</b>	<b>38</b>

Fuente: elaboración propia.

**Figura 3: Cubrimiento de las imágenes Rapideye utilizadas para el sector precordillerano y altiplano.**



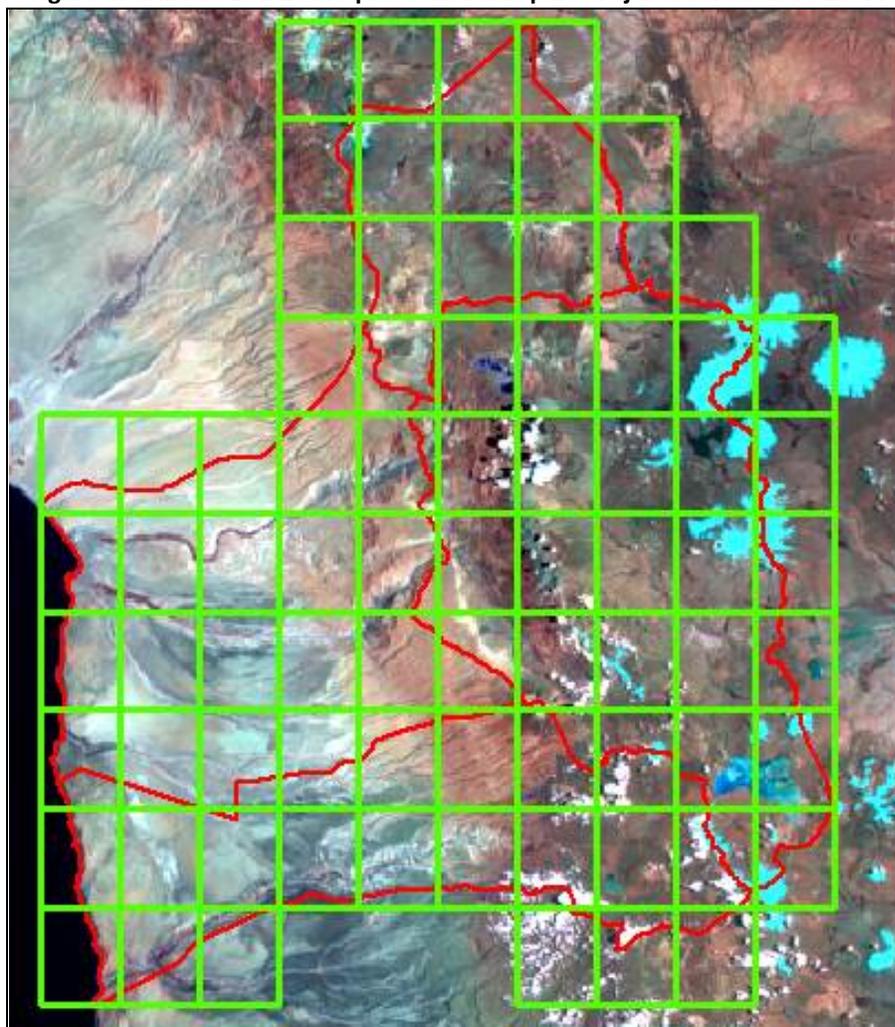
Fuente: elaboración propia.

#### 4.3 Ajuste geométrico del Catastro 1997

El ajuste geométrico del Catastro 1997 se realizó mediante la proyección al sistema de coordenadas WGS 1984 huso 19 sur, para posteriormente ajustar sus límites a un mosaico ortorectificado *Landsat 7 ETM+* cuyas escenas tienen fechas de adquisición entre los años 2001 y 2002.

El desplazamiento geométrico existente entre la capa y la imagen no fue constante en toda su extensión, por lo que para asegurar una mayor correspondencia espacial se construyeron escenas de trabajo de ajuste, dividiendo la región en 78 partes, mediante una grilla de 10 x 10 bloques, donde las escenas fuera del área de estudio fueron descartadas (ver Figura 4). La metodología empleada permitió que los ajustes que se realizaban dentro de cada escena no afectaran a las demás, permitiendo así trabajar de manera independiente y sistemática, utilizando herramientas de ajuste espacial mediante puntos de control que generaban un enlace entre la capa y la imagen base.

**Figura 4: Grilla de 10 x 10 bloques construida para el ajuste del Catastro 1997.**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.4 Fusión de datos y clasificación digital de la imagen**

En las zonas ambientales de precordillera y altiplano se utilizaron las imágenes *Rapideye*, dadas su mejor resolución y adecuado cubrimiento espacial. A lo anterior se suma que en estas zonas ambientales es donde se desarrolla la mayor parte de la vegetación natural de la región. Por su parte, para la zona del desierto se utilizó información vectorial clasificada a partir de imágenes *Quickbirth*, cuya correspondencia espacial tenía un calce adecuado, chequeado mediante la plataforma *Google Earth*. Además, se digitalizaron las formaciones de vegetación particulares y las zonas urbanas e industriales. Esta información vectorial tiene una mejor resolución espacial que la que se podía alcanzar utilizando las imágenes *Landsat – 8* disponibles para la zona.

De acuerdo con lo anterior, para las zonas ambientales de precordillera y altiplano, se realizó la clasificación digital a partir de las imágenes *Rapideye*, en tanto que para la zona del desierto se realizó una fointerpretación de las imágenes *Quickbird*. A continuación se presenta el proceso de fusión de datos y clasificación digital implementada en las zonas precordillera y altiplano.

#### 4.4.1 Preprocesamiento de la información digital

Se realizó un preprocesamiento de la información digital disponible que permitió corregir, homogeneizar y estandarizar los recursos digitales con la finalidad de minimizar errores provenientes de las respuestas espectrales de los sensores, generadas por las condiciones atmosféricas y temporales en la adquisición de los datos.

Las imágenes satelitales utilizadas (*Rapideye*) fueron calibradas radiométricamente con los parámetros de corrección entregados en el metadata de cada escena, llevando sus niveles digitales a radiancia espectral y posteriormente a reflectividad espectral, mediante la ecuación de calibración entregada por los desarrolladores de *Rapideye*. Adicionalmente se realizó una corrección atmosférica de las escenas, a partir del método de Chavez (1996) (Ver Ecuación 1), el cual disminuye el efecto de la dispersión atmosférica presente principalmente en las bandas de menor longitud de onda.

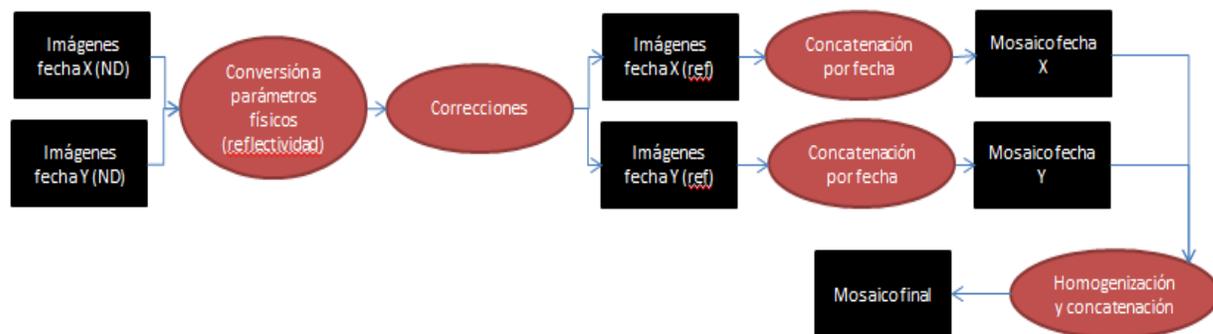
$$\rho^* = \rho - \min(\rho) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde,  $\rho$  corresponde a la reflectancia en el tope de la atmósfera,  $\min(\rho)$  al mínimo valor del histograma y  $\rho^*$  corresponde a la reflectancia de la superficie terrestre.

Para disminuir el efecto del relieve de las escenas, se realizó una corrección topográfica de las imágenes utilizando el método de corrección -C, a partir de un modelo digital de elevación (en adelante DEM, por sigla en inglés) interpolado de la familia *Aster*. Dada las diferencias de resolución espacial (5 m y 30 m, para *Rapideye* y *Aster* respectivamente), en algunas zonas la corrección fue subestimada y en otras fue sobrestimada, es decir, en algunos sitios mejoraba tanto como empobrecía otros, por lo que finalmente se desechó dicha corrección, manteniendo los datos originales.

Consecutivamente se concatenaron las imágenes de igual fecha de adquisición, que tienen los mismos tipos de iluminación y condiciones atmosféricas. Para finalizar, se construyó un mosaico con la finalidad de homogeneizar los parámetros radiométricos y atmosféricos entre las escenas. El algoritmo utilizado se diagrama en la Figura 5.

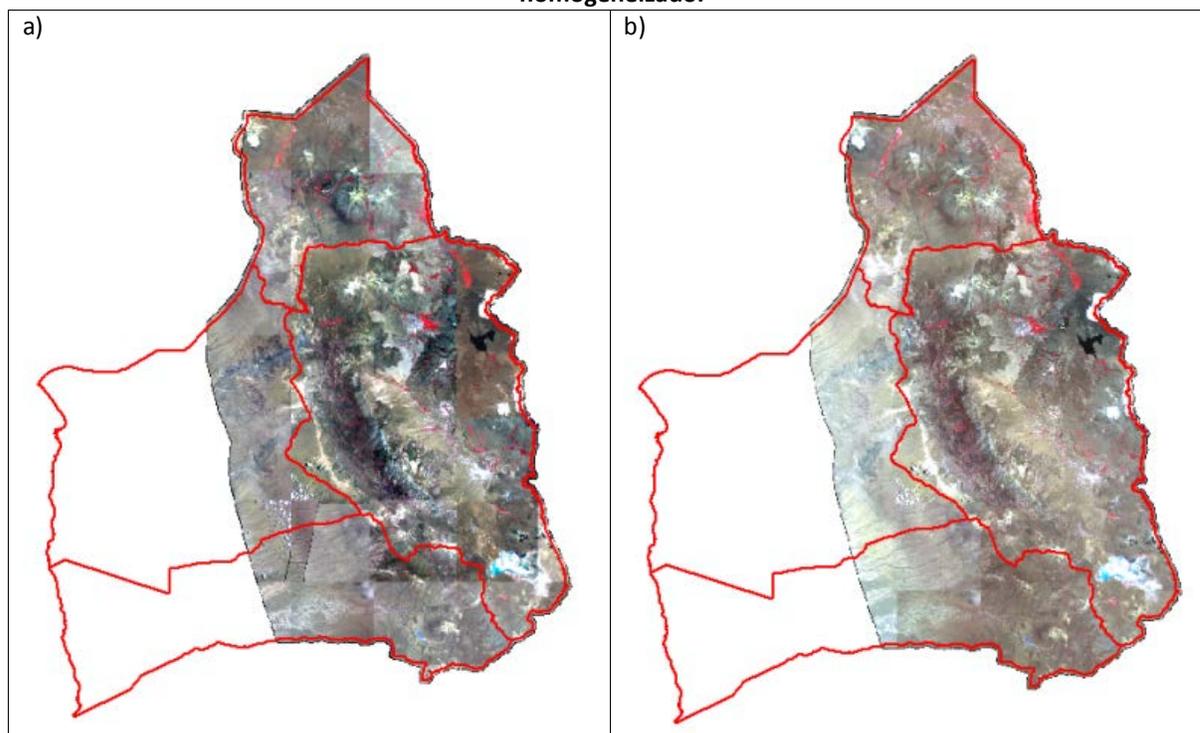
**Figura 5: Diagrama de flujo del algoritmo para generar mosaico, donde (ND) representa los valores en Niveles Digitales y (ref) los valores en reflectividad.**



Fuente: elaboración propia.

Las diferencias entre el set original de imágenes *Rapideye* y el mosaico con sus respectivas correcciones puede apreciarse en la Figura 6, donde se expresan las diferencias gráficas en los cortes de las escenas y niveles de contraste e iluminación generada por las distintas fechas de adquisición.

**Figura 6: Mosaico en base a imágenes Rapideye, a) set de imágenes sin corregir, y b) mosaico corregido y homogeneizado.**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.2 Polígonos de entrenamiento

Para la clasificación de las zonas precordillera y altiplano, en base a información disponible de Biota, se construyó una red de 574 polígonos de entrenamiento de 3.025 m<sup>2</sup> c/u aproximadamente, los cuales fueron construidos a partir de puntos de vegetación como de no vegetación (nieves, cuerpos de agua, nubes, etc.). La distribución de estos polígonos en las zonas ambientales se presenta en la Tabla 4.

**Tabla 4: Distribución de los polígonos de entrenamiento según zona ambiental**

Zona ambiental	Vegetación	No vegetación	Total
Precordillera	142	50	192
Altiplano	251	131	382
Total	393	181	574

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.3 Índice de separabilidad

La clasificación digital define y utiliza clases espectrales para su desarrollo, y mediante un tratamiento posterior es posible asociarlas a las clases temáticas, que en el caso del presente estudio, corresponden a los Usos y Sub-Usos definidos del Catastro. Es poco frecuente que se produzca una correspondencia biunívoca<sup>2</sup> entre los grupos espectrales y las clases temáticas, a partir de lo cual es probable que se generen errores de asignación (Chuvieco, 2002).

Estos errores se producen porque una categoría temática esta expresada en varias clases espectrales (p.ej.: matorrales en umbría versus matorrales en solanos) o también porque dos o más categorías compartan una clase espectral (p.ej.: matorrales de baja cobertura versus suelo desnudo) (Chuvieco, 2002).

Para determinar si las categorías espectrales establecidas para la clasificación y los respectivos polígonos de entrenamientos correspondían a clases estadísticamente distintas, se utilizaron dos índices de separabilidad que comparan estadísticamente cada par de categorías definidas en la clasificación, correspondientes al índice de *Jeffries – Matusita* y al índice de divergencia transformada (Morton, 2006; Richards, 1999). Para estos índices se considera un rango de 0 a 2, en donde el valor 0 representa dos clases sin diferencias estadísticamente significativas y el valor 2 es asignado a dos clases que presentan diferencias estadísticamente significativas. En este caso las clases fueron definidas de tal modo que para todas las combinaciones tuvieran en ambos índices un valor mayor a 1.

En otras palabras, este índice evalúa la viabilidad de que no exista un riesgo grave de confusión de clases e indica si se requiere adoptar categorías más amplias (Chuvieco, 2002), sobre todo en zonas áridas donde la reflectividad del suelo dificulta la diferenciación de clases de vegetación de baja densidad.

Posteriormente, se seleccionaron de forma aleatoria el 75% de los píxeles por clase para utilizarlos en la clasificación y el 25% fue utilizado como parcelas de control, para posteriormente realizar una matriz de confusión, que permite calcular el grado de exactitud de la clasificación.

#### 4.4.4 Método de clasificación supervisada

Para la clasificación supervisada se utilizó como método el *clasificador de máxima probabilidad* (Chuvieco, 2002), que es uno de los que demandan mayores complejidades y tiempos de cálculo, sin embargo es ampliamente utilizado gracias a su robustez y ajuste a la disposición original de los datos. Consiste en adaptar cada clase a una función de distribución del tipo normal, asignando el píxel a aquella que maximice dicha distribución (Chuvieco, 2002).

#### 4.4.5 Agregación espacial de píxeles

Para todas las clases espectrales, se agregaron espacialmente los píxeles clasificados con la finalidad de generalizar los píxeles solitarios que no tienen un área significativa. Para ello se utilizaron cuatro

---

<sup>2</sup> Concepto que en el contexto de teledetección significa que a cada clase de cobertura le corresponde un único grupo espectral y que a cada grupo espectral le corresponde una clase temática (Chuvieco, 2002).

filtros de paso bajo con Kernel de 3x3, 7x7 y 11x11, en el que se asignó el valor más frecuente al píxel central, con la misma ponderación para todos los grupos.

#### 4.4.6 Matriz de confusión

Con la finalidad de medir la fiabilidad de la información de los resultados obtenidos, se realizó una matriz de confusión para cada uno de los niveles de agregación de la clasificación obtenida, comparados con las parcelas de control seleccionadas (25% del total de parcelas), que permitió identificar aquellas categorías que presentaron problemas en su clasificación y con cuales fueron confundidas.

En la Tabla 5 se presentan los resúmenes de los resultados de la matriz de confusión, donde el nivel de agregación corresponde al tamaño de Kernel utilizado, la precisión general a la relación entre los aciertos y el total de píxeles de control de las clases espectrales definidas. El índice Kappa señala si la clasificación fue realizada al azar o no, el valor 0 corresponde a una clasificación totalmente aleatoria y el índice 1 corresponde a una clasificación exacta.

**Tabla 5: Resultados generales de matriz de confusión para la clasificación digital en las zonas Precordillera y Altiplano.**

Zona Ambiental	Nivel de agregación	Precisión general	Kappa
Precordillera	1x1	62,3%	0,5408
	3x3	66,7%	0,5909
	7x7	69,0%	0,6183
	11x11	69,6%	0,6246
Altiplano	1x1	57,1%	0,5211
	3x3	58,8%	0,5404
	7x7	59,7%	0,5488
	11x11	60,3%	0,5551

Fuente: elaboración propia.

La vectorización de la clasificación (raster), se realizó a partir de la agregación de 11x11 píxeles. Luego, dado que el error geométrico circular de las imágenes *Rapideye* es de 25 m<sup>3</sup> y su resolución espacial es de 5 m, el *Kernel* utilizado para la vectorización final fue de 55 x 55 m (11x11 píxeles de *Rapideye*).

#### 4.4.7 Generalización

La generalización de la información se realiza en función de la escala de trabajo. Para esto se consideró que los polígonos con superficies menores a 15 hectáreas fueron disueltos en la matriz que los contenía. Considerando que, de acuerdo con la metodología COT el área mínima cartografiable a la escala de trabajo de 1:50.000 es de 25 ha (Etienne & Prado, 1982), con lo que el criterio utilizado permite un mayor nivel de detalle en la definición de los polígonos.

Sin perjuicio de la generalización anterior, los polígonos definidos para elementos de especial interés vegetacional en la región como son los bosques, humedales y tillandsiales (formaciones de *Tillandsia spp.*), se mantuvieron en otra capa con la información geométrica original, independiente de su

<sup>3</sup> Establecido por los desarrolladores de *Rapideye*

superficie, y finalmente serán representados con la superficie detectada independiente que ésta sea menor a 15 ha.

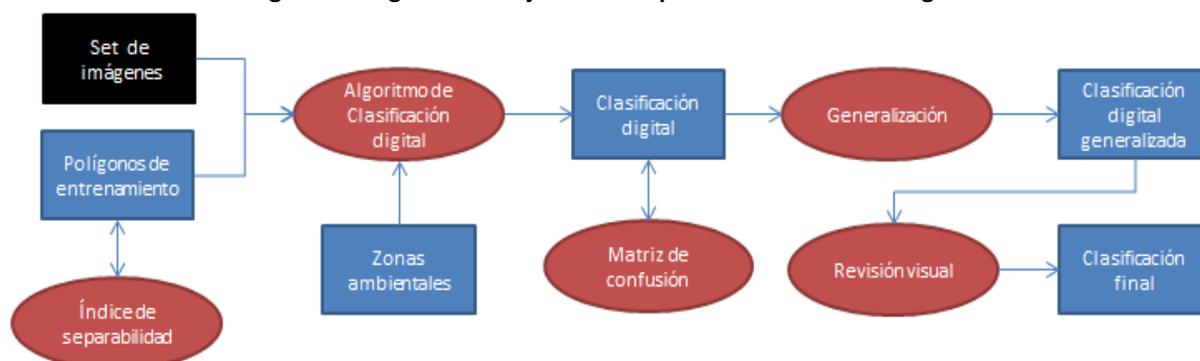
#### 4.4.8 Refinamiento de clasificación con interpretación visual

Se hizo una refinación de la información entregada de la clasificación digital ya que, al no producirse una correspondencia biunívoca<sup>4</sup> entre los grupos espectrales y las clases temáticas de la clasificación, y tal como ya se señaló anteriormente, se generan errores de asignación (Chuvienco, 2002).

Los errores generados por la convergencia radiométrica de las cubiertas fueron refinados y corregidos mediante una revisión visual de la información y el apoyo de las imágenes disponibles en la plataforma *Google Earth*, para posteriormente estandarizar la información a las clases de uso y sub-usos del catastro de vegetación.

Con las imágenes procesadas se realizó la clasificación digital. En la Figura 7 se presenta un diagrama de flujo del algoritmo general de la clasificación digital aplicada al área de estudio.

**Figura 7: Diagrama de flujo de las etapas de la clasificación digital.**



Fuente: elaboración propia.

El proceso de clasificación asistida dio como resultado un total de 5.531 polígonos en los distintos usos y subusos. Los usos que concentran el mayor número de polígonos son “Praderas y Matorrales” y “Áreas desprovistas de vegetación”, con 3.679 y 691 unidades respectivamente. Los mismo usos son los que registran mayor superficie, así “Praderas y Matorrales” registró un total de 992.104 ha y “Áreas desprovistas de vegetación” 628.959 ha.

Cabe señalar que, la expresión de la vegetación en las zonas áridas en muchos casos no tiene una respuesta espectral distinta a la del suelo desnudo. Esto podría deberse a que en el momento de la adquisición de las imágenes las plantas tenían nula fotosíntesis, o bien, su nivel de agregación o cobertura no tenía una contribución espectral en los píxeles, tal como lo muestra la Figura 8. Por el motivo anterior, en muchos casos la clasificación digital para estos casos distinguiría y diferenciaría polígonos asociados a los tipos de suelo, como por ejemplo los pumazíticos (blanquecinos), independiente de su cubierta de vegetación, lo cual dista de los objetivos del presente estudio. Por lo

<sup>4</sup> Concepto que en el contexto de teledetección significa que a cada clase de cobertura le corresponde un único grupo espectral y que a cada grupo espectral le corresponde una clase temática (Chuvienco, 2002).

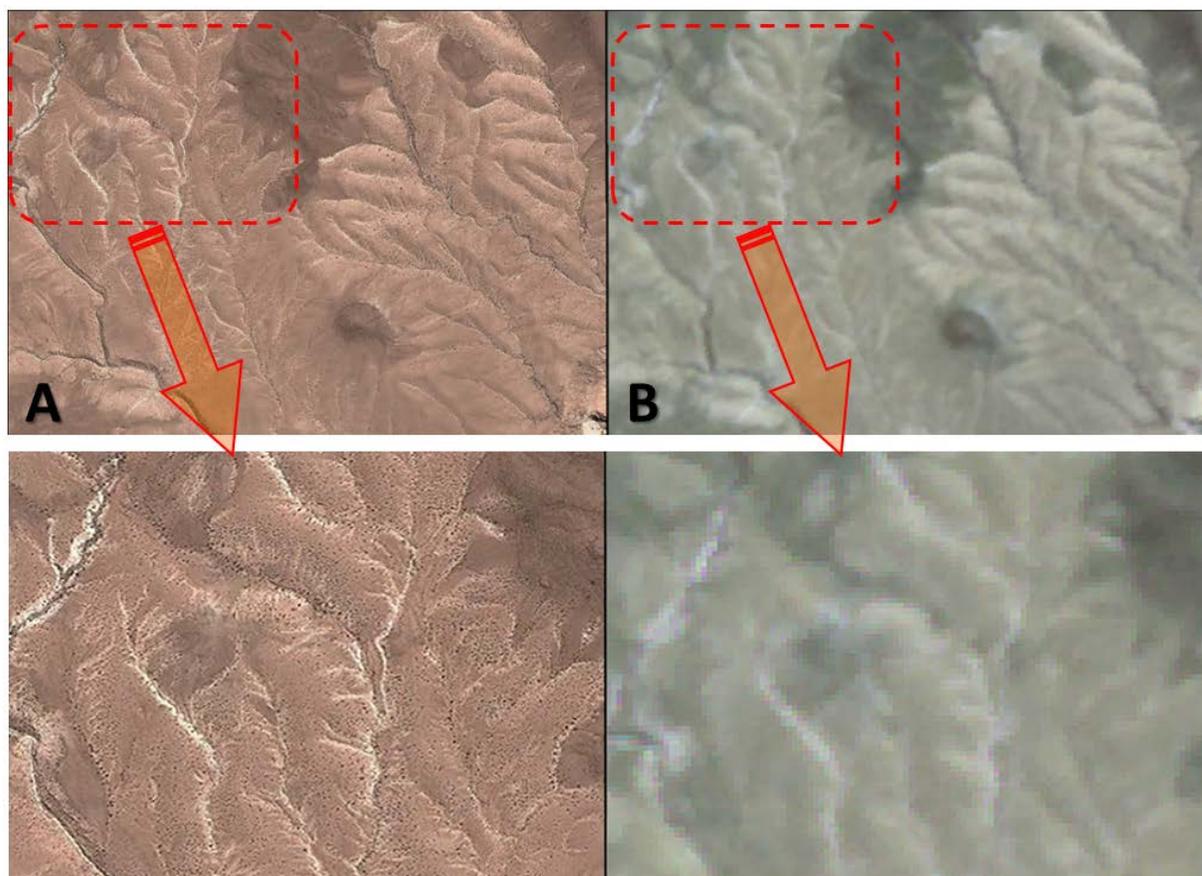
anterior, la etapa de revisión visual tomó especial relevancia para ajustar este tipo de distorsión de la clasificación digital.

Por otro lado, se registró una alta convergencia radiométrica en cubiertas como matorrales hídricos y bosques, nieve – nubes – suelos blanquecinos, matorrales muy abiertos con suelo desnudo, etc., en la etapa de revisión visual se reparó en su mayoría dichas convergencias mediante técnicas de fotointerpretación. Los efectos que produjo esta convergencia radiométrica fue que dos o más categorías temáticas quedaran bajo la misma clase espectral, así como también que dos o más clases espectrales quedaran bajo una misma categoría temática, es decir que en algunos casos la clasificación señalaba que un polígono correspondía a un matorral hídrico y la fotointerpretación indicaba que correspondía a un bosque, o viceversa, y así para todas las clases temáticas señaladas.

Para la zona altiplánica se complejizó la diferenciación de patrones de mezclas de pajonales y matorrales (situación común: tolar – pajonal). Posteriormente, mediante verificación visual, se concluyó que la respuesta espectral depende de las proporciones y agregaciones de los elementos, lo cual para el algoritmo automático es difícil de diferenciar.

Para la zona precordillerana, se dificultó diferenciar las praderas o los matorrales – praderas, ya que no tenían respuesta espectral aparente. Por lo anterior, se optó por un criterio asociado a la altitud para asignar los usos y subusos, por ejemplo, en situaciones más cercanas al desierto es menos probable que un matorral tenga una pradera asociada.

**Figura 8: Ejemplo con comparación de situaciones de imágenes *Google Earth* (A) y *Rapideye* (B), donde las primeras (A), con un adecuado nivel de acercamiento, permiten identificar situaciones con vegetación de baja cobertura.**



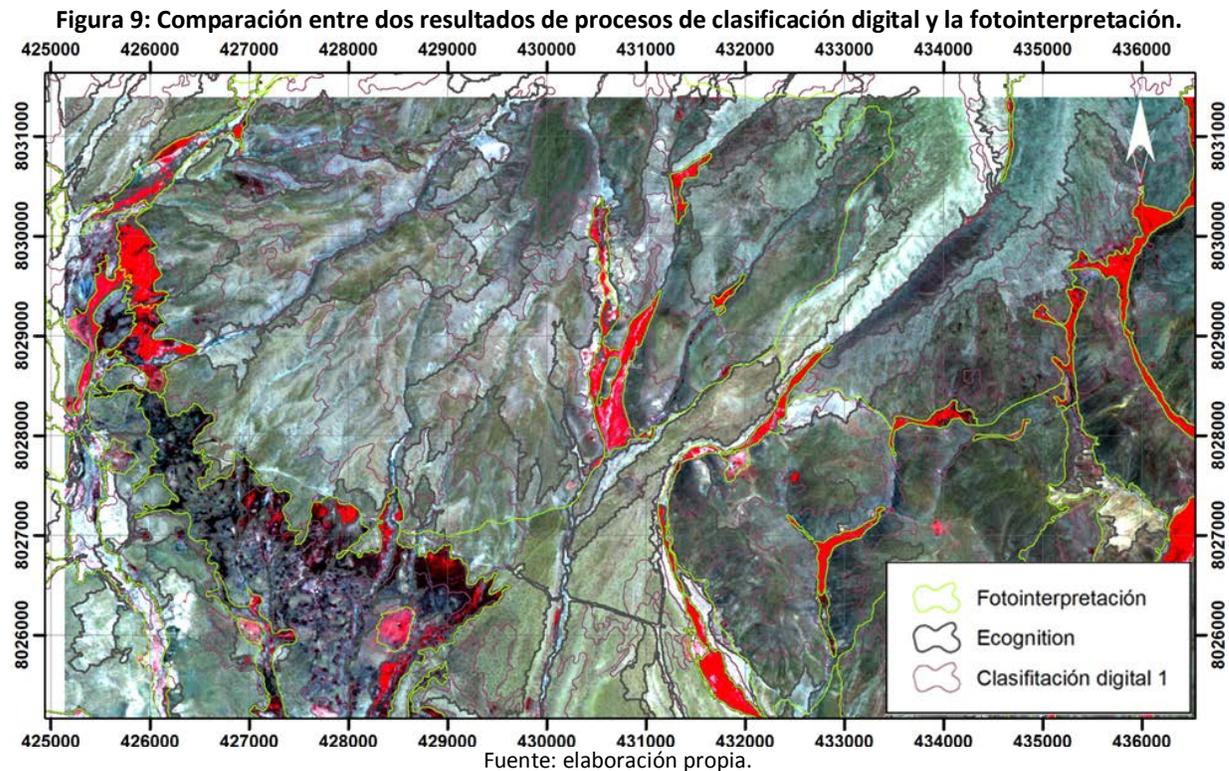
Fuente: elaboración propia.

Producto de la escala de trabajo, la generalización puede haber influido en los límites de los polígonos, ya que los polígonos con baja superficie se disuelven con su polígono de contacto (con el que compartían más perímetro) lo que puede llevar a una sobreestimación de ciertos usos y subusos.

Lo anteriormente señalado, hizo que en esta etapa se estableciera el nivel de uso para todos los polígonos definidos, en tanto que para el nivel de sub-uso esto fuera sólo parcial. Por lo anterior, es que para los usos “Áreas desprovistas de vegetación” y “Humedales”, se registraron unidades donde la verificación visual discrepaba de manera importante de la clasificación digital en relación con el subuso, o que con ambos procesos no fue posible determinar el subuso. Para estos casos se definió un subuso denominado “Sin Clasificar”, donde aquellos polígonos con este subuso del uso “Humedal”, fueron priorizados para el reconocimiento en terreno de modo de establecer con datos de primera fuente su subuso final. En el caso de los pertenecientes al uso “Áreas desprovistas de vegetación”, se revisó su subuso con la información obtenida de terreno, si no fue posible definir el subuso se indicó como “Otros sin vegetación”.

Teniendo en consideración lo señalado anteriormente, tanto la geometría como el uso y/o subuso de los polígonos resultantes de la clasificación digital variaron producto de los antecedentes de terreno, por lo que se recalca que los resultados de la clasificación digital fueron de carácter preliminar.

Durante la primera campaña de terreno, se confirmó lo señalado anteriormente respecto de la alta convergencia entre las formaciones con cubrimientos menores al 25% de vegetación y los sustratos. Es así que para minimizar este problema se revisó visualmente toda la capa generada, y se procedió a fotointerpretar la mayoría de las situaciones apoyándose fuertemente en imágenes *Google Earth*, antes de realizar la siguiente campaña de terreno. La Figura 9 grafica la situación antes indicada, donde se observa el gran número de polígonos que se generaron a partir de las clasificaciones digitales y el resultado mediante fotointerpretación de la imagen.



En resumen, la capa que finalmente se utilizó a partir de la segunda campaña de terreno y para realizar la extrapolación fue la generada de la fotointerpretación de las imágenes *Google Earth* para toda la región, apoyándose con las imágenes *Rapideye* en el sector precordillerano y altiplano, y la *Landsat 7* para el sector de desierto.

#### 4.5 Diseño de muestreo

Mediante el uso de una capa vectorial de caminos para la región, obtenida desde *Open Street*<sup>5</sup> y complementada con digitalización directa desde la plataforma *Google Earth*<sup>6</sup> y con el apoyo del DEM, fue posible detectar las cuencas visuales que se pudieron muestrear en terreno. Estas cuencas fueron estimadas mediante puntos de semilla (en este caso considerados puntos de observación), separados de forma equidistante cada 3 km a lo largo de toda la red de caminos empleada. Esta red cuenta con una longitud aproximada de 3.411 km, empleándose 1.138 puntos de observación en total para la

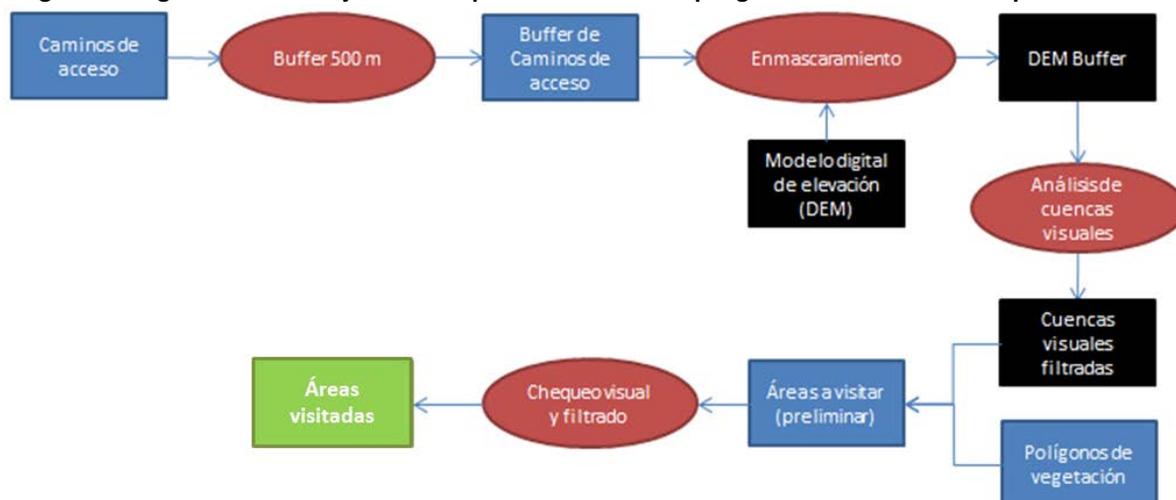
<sup>5</sup> Open Street: <http://download.geofabrik.de/openstreetmap/south-america/>

<sup>6</sup> Google Earth: <http://www.google.com/intl/es/earth/>

región. Posteriormente, se consideró un área buffer de 1 km a cada lado del eje principal de los caminos, con la finalidad de contemplar una superficie aproximada en la que se detectaron los límites y densidades de las formaciones de vegetación, pero más importante aún, donde fue posible discriminar las especies que componen las formaciones mencionadas.

Con lo anterior, se definieron los polígonos a visitar en terreno y se verificó la representatividad del muestreo para cada uso. A continuación, en la Figura 10, se presenta el algoritmo de trabajo que se utilizó para la selección de áreas visitadas.

**Figura 10: Algoritmo de trabajo utilizado para la selección de polígonos visitados en la etapa de terreno.**



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el algoritmo de selección de unidades a visitar, y en base a los resultados de la fotointerpretación, se visitó un total de 1.948 polígonos, lo cual corresponde al 33,25% del total de unidades definidas. En la Tabla 6 se detalla la intensidad de muestreo según uso y subuso, en tanto que la Figura 11 presenta la distribución espacial de los polígonos visitados en la presente actualización del Catastro de la región de Arica y Parinacota.

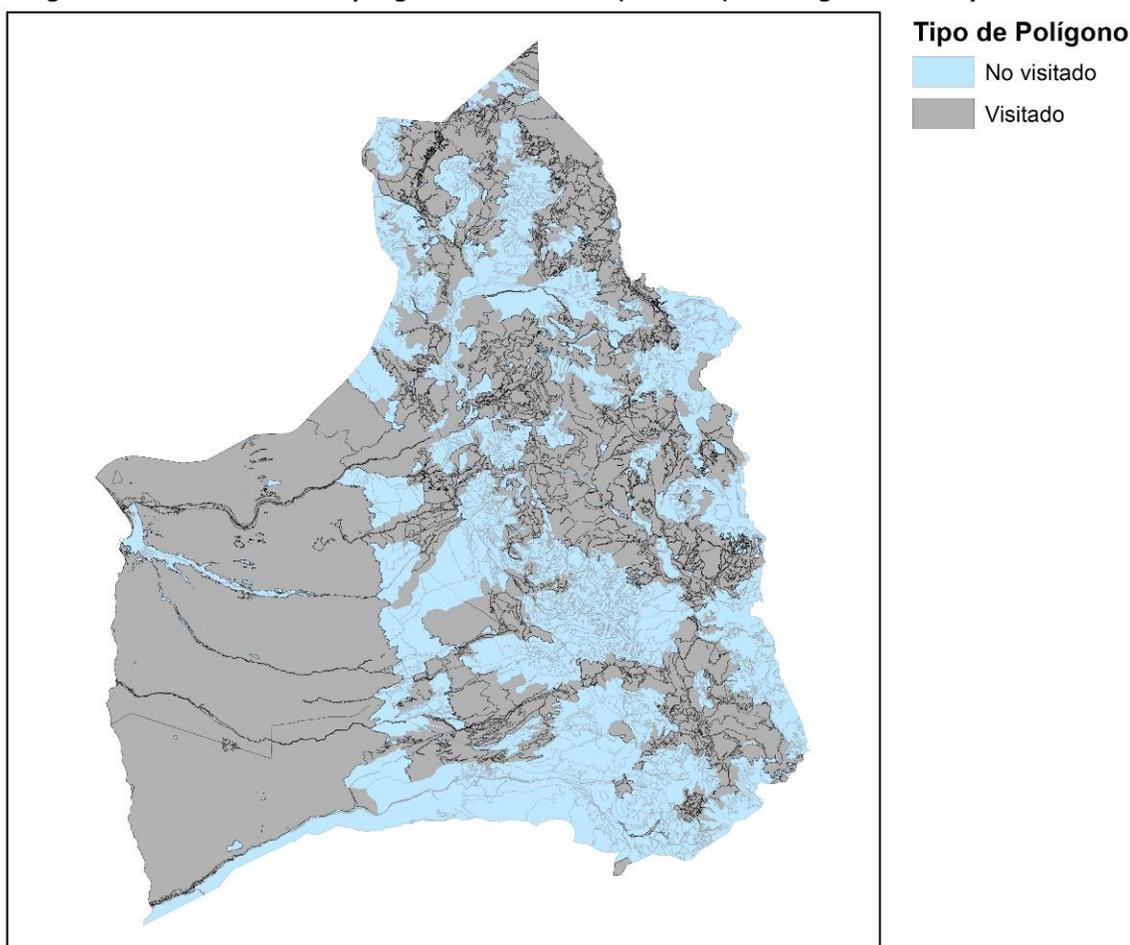
**Tabla 6: Detalle del muestreo proyectado para las visitas de terreno según categorías de Uso y Subuso.**

USO	SUB-USO	N° POLIGONOS VISITADOS	TOTAL POLIGONOS REGIÓN	REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO (%)
<b>1. Áreas Urbanas e Industriales</b>		<b>96</b>	<b>272</b>	<b>35,29%</b>
	1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	89	264	33,71%
	1.2 Minería industrial	7	8	87,5%
<b>2. Terrenos agrícolas</b>		<b>58</b>	<b>378</b>	<b>15,34%</b>
	2.1 Terrenos de uso agrícola	58	15,34%	15,3%
<b>3. Praderas y matorrales</b>		<b>1.221</b>	<b>3.169</b>	<b>38,53%</b>
	3.1 Praderas	112	52,34%	52,3%
	3.2 Matorral Pradera	655	36,74%	36,7%
	3.3 Matorral	277	39,18%	39,2%
	3.4 Matorral Arborescente	11	26,19%	26,2%

USO	SUB-USO	N° POLIGONOS VISITADOS	TOTAL POLIGONOS REGIÓN	REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO (%)
	3.5 Matorral con Suculentas	133	42,36%	42,4%
	3.6 Formación de Suculentas	33	30,28%	30,3%
<b>4. Bosques</b>		<b>198</b>	<b>735</b>	<b>26,94%</b>
	4.1 Plantación	1	100,00%	100,0%
	4.2 Bosque nativo	197	26,84%	26,8%
<b>5. Humedales</b>		<b>254</b>	<b>852</b>	<b>29,81%</b>
	5.1 Vegetación herbácea a orilla de río	40	50,00%	50,0%
	5.5 Bofedal	89	26,10%	26,1%
	5.6 Vega	125	29,00%	29,0%
<b>6. Áreas desprovistas de vegetación</b>		<b>109</b>	<b>391</b>	<b>27,88%</b>
	6.1 Playas y dunas	1	100,00%	100,0%
	6.2 Afloramientos rocosos	1	16,67%	16,7%
	6.3 Terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación.	9	10,47%	10,5%
	6.4 Corridos de lava y escoriales.	---	0,00%	0,0%
	6.6 Salar.	4	50,00%	50,0%
	6.7 Otros sin vegetación.	94	35,47%	35,5%
	6.8 Cajas de río.	---	0,00%	0,0%
<b>7. Nieves eternas y glaciares</b>		<b>2</b>	<b>11</b>	<b>18,18%</b>
	7.1 Nieves	2	18,18%	18,2%
<b>8. Cuerpos de agua</b>		<b>10</b>	<b>50</b>	<b>20,00%</b>
	8.3 Lagos, Lagunas, Embalses	10	20,00%	20,0%
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>1.948</b>	<b>5.858</b>	<b>33,25%</b>

Fuente: elaboración propia.

**Figura 11: Distribución de los polígonos muestreados (visitados) en la región de Arica y Parinacota.**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.6 Campaña de terreno y toma de datos

El levantamiento de información en terreno, se realizó en dos campañas con dos equipos de tres profesionales cada uno. Las fechas de cada campaña se indican en la Tabla 7.

**Tabla 7: Fechas de las campañas de terreno**

NOMBRE DE LA CAMPAÑA	FECHA
A – Marzo 2014	18 al 26 de marzo de 2014
B – Abril 2014	25 de abril al 5 de mayo de 2014

Fuente: elaboración propia.

La vegetación fue evaluada en función de las características estructurales y las especies dominantes presentes en ellas de acuerdo con la metodología de la "Carta de Ocupación de Tierras" (COT), desarrollada por la escuela fitoecológica Louis Emberger (CEPE/CNRS), Montpellier, Francia, y adaptada para las condiciones ecológicas de Chile por Etienne & Contreras (1981) y Etienne & Prado (1982). Bajo esta metodología se evaluó la vegetación tanto en su estructura horizontal, es decir, el porcentaje de cubrimiento de cada uno de los estratos de vegetación: LA (Leñoso alto), LB (Leñoso bajo), H (Herbáceo) y S (Suculento), y las especies dominantes de cada estrato; como en su estructura

vertical, es decir, las alturas medias de los doseles de cada uno de los estratos. De esta manera, fue posible caracterizar de manera fiel el estado actual de la vegetación de las áreas visitadas.

La descripción de los tipos biológicos, su cubrimiento y codificación de las especies dominantes en terreno se realizó en base a la siguiente pauta:

**Códigos de cubrimiento para tipos biológicos:** las unidades cartográficas se describieron según los siguientes rangos de cubrimiento establecidos para cada estrato dentro de cada unidad (Tabla 8). Cabe señalar que la toma de datos en terreno consideró el registro de estratos o formaciones con cubrimientos menores a 5% (índice clase 1 según la metodología COT), a pesar que finalmente estas situaciones fueran incorporadas a la categoría de uso “6. Áreas desprovistas de vegetación”.

**Tabla 8:** Tipos biológicos y grado de cubrimiento según metodología COT.

Tipo Biológico		Índice de Cubrimiento (n)		
		Índice	Cubrimiento (%)	Densidad
LA n:	Leñoso alto, con cubrimiento n	1	1 – 5	Muy escaso
LB n ::n:	Leñoso bajo, con cubrimiento n	2	5 – 10	Escaso
H n	Herbáceo, con cubrimiento n	3	10 – 25	Muy Claro
S n	Suculento, con cubrimiento n	4	25 – 50	Claro
		5	50 – 75	Poco denso
n =	Índice de cubrimiento	6	75 – 90	Denso
		7	90 – 100	Muy denso

Fuente: elaboración a partir de Etienne & Prado (1982).

**Códigos de altura para tipos biológicos:** las unidades cartográficas se describieron según los siguientes rangos de altura establecidos para cada estrato dentro de cada unidad (Tabla 9).

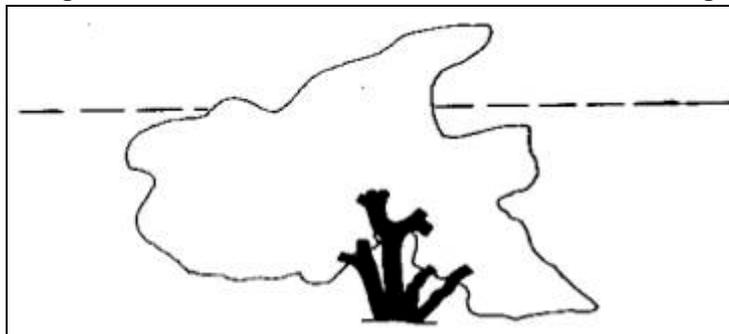
**Tabla 9:** Códigos de altura para tipos biológicos según metodología COT.

Leñoso Alto (LA)			Leñoso Bajo (LB)		
Símbolo	Altura	Estrata	Símbolo	Altura	Estrata
⌊A	< 2m	Extremadamente Baja	⌊B	< 5 cm	Extremadamente Baja
LA	2 – 4 m	Muy Baja	LB	5 – 25 cm	Muy Baja
⌊A	4 – 8 m	Baja	⌊B	25 – 50 cm	Baja
⌊A	8 – 16 m	Media	⌊B	50 – 100 cm	Media
⊙A	16 – 32 m	Alta	⊙B	100 – 200 cm	Alta
⊙A	> 32 m	Muy Alta	⊙B	> 200 cm	Muy Alta
Herbáceo (H)			Suculento (S)		
Símbolo	Altura	Estrata	Símbolo	Altura	Estrata
⌊H	< 5 cm	Extremadamente Baja	⌊S	< 5 cm	Extremadamente Baja
H	5 – 25 cm	Muy Baja	s	5 – 25 cm	Muy Baja
H	25 – 50 cm	Baja	s	25 – 50 cm	Baja
⌊H	50 – 100 cm	Media	⌊S	50 – 100 cm	Media
⊙H	100 – 200 cm	Alta	⊙S	100 – 200 cm	Alta
⊙H	> 200 cm	Muy Alta	⊙S	> 200 cm	Muy Alta

Fuente: elaboración propia a partir de Etienne & Prado (1982).

En relación con la altura hay que señalar que, según la metodología COT, el registro del dato de altura se hace en la densidad máxima del individuo y no necesariamente coincidirá con su altura máxima, tal como se ilustra en la Figura 12.

**Figura 12: Detalle del registro de altura en la densidad máxima de un individuo, según metodología COT.**



Fuente: Etienne & Prado 1982.

**Códigos de especies dominantes:** las especies dominantes de cada formación vegetal se codificaron según lo señalado en la Tabla 10. Para la codificación de especies dominantes se utilizó el listado de especies dominantes del Catastro de Recursos Vegetacionales Naturales de Chile y su actualización de fecha 21 de agosto de 2014.

**Tabla 10: Códigos de especies dominantes según metodología COT.**

Tipo biológico	Código		Ejemplo	
	Género	Especie	Especie	Código
Herbáceo	Minúscula	minúscula	<i>Bromus berterioanus</i>	bs
Leñoso bajo	Mayúscula	minúscula	<i>Balbisia peduncularis</i>	Ba
Leñoso alto	Mayúscula	mayúscula	<i>Schinus areira</i>	SO
Suculento	Minúscula	mayúscula	<i>Eulychnia acida</i>	eU

Fuente: elaboración a partir de Etienne & Prado (1982).

Para las especies dominantes registradas se procedió a recolectar fragmentos de individuos para su posterior confirmación o determinación en laboratorio. Las muestras fueron secadas, prensadas y depositadas en el herbario de referencia de Biota.

Los datos de terreno fueron tomados mediante la utilización de un formulario cuyo detalle se aprecia en la Figura 13.

**Figura 13: Ejemplo de formulario de terreno con información.**

Proyecto: <u>Cat. Veg Nativa XV Reg.</u> / Campaña: <u>Marzo 2014</u> /	
Fecha: <u>23 / 03 / 2014</u> / Autor(es): <u>PT-FL-AF</u> /	
Localidad: <u>Caminos a Colpitas</u> / Waypoint: <u>120(4)</u>	
Región: <u>15</u> /	Prov.: <u>151/152 X</u> / Comuna: <u>X 01/02</u> /
UTM N: <u>8002998</u> / UTM E: <u>459099</u> +/-: <u>6</u> / Alt.: <u>4645</u> /msnm	
Carta: <u>K6</u> /	Id Terreno: <u>K6-B-03</u> / Id Usos: <u>3/2</u> /
Tipo. Veg: <u>Pajonal solar</u>	
Form. Veg:	<u>LB<sub>1</sub></u> <u>LB<sub>1</sub></u> <u>H<sub>4</sub></u> <u>H<sub>3</sub></u>
Esp. Dom.:	<u>Pg-LI</u> <u>Pg</u> <u>fo<sup>3</sup>-ssp2</u> <u>fo<sup>2</sup>-ssp2</u>
Spp con Problemas/OBS:	

MAS-AMB

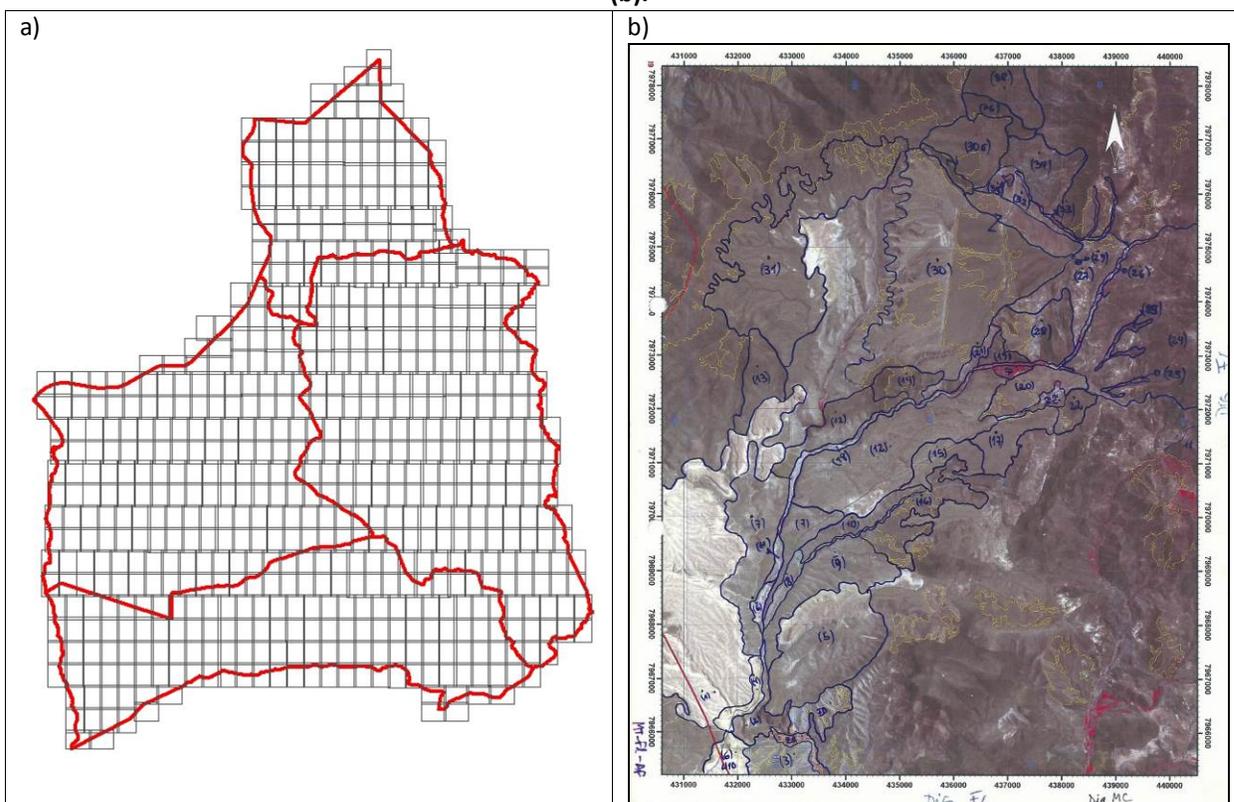
COT 163

Fuente: elaboración propia.

El formulario contempla la toma de información COT así como también datos espacio-temporales del lugar de descripción (fecha, localidad, coordenadas de adquisición de información). Considera una nomenclatura correlativa e irrepetible conformando un enlace con el trazado espacial realizado en cartas impresas.

Para cubrir la totalidad de la región, se generaron 637 planchetas a escala 1:26.000 traslapadas en una pequeña porción en sus bordes, donde el fondo georreferenciado corresponde a composiciones de imágenes satelitales en falso color o en color verdadero, dependiendo de la zona y cobertura satelital, y los polígonos obtenidos de la fotointerpretación. Sobre estas planchetas, se numeraron las unidades visitadas y se confirmaron o redefinieron sus límites según lo registrado en terreno. La Figura 14 presenta la red de planchetas generadas y un ejemplo de ellas.

**Figura 14: Red de planchetas 1:26.000 en la región de Arica y Parinacota (a) y un ejemplo de carta generada (b).**



Fuente: elaboración propia.

## 4.7 Manejo de información

Para el traspaso de información, los datos alfanuméricos de vegetación fueron almacenados en una base de datos digital y el trazado de las cartas en archivos vectoriales digitales, posteriormente estos datos fueron relacionados.

### 4.7.1 Análisis de la Información de Especies Dominantes

Una vez confirmada o determinada la entidad taxonómica de las especies dominantes registradas, cada una de las taxa fue caracterizada según los siguientes atributos:

#### a. Posición taxonómica

Referida a la clasificación de la flora registrada según las categorías jerárquicas taxonómicas División, Clase, Familia, Género y Especie (incluyendo *taxa* infraespecífica). Para las tres categorías superiores, se siguió el esquema propuesto por Marticorena & Quezada (1985) y para la denominación de género y especie, se utilizó principalmente el “Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur” (Zuloaga *et al.*,

2008a; 2008b; 2008c), disponible como base de datos en la página web del Instituto de Botánica Darwinion de Argentina.<sup>7</sup>

b. Tipo biológico

La flora registrada fue clasificada según las cuatro formas principales de crecimiento, análogas a las establecidas por Etienne & Prado (1982): Arbóreo (Leñoso Alto), Arbustivo (Leñoso Bajo), Herbáceo y Suculento (*Cactaceae*), y sub-clasificaciones de cada uno según Zuloaga *et al.* (2008a; 2008b; 2008c), como por ejemplo: Herbáceo anual, etc.

c. Origen geográfico

Contextualiza a cada entidad registrada en relación al origen de su desarrollo en Chile, es decir, taxones que fueron introducidos al territorio por causa antrópica (**Alóctona**, introducida o adventicia) y taxones que se desarrollan de manera natural o espontánea en nuestro territorio a causa de eventos naturales de su propia historia evolutiva y fitogeográfica (**Autóctona**). Dentro de estos últimos, cuando un taxón es conocido exclusivamente para el territorio Chileno, se denomina **Endémico**.

d. Especies en Categorías de Conservación de Amenaza

Para determinar las especies de importancia, en relación a su clasificación dentro de alguna categoría de conservación de amenaza, se revisaron los documentos actualmente vinculantes con el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Estos son los decretos supremos de los procesos finalizados de evaluación de categorías de conservación según el D.S 75/2005 mod. D.S. 29/2012, Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación (RCE), estos son: D.S. 151/2007, D.S. 50/2008, D.S. 51/2008 y D.S. 23/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; D.S. 33/2012, D.S. 41/2012, D.S. 42/2012, D.S. 19/2013, D.S. 13/2013 y D.S. 52/2014 del Ministerio del Medio Ambiente.

Para efectos de registro de presencia de especies en categorías de conservación de amenaza, se consideraron las entidades que presentan categorías de riesgo, es decir: “En Peligro Crítico”, “En Peligro” y “Vulnerable”.

Finalmente, las nuevas entidades registradas para la región se incluyeron en el listado nacional de especies para el Catastro de los Recursos Vegetacionales de Chile, versión de fecha 21 de agosto de 2014.

#### 4.7.2 Tratamiento de los datos

- Base de datos

Los datos provenientes de los formularios de terreno fueron ingresados en una planilla Excel que consideró todos los parámetros establecidos en el formulario.

---

<sup>7</sup> <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>.

Se construyó un algoritmo de transformación mediante un código computacional *Visual Basic* que transforma la información COT en clases de uso de suelo mediante el álgebra de sus características de altura, cobertura y composición, y siguiendo las reglas establecidas en el “Sistema de clasificación de uso y subuso de suelo utilizado en el Catastro de Recursos Vegetacionales” ajustado para la “Región de Arica y Parinacota año 2014” presentado en el Anexo 4 de este documento.

Cabe señalar dos ajustes puntuales al sistema de clasificación indicado. El primero tiene relación con las unidades con presencia de una estrata de *Polylepis spp.* (queñoas) menor a 2 m, y el segundo tiene relación con unidades de *Tillandsia spp.* con cubrimientos de índice 1 (1 a 5%).

▪ **Caso 1: Presencia de una estrata de *Polylepis spp.* (queñoas) menor a 2 m.**

Se reconocieron situaciones donde se registró una estrata de especies de árboles con una altura media menor a 2 m. La estrata arbórea según la definición vigente para el Catastro (altura > 2m), a partir de la cual toda estrata de árboles menores a 2 m aporta a la estrata leñosa baja (LB de 1 a 2 m de altura). En términos de uso de suelo, esto repercutirá en que se defina el uso como “Matorral Arborescente” si la estrata leñosa alta (LA: árboles, altura > 2m) no supera el 10% de cubrimiento y no como bosque.

Teniendo presente la importancia que tienen a nivel regional los bosques, es que para efectos del presente Catastro, se considera dentro del primer índice de altura a todos los árboles entre 1 a 4 m, de este modo que la actual estrata de árboles menor a 2 m aporte a la estrata leñosa alta (LA) y el cubrimiento permite definir estos polígonos, con presencia de una estrata de *Polylepis spp.* (queñoas) menor a 2 m como bosques. Sin perjuicio de lo anterior, la base de datos de la capa final del presente Catastro contiene la información bruta de la COT en el campo “FV” (ver Anexo 2).

▪ **Caso 2: Formaciones de *Tillandsia spp.* con cubrimientos de índice 1 (1 a 5%).**

Además, de acuerdo con el sistema de clasificación del Catastro (ver Anexo 4) aquellas situaciones con cubrimiento de vegetación inferior al 5% corresponderían a “Áreas Desprovistas de Vegetación”. En este sentido se registraron unidades de *Tillandsia spp.* con cubrimiento de índice 1 (1 a 5%).

Nuevamente, y teniendo en mente lo importante de estas formaciones en el desierto absoluto, sólo para el caso de las unidades de *Tillandsia spp.* se realizó un agrupamiento de los índices 1 y 2 (cubrimientos del 1 al 10%) de modo de clasificar estos polígonos como “Formaciones de suculentas escasas”.

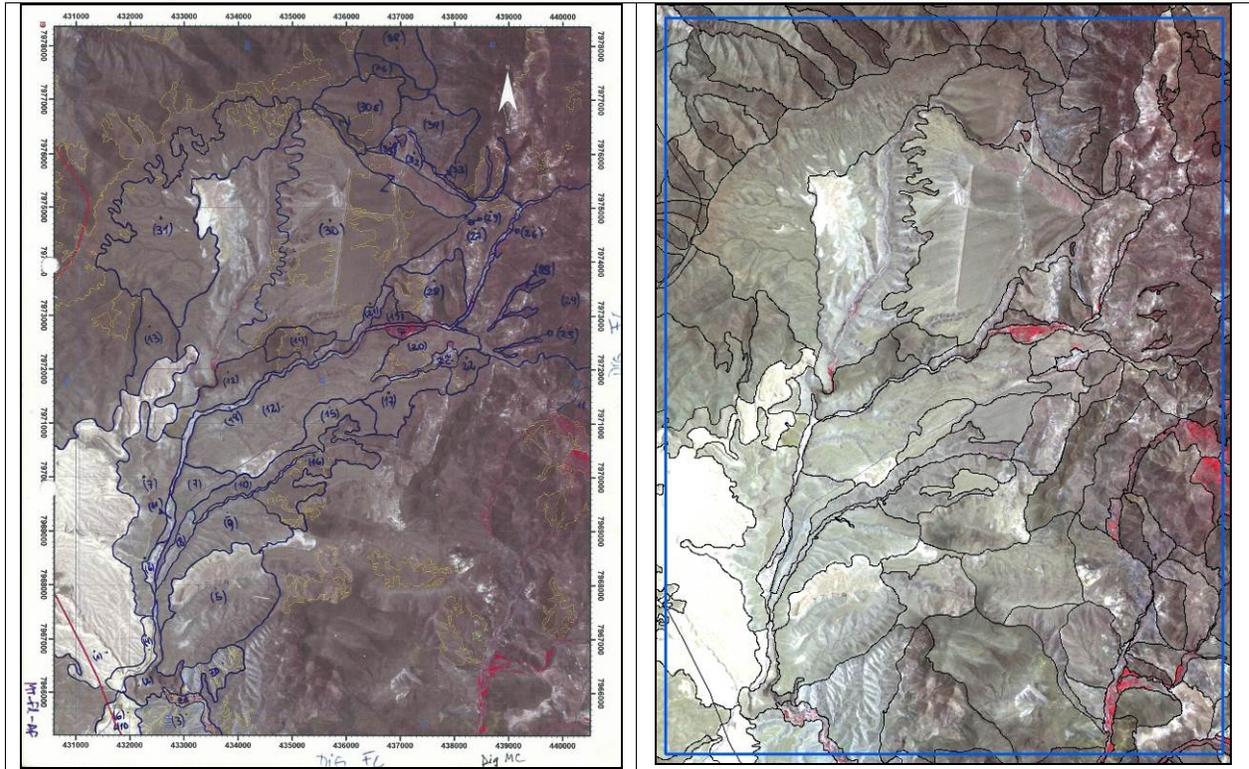
Finalmente la base de datos se estandarizó al criterio IDE MINAGRI, según modelo enviado desde CONAF (“ESTRUCTURA\_BBDD\_CATASTROS Y COBERTURA ESPEJO\_21-02-2014.xlsx”).

- Archivos digitales vectoriales

La digitalización de las cartas que se llevaron a medios digitales fueron sintetizados eliminando errores topológicos como baches o superposiciones de polígonos, así como también los polígonos “basura” de superficie despreciable, que se forman producto del cruce y manejo de capas.

En la Figura 15 se muestra la digitalización correspondiente al área de la Figura 14.b.

**Figura 15: Vista de área con polígonos digitalizados sobre la imagen aérea de referencia.**



Fuente: elaboración propia.

- Enlace de información

La información final se obtuvo mediante el enlace entre la base de datos y el trazado digital con la finalidad de obtener una capa poligonal de información espacial temática en formato shapefile.

#### 4.7.3 Extrapolación

Las áreas de extrapolación corresponden a porciones del territorio donde no se estuvo presencialmente o en zonas de difícil acceso, dado el diseño de muestreo definido con los recursos disponibles.

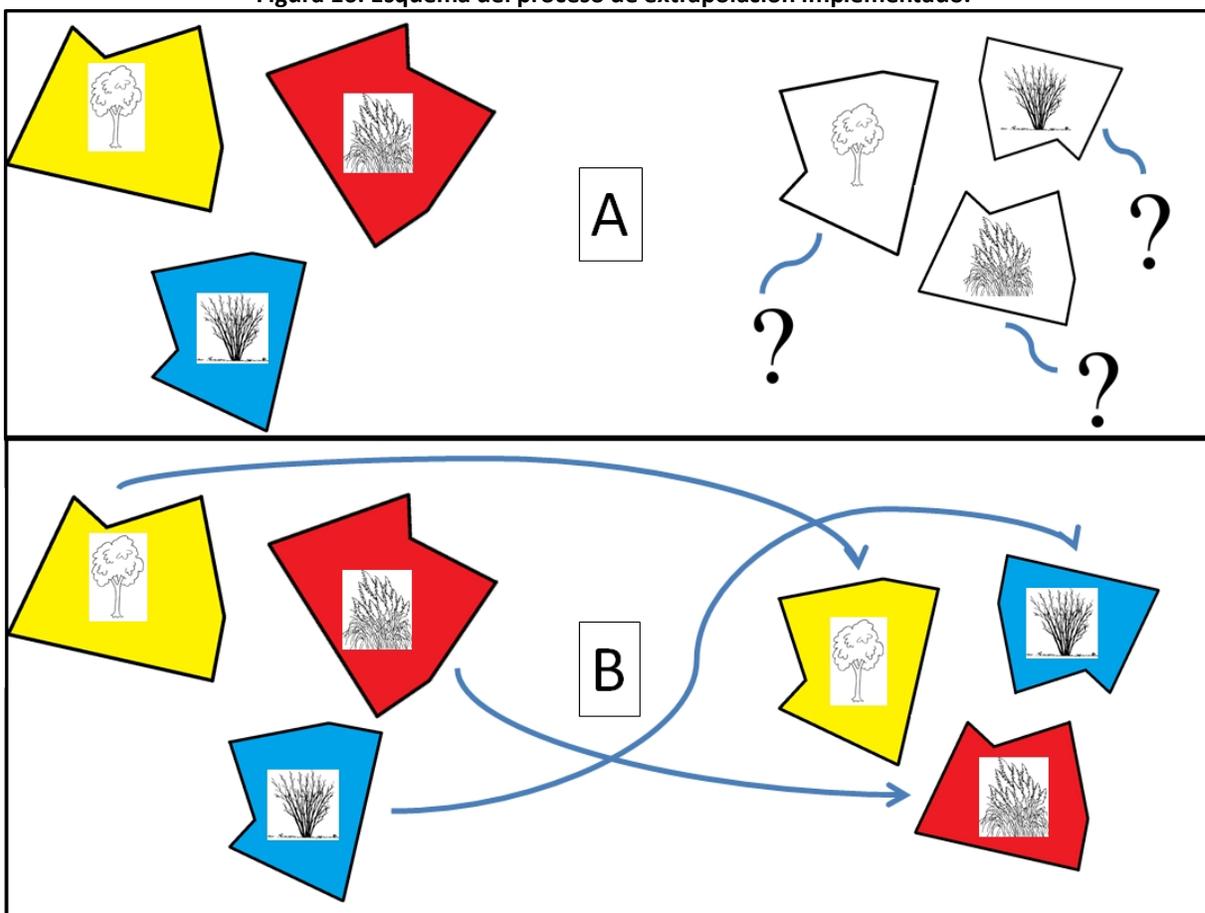
El tratamiento digital de estas zonas se realizó mediante el trazado manual del territorio mediante fotointerpretación, apoyada en el análisis de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación y fotografías de terreno de lugares aledaños.

Los polígonos generados corresponden a formaciones homogéneas en grano, color, textura, posición topográfica, contexto espacial, entre otros parámetros.

Luego, se le asignaron los atributos de la vegetación manualmente, copiando la información de polígonos levantados en terreno cercanos y similares en los parámetros anteriormente mencionados.

La Figura 16 esquematiza este proceso, en la etapa A, los polígonos de la izquierda representan los levantados en terreno, la figura inscrita representa el tipo de vegetación y su color corresponde a la información del uso del suelo. Los de la derecha representan polígonos que no tienen información atributada. En la etapa B a los polígonos sin información se les atributa la información de los polígonos de terreno en base a la semejanza que comparten en su tipo de vegetación, pudiendo suponer la distinta clase de uso del suelo.

**Figura 16: Esquema del proceso de extrapolación implementado.**



Fuente: elaboración propia.

Cabe señalar que, dado que cualquier proceso de extrapolación conlleva un grado de incertidumbre, se decidió excluir la extrapolación de especies con problemas de conservación o en categoría de amenaza, cuando ésta hubiese sido sólo registrada como presente en el polígono de terreno que se está utilizando para extrapolar. En el caso que la especie en categoría en conservación de amenaza fuera dominante en el polígono de terreno utilizado para extrapolar, esta información si se extrapola a aquellos polígonos no visitados.

#### 4.8 Identificación de Áreas Cambio

A partir de la comparación entre la capa del Catastro 1997 (año base) ajustada geométricamente y la de resultados al año 2014, y una vez terminadas las etapas de terreno, extrapolación y consolidación

de la información, se analizó los cambios en los usos de suelo que reflejan ambas capas y se generó la capa espejo.

En relación con la información entregada por CONAF referida a Planes de Manejo, Incendios y proyectos de inversión (ver Tabla 2), en las áreas recorridas no se verificó su implementación y tampoco CONAF contaba con antecedentes de su efectiva materialización, por lo cual estos antecedentes no fueron incorporados en los análisis de cambio.

Cabe señalar que, considerando la escala de trabajo de gran parte de la región de Arica y Parinacota para el año base (1:250.000 y 1:50.000 para las áreas SNASPE), la resolución de las imágenes base que se utilizaron en dicho año, y la potencia de las herramientas informáticas para el manejo de la cartografía son muy distintas entre el año base (1997) y esta actualización (2014), es que se considera que ambas bases no son comparables para efectos de seguimiento a nivel de polígono o unidades de vegetación, sino que más bien el análisis de áreas de cambio entrega cambios a grandes líneas entre ambos años los que son en su mayoría explicables por los factores inicialmente mencionados: escala de trabajo, resolución de imágenes base y las herramientas cartográficas actualmente disponibles, es decir, el total de la superficie regional actualizada se puede asociar a la causal de cambio de corrección en la fotointerpretación o descripción original.

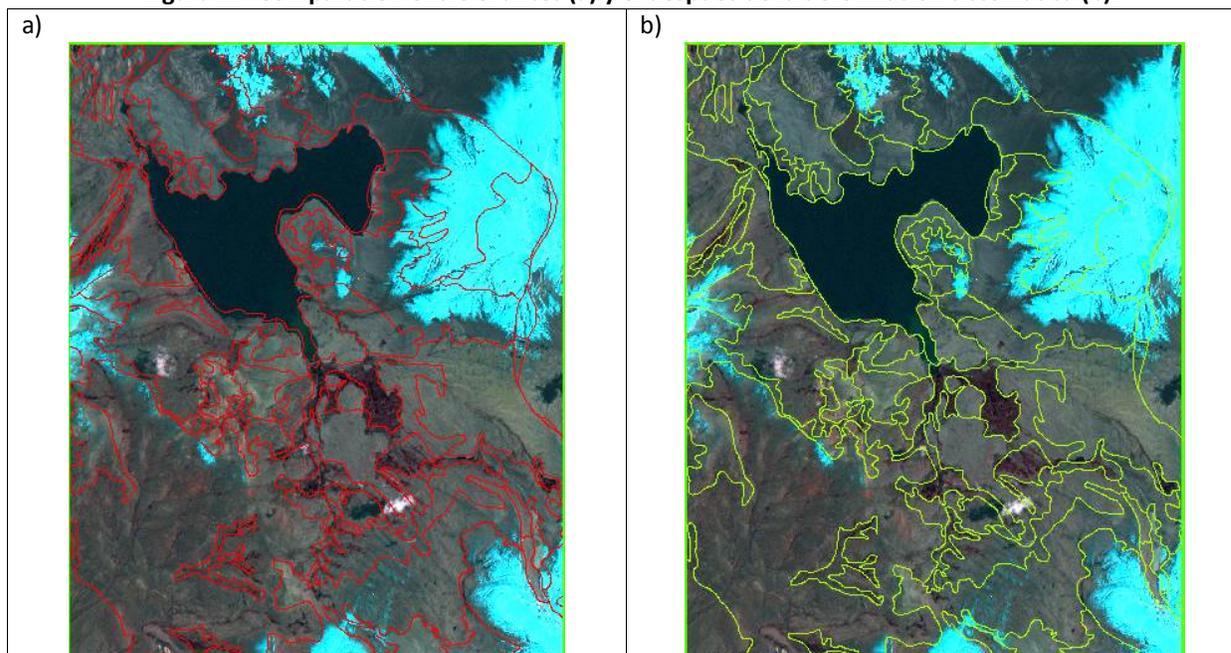
## 5 RESULTADOS

En los siguientes puntos se presentan los resultados finales del proyecto “Monitoreo de Cambios, Corrección Cartográfica, y Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota”, correspondientes al ajuste geométrico del Catastro 1997 (año base), capa de Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota para el año 2014, Capa Espejo y Análisis de Cambio.

### 5.1 Resultados del ajuste geométrico catastro base

El Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota presentado el año 1997, proyectado en el sistema de coordenadas WGS1984 huso 19 sur y corregido geométricamente se adjunta en formato SHP digital en el Anexo 1 de este documento. Junto con lo anterior, a continuación se presenta la Figura 17 que muestra como ejemplo la proyección en el sistema de coordenadas WGS 1984 huso 19 sur, en los alrededores del lago Chungará. La escena de la izquierda (rojo) sin deformación sistemática y la de la derecha (verde) con dicha deformación, nótese el contorno del lago con respecto a la imagen de fondo.

**Figura 17: Comparación entre el antes (a) y el después de la deformación sistemática (b).**



Fuente: elaboración propia.

La Tabla 11 presenta el número de polígonos y la superficie a nivel de Uso y Sub-Uso de acuerdo con los resultados del Catastro 1997 ajustado geoméricamente. La capa en formato SHP se adjunta como Anexo 1 en digital a este documento.

**Tabla 11: Resultados Catastro de Recursos Vegetacionales por uso y subuso para la región Arica y Parinacota, año base 1997.**

USO	SUB-USO	TOTAL POLIGONOS REGIÓN	SUPERFICIE (HA)
<b>1. Áreas Urbanas e Industriales</b>		<b>3</b>	<b>7.695,12</b>
	1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	1	1.541,41
	1.2 Minería industrial	2	6.153,71
<b>2. Terrenos agrícolas</b>		<b>19</b>	<b>21.461,55</b>
	2.1 Terrenos de uso agrícola	18	21.451,11
	2.2 Rotación cultivo / pradera	1	10,44
<b>3. Praderas y matorrales</b>		<b>553</b>	<b>837.693,00</b>
	3.1 Praderas / 3.1.1 Estepa altioplánica	343	296.973,13
	3.2 Matorral Pradera	30	139.357,91
	3.3 Matorral	173	362.912,46
	3.5 Matorral con Suculentas	6	38.128,20
	3.6 Formación de Suculentas	1	321,30
<b>5. Humedales</b>		<b>94</b>	<b>28.170,37</b>
	5.5 Bofedal	74	10.372,82

USO	SUB-USO	TOTAL POLIGONOS REGIÓN	SUPERFICIE (HA)
	5.6 Vega	20	17.797,56
<b>6. Áreas desprovistas de vegetación</b>		<b>243</b>	<b>790.790,89</b>
	6.1 Playas y dunas	14	5.752,92
	6.2 Afloramientos rocosos	11	2.743,54
	6.3 Terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación	51	85.155,88
	6.4 Corridos de lava y escoriales	6	3.637,19
	6.6 Salar	7	10.951,48
	6.7 Otros sin vegetación	154	682.549,87
<b>7. Nieves eternas y glaciares</b>		<b>8</b>	<b>4.778,04</b>
	7.1 Nieves	8	4.778,04
<b>8. Cuerpos de agua</b>		<b>8</b>	<b>3.890,52</b>
	8.3 Lagos, Lagunas, Embalses	8	3.890,52
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>928</b>	<b>1.694.479,48</b>

Fuente: elaboración propia.

## 5.2 Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota para el año 2014

La capa final del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota levantada en terreno el año 2014 dio como resultado un total de 5.858 polígono en los distintos usos y subusos. Los usos que concentran el mayor número de polígonos son “Praderas y Matorrales” con 923.142 ha (54,5% de la superficie regional), seguido por “Áreas desprovistas de vegetación” con 665.853 ha (39,3% de la superficie regional) y muy por debajo el uso “Bosques” con 47.172 ha (2,8% del total de la superficie regional).

A continuación, la Tabla 12 muestra el resumen de superficie por Uso para la Región de Arica y Parinacota, en tanto que la Figura 18 grafica los datos de la tabla antes señalada. Por su parte, el detalle a nivel de Uso y Sub-Uso para la Región de Arica y Parinacota se presenta en la Tabla 13.

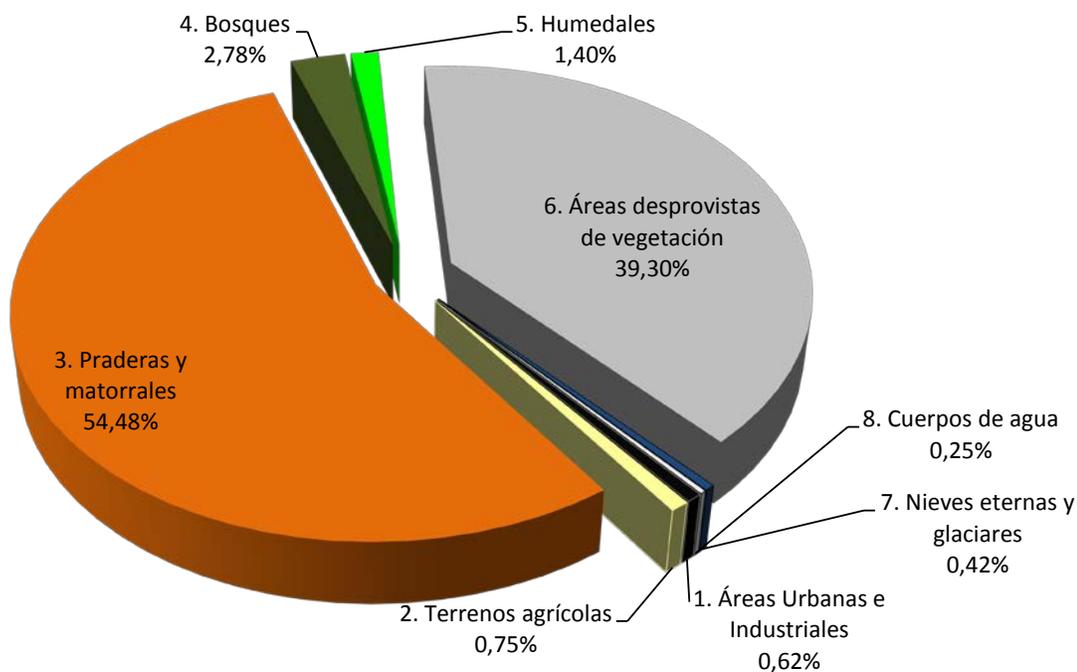
La capa en formato SHP del Catastro para el año 2014 se adjunta como Anexo 2 en digital a este documento.

**Tabla 12: Resumen de superficies de Usos a nivel regional.**

Uso	Superficie (Ha)	% Respecto de la Superficie Regional.
1. Áreas Urbanas e Industriales	10.577	0,62%
2. Terrenos agrícolas	12.708	0,75%
3. Praderas y matorrales	923.142	54,48%
4. Bosques	47.172	2,78%
5. Humedales	23.760	1,40%
6. Áreas desprovistas de vegetación	665.853	39,30%
7. Nieves eternas y glaciares	7.109	0,42%
8. Cuerpos de agua	4.159	0,25%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1.694.479</b>	<b>100,00</b>

Fuente: elaboración propia.

**Figura 18: Distribución de superficies según Uso Catastro de Recursos Vegetacionales Arica y Parinacota 2014.**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 13: Resultados Catastro de Recursos Vegetacionales por uso y subuso para la región Arica y Parinacota, año 2014.**

USO	SUB-USO	TOTAL POLIGONOS REGIÓN	SUPERFICIE (HA)
<b>1. Áreas Urbanas e Industriales</b>		<b>272</b>	<b>10.577</b>
	1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	264	6.802
	1.2 Minería industrial	8	3.775
<b>2. Terrenos agrícolas</b>		<b>378</b>	<b>12.708</b>
	2.1 Terrenos de uso agrícola	378	12.708
<b>3. Praderas y matorrales</b>		<b>3.169</b>	<b>923.142</b>
	3.1 Praderas	214	86.448
	3.2 Matorral Pradera	1.783	567.465
	3.3 Matorral	707	139.420
	3.4 Matorral Arborescente	42	7.739
	3.5 Matorral con Suculentas	314	116.816
	3.6 Formación de Suculentas	109	5.253
<b>4. Bosques</b>		<b>735</b>	<b>47.172</b>
	4.1 Plantación	1	21
	4.2 Bosque nativo	734	47.151
<b>5. Humedales</b>		<b>852</b>	<b>23.760</b>
	5.1 Vegetación herbácea a orilla de río	80	2.649
	5.5 Bofedal	341	9.319
	5.6 Vega	431	11.791
<b>6. Áreas desprovistas de vegetación</b>		<b>391</b>	<b>665.853</b>
	6.1 Playas y dunas	1	272
	6.2 Afloramientos rocosos	6	79
	6.3 Terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación	86	61.293
	6.4 Corridas de lava y escoriales	3	696
	6.6 Salar	8	7.798
	6.7 Otros sin vegetación	265	595.610
	6.8 Cajas de río	22	105
<b>7. Nieves eternas y glaciares</b>		<b>11</b>	<b>7.109</b>
	7.1 Nieves	11	7.109
<b>8. Cuerpos de agua</b>		<b>50</b>	<b>4.159</b>
	8.3 Lagos, Lagunas, Embalses	50	4.159
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>5.858</b>	<b>1.694.479</b>

Fuente: elaboración propia.

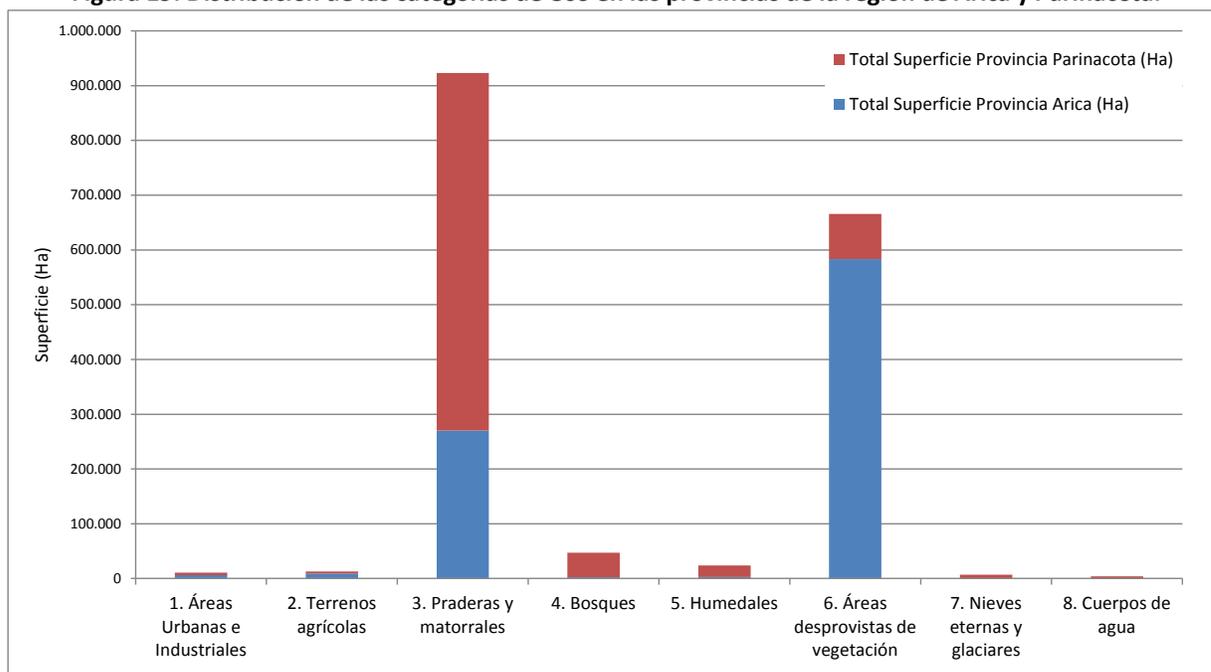
En relación con la distribución de los Usos a nivel provincial, se destaca una mayor concentración de las categorías de “Praderas y Matorrales” y “Bosque” en la Provincia de Parinacota, en tanto que la categoría “Áreas desprovistas de Vegetación” es dominante en la Provincia de Arica, tal como lo presenta la Tabla 14 y lo grafica la Figura 19. El detalle con la superficie y número de polígonos a nivel comunal se presentan en los puntos 5.2.1 y 5.2.2 a continuación.

**Tabla 14: Distribución de las categorías de Uso en las provincias de la región de Arica y Parinacota.**

Uso	Total Superficie Provincia Arica (Ha)	Total Superficie Provincia Parinacota (Ha)	Total Superficie Regional (Ha)
1. Áreas Urbanas e Industriales	6.306,67	4.270,74	10.577,41
2. Terrenos agrícolas	9.277,40	3.430,33	12.707,73
3. Praderas y matorrales	270.242,02	652.899,58	923.141,60
4. Bosques	2.455,69	44.716,24	47.171,93
5. Humedales	2.696,52	21.063,24	23.759,76
6. Áreas desprovistas de vegetación	583.320,42	82.532,84	665.853,26
7. Nieves eternas y glaciares	0	7.109,13	7.109,13
8. Cuerpos de agua	322,87	3.835,80	4.158,67
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>874.621,59</b>	<b>819.857,89</b>	<b>1.694.479,48</b>

Fuente: elaboración propia.

**Figura 19: Distribución de las categorías de Uso en las provincias de la región de Arica y Parinacota.**



Fuente: elaboración propia.

En la presente actualización del Catastro de los Recursos Vegetaciones aparece por primera vez en la región el Usos “Bosque” con los subtipos “Plantación” y “Bosque Nativo”. El primer subtipo está constituido por sólo un polígono, el cual se ubica en la provincia de Parinacota. Por su parte, el subtipo “Bosque nativo” se distribuye en ambas provincias, sin embargo su mayor superficie también se concentra en la provincia de Parinacota. Sin perjuicio de lo anterior, ninguna de las especies dominantes que conforman las unidades de bosques descritas para la Región de Arica y Parinacota permiten tipificar a estas formaciones en algunos de los tipos forestales establecidos en el Art.19 del D.S. 259/1980 MINAGRI, Reglamento Técnico del DL 701/74, que es la norma vigente para la definición de los tipos forestales hasta que se publique el Decreto Supremo señalado en el Art. 3 de la Ley 20.283: , por esta razón es que los campos de Tipo y Subtipo Forestal se dejaron en cero o vacíos.

La Tabla 205 presenta la distribución de superficies del sub-uso “Bosque nativo” en las provincias de Arica y Parinacota, donde la única estructura presente es adulto/renoval, destacando la cobertura Abierto distribuida en ambas provincias, pero con la mayor concentración en la provincia de Parinacota.

**Tabla 15: Superficie por clases de estructura, cobertura y altura para el Sub-Uso “Bosque Nativo” a nivel de provincia en la región de Arica y Parinacota.**

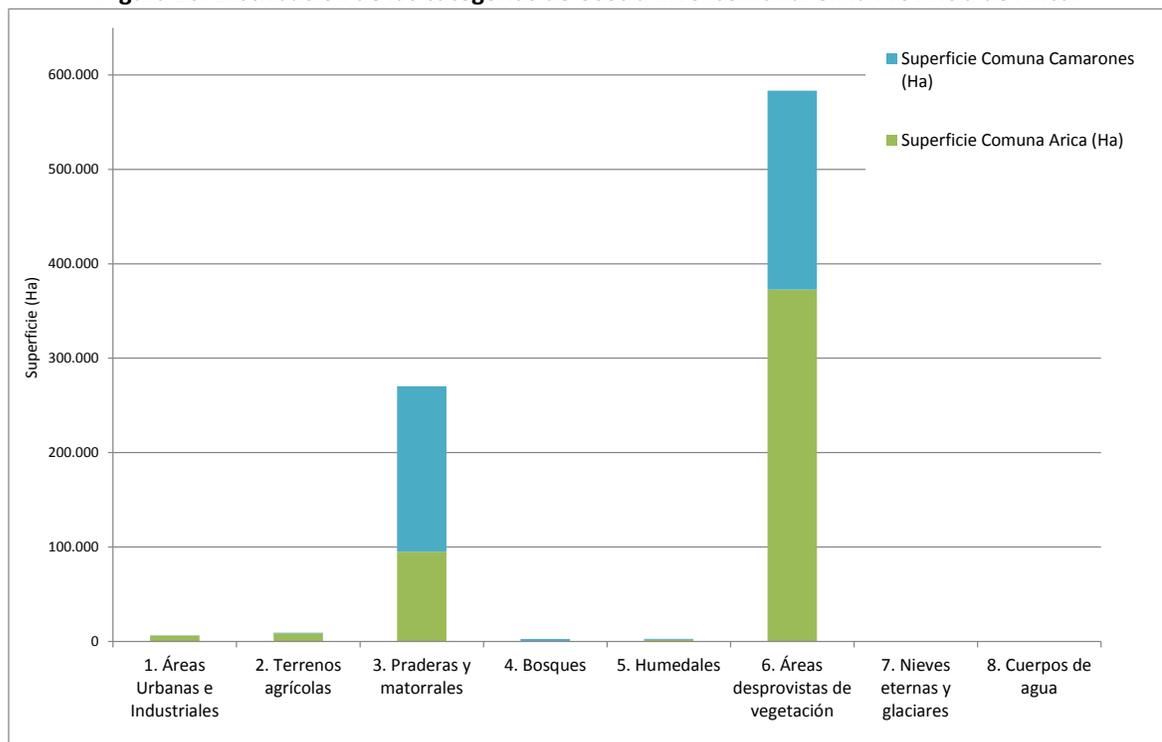
Sub-uso	Estructura	Cobertura	Altura (m)	Provincia de Arica	Provincia de Parinacota	Total Regional
Bosque nativo						
	Adulto/renoval			2.455,69	44.695,45	47.151,15
		Semidenso		0,70	752,92	753,61
			0-2	0,00	169,26	169,26
			2-4	0,70	583,66	584,36
		Abierto		1.771,54	27.006,68	28.778,21
			0-2	1.596,17	26.198,82	27.794,99
			2-4	175,36	807,86	983,22
		Muy abierto		683,46	16.935,86	17.619,32
			0-2	418,26	14.298,62	14.716,88
			2-4	265,20	2.418,21	2.683,41
			4-8	0,00	219,03	219,03
	<b>TOTAL (ha)</b>			<b>2.455,69</b>	<b>44.695,45</b>	<b>47.151,15</b>

### 5.2.1 Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota para el año 2014, Provincia de Arica.

A nivel de la Provincia de Arica, las categorías de Uso que presentan mayor superficie son “Áreas Desprovistas de Vegetación” con el 66,7% (582.532,84 ha) de la superficie provincial y “Praderas y Matorrales” con el 30,9% (270.242,02 ha) del total de la superficie de la provincia.

En el primer caso, la comuna de Arica concentra la mayor superficie desprovista de vegetación explicado por su mayor superficie total y porque en gran parte de ella se ubica el ambiente desierto absoluto. Por su parte, la comuna de Camarones es la que aporta mayormente al uso de “Praderas y Matorrales”, dada la mayor presencia de depresiones y valles. En la Figura 20 se presenta la distribución de los Usos en las comunas de la Provincia de Arica, en tanto que el detalle con la superficie y número de polígonos por uso y sub-uso a nivel comunal se presenta en Tabla .

**Figura 20: Distribución de las categorías de Usos a nivel comunal en la Provincia de Arica.**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 16: Detalle de Superficie y Número de Polígonos por Uso y Sub-Uso por Comuna para la Provincia de Arica.**

Uso	Sub-Uso	Comuna Arica		Comuna Camarones		Total Superficie Provincia Arica (Ha)
		Total Polígonos	Total Superficie (Ha)	Total Polígonos	Total Superficie (Ha)	
<b>1. Áreas Urbanas e Industriales</b>		<b>152</b>	<b>6.103,23</b>	<b>53</b>	<b>203,44</b>	<b>6.306,67</b>
	1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	150	5.981,12	53	203,44	6.184,56
	1.2 Minería industrial	2	122,11	0	0	122,11
<b>2. Terrenos agrícolas</b>		<b>139</b>	<b>8.644,60</b>	<b>54</b>	<b>632,80</b>	<b>9.277,40</b>
	2.1 Terrenos de uso agrícola	139	8.644,60	54	632,80	9.277,40
<b>3. Praderas y matorrales</b>		<b>342</b>	<b>95.012,08</b>	<b>670</b>	<b>175.229,93</b>	<b>270.242,02</b>
	3.1 Praderas	11	2.071,86	20	12.794,50	14.866,37
	3.2 Matorral Pradera	66	22.056,82	358	73.486,80	95.543,62
	3.3 Matorral	128	45.789,07	190	18.544,85	64.333,91
	3.4 Matorral Arborescente	3	178,41	0	0	178,41
	3.5 Matorral con Suculentas	45	23.354,30	98	69.681,47	93.035,77
	3.6 Formación de Suculentas	89	1.561,62	4	722,32	2.283,94
<b>4. Bosques</b>		<b>14</b>	<b>127,37</b>	<b>85</b>	<b>2.328,32</b>	<b>2.455,69</b>
	4.1 Plantación	0	0	0	0	0
	4.2 Bosque nativo	14	127,37	85	2.328,32	2.455,69
<b>5. Humedales</b>		<b>46</b>	<b>1.850,20</b>	<b>40</b>	<b>846,32</b>	<b>2.696,52</b>
	5.1 Vegetación herbácea a orilla de río	46	1.850,20	34	798,62	2.648,82
	5.5 Bofedal	0	0	2	21,07	21,07
	5.6 Vega	0	0	4	26,64	26,64
<b>6. Áreas desprovistas de vegetación</b>		<b>114</b>	<b>372.613,84</b>	<b>66</b>	<b>210.706,57</b>	<b>583.320,42</b>
	6.1 Playas y dunas	1	271,99	0	0	271,99
	6.2 Afloramientos rocosos	0	0	0	0	0
	6.3 Terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación	0	0	6	7.189,65	7.189,65
	6.4 Corridos de lava y escoriales	0	0	0	0	0
	6.6 Salar	0	0	0	0	0
	6.7 Otros sin vegetación	113	372.341,85	60	203.516,92	575.858,77
	6.8 Cajas de río	0	0	0	0	0
<b>7. Nieves eternas y glaciares</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	7.1 Nieves	0	0	0	0	0
<b>8. Cuerpos de agua</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>322,87</b>	<b>322,87</b>
	8.3 Lagos, Lagunas, Embalses	0	0	2	322,87	322,87
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>807</b>	<b>484.351,33</b>	<b>970</b>	<b>390.270,26</b>	<b>874.621,59</b>

Fuente: elaboración propia.

En relación con los otros Usos y Subusos, de acuerdo con lo presentado en la figura y tabla anterior, se observa que la comuna de Arica concentra la mayor cantidad superficie de uso y subusos del suelo con componente antrópico: “1. Áreas urbanas e industriales”: “Ciudades, pueblos, zonas industriales” y “Minería industrial”, y “2. Terrenos agrícolas” concentrando el 96,8% (6.103,23 ha) y el 93,2%

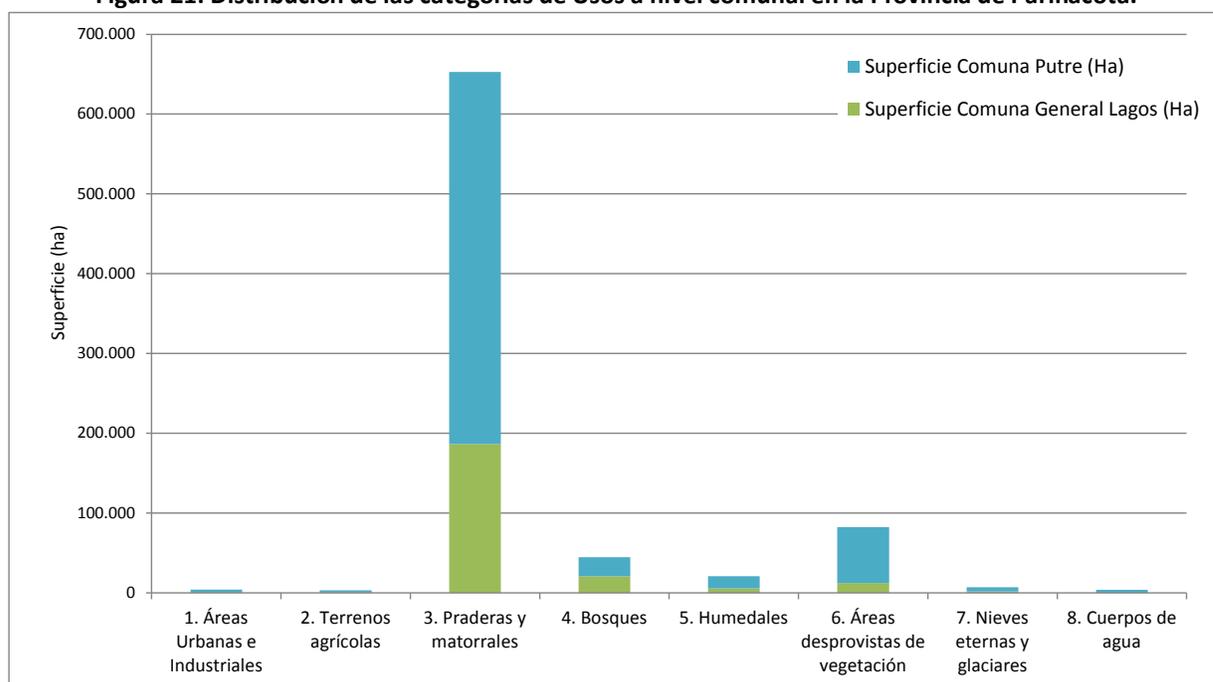
(8.644,60 ha) del total provincial respectivamente. Por su parte, destaca la comuna de Camarones por concentrar la mayor superficie del uso “4. Bosque” de la provincia con un 94,8% (2.455,69 ha), y por incluir las únicas unidades de “8. Cuerpos de agua” de la provincia. Finalmente, cabe señalar que en esta provincia no se detectaron unidades del uso “7. Nieves eternas y glaciares”.

### 5.2.2 Actualización del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de la Región de Arica y Parinacota para el año 2014, Provincia de Parinacota.

En la Provincia de Parinacota, las categorías de Uso que presentan mayor superficie son “Praderas y Matorrales” cubriendo el 79,6% (652.899,58 ha), “Áreas Desprovistas de Vegetación” con el 10,1% (82.532,84 ha) y Bosques con el 5,5% (44.716,2 ha) de la superficie de la provincia.

Para las tres categorías de Uso, es la comuna de Putre la que concentra la mayor superficie con 466.417,27 ha, 70.239,54 ha y 23.879,43 ha respectivamente. En la Figura 21 se presenta la distribución de los Usos en las comunas de la Provincia de Arica, en tanto que el detalle con la superficie y número de polígonos por uso y sub-uso a nivel comunal se presenta en Tabla .

**Figura 21: Distribución de las categorías de Usos a nivel comunal en la Provincia de Parinacota.**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 17: Detalle de Superficie y Número de Polígonos por Uso y Sub-Uso por Comuna para la Provincia de Parinacota.**

Uso	Sub-Uso	Comuna General Lagos		Comuna Putre		Total Superficie Provincia Parinacota (Ha)
		Total Polígonos	Total Superficie (Ha)	Total Polígonos	Total Superficie (Ha)	
<b>1. Áreas Urbanas e Industriales</b>		<b>39</b>	<b>415,63</b>	<b>28</b>	<b>3.855,11</b>	<b>4.270,74</b>
	1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	38	407,83	23	209,81	617,64
	1.2 Minería industrial	1	7,80	5	3.645,30	3.653,10
<b>2. Terrenos agrícolas</b>		<b>60</b>	<b>461,59</b>	<b>125</b>	<b>2.968,75</b>	<b>3.430,33</b>
	2.1 Terrenos de uso agrícola	60	461,59	125	2.968,75	3.430,33
<b>3. Praderas y matorrales</b>		<b>520</b>	<b>186.482,31</b>	<b>1.637</b>	<b>466.417,27</b>	<b>652.899,58</b>
	3.1 Praderas	11	1.816,12	172	69.765,73	71.581,85
	3.2 Matorral Pradera	405	160.637,88	954	311.283,73	471.921,61
	3.3 Matorral	71	21.292,03	318	53.794,35	75.086,38
	3.4 Matorral Arborescente	2	90,85	37	7.469,77	7.560,61
	3.5 Matorral con Suculentas	31	2.645,42	140	21.134,48	23.779,91
	3.6 Formación de Suculentas			16	2.969,22	2.969,22
<b>4. Bosques</b>		<b>211</b>	<b>20.836,80</b>	<b>425</b>	<b>23.879,43</b>	<b>44.716,24</b>
	4.1 Plantación	0	0	1	20,78	20,78
	4.2 Bosque nativo	211	20.836,80	424	23.858,65	44.695,45
<b>5. Humedales</b>		<b>253</b>	<b>5.765,97</b>	<b>513</b>	<b>15.297,26</b>	<b>21.063,24</b>
	5.1 Vegetación herbácea a orilla de río	0	0	0	0	0
	5.5 Bofedal	89	1.501,80	250	7.796,59	9.298,38
	5.6 Vega	164	4.264,18	263	7.500,68	11.764,86
<b>6. Áreas desprovistas de vegetación</b>		<b>71</b>	<b>12.293,30</b>	<b>140</b>	<b>70.239,54</b>	<b>82.532,84</b>
	6.1 Playas y dunas	0	0	0	0	0
	6.2 Afloramientos rocosos	2	21,59	4	57,81	79,40
	6.3 Terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación	16	9.066,05	64	45.036,82	54.102,86
	6.4 Corridos de lava y escoriales	0	0	3	696,25	696,25
	6.6 Salar	5	119,57	3	7.678,13	7.797,70
	6.7 Otros sin vegetación	26	2.980,66	66	16.770,54	19.751,21
	6.8 Cajas de río	22	105,42			105,42
<b>7. Nieves eternas y glaciares</b>		<b>4</b>	<b>1.776,69</b>	<b>7</b>	<b>5.332,43</b>	<b>7.109,13</b>
	7.1 Nieves	4	1.776,69	7	5.332,43	7.109,13
<b>8. Cuerpos de agua</b>				<b>48</b>	<b>3.835,80</b>	<b>3.835,80</b>
	8.3 Lagos, Lagunas, Embalses	0	0	48	3.835,80	3.835,80
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>1.158</b>	<b>228.032,29</b>	<b>2.923</b>	<b>591.825,59</b>	<b>819.857,89</b>

Fuente: elaboración propia.

### 5.2.3 Usos y Sub-Usos en las Áreas del SNASPE.

De acuerdo con la capa con los límites de las unidades del SNASPE de la Región de Arica y Parinacota entregada por CONAF, la región cuenta con una superficie de 365.335,8 ha (21,6% de la superficie regional) bajo alguna de las cuatro áreas del SNASPE: Parque Nacional Lauca, Reserva Nacional Las Vicuñas y Monumentos Naturales Salar de Surire y Quebrada de Cardones.

En términos de representatividad de las categorías de Uso al interior del SNASPE, es decir el porcentaje de superficie incluida en alguna de las áreas señaladas, el uso “Cuerpos de agua” es el más representado con un 86,9% de la superficie regional dentro del SNASPE, le siguen los usos “Nieves eternas y glaciares” (66,2%), “Humedales” (43,5%) y “Bosques” (33,8%). El detalle a nivel de Uso y Sub-Uso para la región se presenta en la Tabla.

**Tabla 18: Superficie del SNASPE por Uso y Sub-Uso, total regional y porcentaje representado en el SNASPE.**

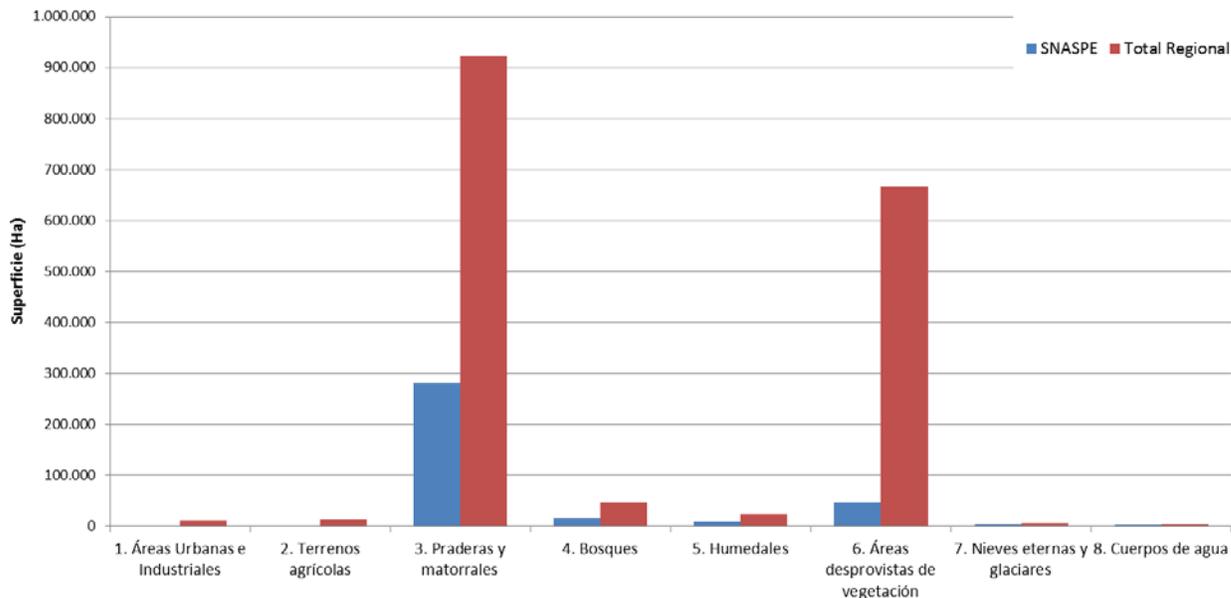
USO	SUB-USO	Total en el SNASPE (Ha)	Total Regional (ha)	Porcentaje Regional Representado en el SNASPE (%)
<b>1. Áreas Urbanas e Industriales</b>		<b>1.578,2</b>	<b>10.577</b>	<b>14,92%</b>
	1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	50,2	6.802	0,74%
	1.2 Minería industrial	1.528,0	3.775	40,48%
<b>2. Terrenos agrícolas</b>		<b>196,8</b>	<b>12.708</b>	<b>1,55%</b>
	2.1 Terrenos de uso agrícola	196,8	12.708	1,55%
<b>3. Praderas y matorrales</b>		<b>281.093,8</b>	<b>923.142</b>	<b>30,45%</b>
	3.1 Praderas	57.973,2	86.448	67,06%
	3.2 Matorral Pradera	203.733,3	567.465	35,90%
	3.3 Matorral	8.876,2	139.420	6,37%
	3.4 Matorral Arborescente	6.610,0	7.739	85,41%
	3.5 Matorral con Suculentas	3.901,1	116.816	3,34%
	3.6 Formación de Suculentas	0	5.253	0,00%
<b>4. Bosques</b>		<b>15.944,2</b>	<b>47.172</b>	<b>33,80%</b>
	4.1 Plantación	0	21	0,00%
	4.2 Bosque nativo	15.944,2	47.151	33,82%
<b>5. Humedales</b>		<b>10.334,1</b>	<b>23.760</b>	<b>43,49%</b>
	5.1 Vegetación herbácea a orilla de río	0	2.649	0,00%
	5.5 Bofedal	4.868,4	9.319	52,24%
	5.6 Vega	5.465,7	11.791	46,35%
<b>6. Áreas desprovistas de vegetación</b>		<b>47.865,3</b>	<b>665.853</b>	<b>7,19%</b>
	6.1 Playas y dunas	0	272	0,00%
	6.2 Afloramientos rocosos	13,2	79	16,69%
	6.3 Terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación	25.247,4	61.293	41,19%

USO	SUB-USO	Total en el SNASPE (Ha)	Total Regional (ha)	Porcentaje Regional Representado en el SNASPE (%)
	6.4 Corridas de lava y escoriales	665,2	696	95,58%
	6.6 Salar	5.600,3	7.798	71,82%
	6.7 Otros sin vegetación	16.339,2	595.610	2,74%
	6.8 Cajas de río	0	105	0,00%
<b>7. Nieves eternas y glaciares</b>		<b>4.707,6</b>	<b>7.109</b>	<b>66,22%</b>
	7.1 Nieves	4.707,6	7.109	66,22%
<b>8. Cuerpos de agua</b>		<b>3.615,7</b>	<b>4.159</b>	<b>86,94%</b>
	8.3 Lagos, Lagunas, Embalses	3.615,7	4.159	86,94%
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>365.335,7</b>	<b>1.694.479</b>	<b>21,56%</b>

Fuente: elaboración propia.

En términos de superficie, el uso “Praderas y matorrales” es el que tiene mayor participación en las áreas del SNASPE con 281.093,8 ha correspondiente al 76,9% del total de la superficie de las áreas SNASPE de la región, seguido de “Áreas desprovistas de vegetación” con 47.865,3 ha (13,1% del total SNASPE) y “Bosques” con 15.944,2 ha (4,4% del total SNASPE), tal como lo grafica la Figura 22.

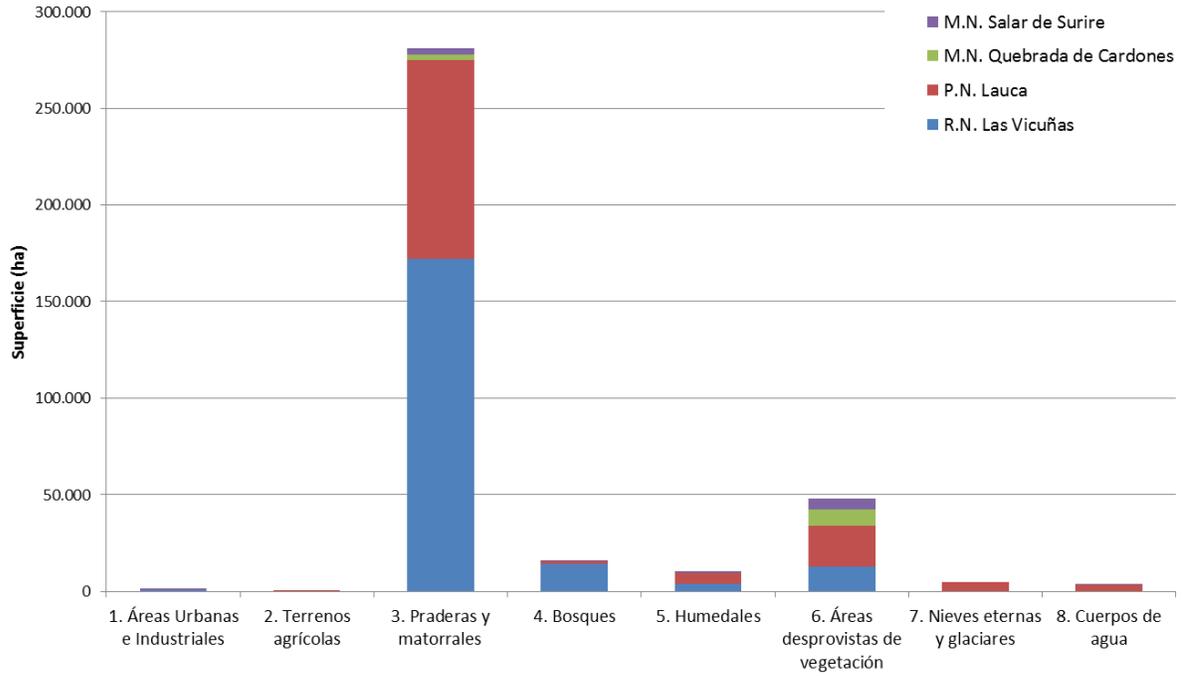
**Figura 22: Distribución de la superficie (ha) en las áreas SNAPE por categorías de Usos y relación con la superficie regional por Uso.**



Fuente: elaboración propia.

Del mismo modo, la Figura 23 grafica el aporte de cada unidad del SNASPE a los Usos de suelo, en tanto que en la Tabla se presenta en detalle la distribución de superficie por categoría de Uso y Sub-Uso en cada unidad.

**Figura 23: Aporte en superficie (ha) de las áreas del SNASPE por Uso.**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 19: Detalle de la superficie (ha) de las categorías de Uso y Sub-Uso en las áreas SNASPE de la Región de Arica y Parinacota y su representación en relación con la superficie regional.**

USO	SUB-USO	Monumento Natural Quebrada de Cardones	Monumento Natural Salar de Surire	Parque Nacional Lauca	Reserva Nacional Las Vicuñas	Total en el SNASPE (Ha)	Total Regional (ha)	Porcentaje Regional Representado en el SNASPE (%)
<b>1. Áreas Urbanas e Industriales</b>		<b>0</b>	<b>1.173,2</b>	<b>27,9</b>	<b>377,1</b>	<b>1.578,2</b>	<b>10.577</b>	<b>14,92%</b>
	1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	0	0	27,9	22,3	50,2	6.802	0,74%
	1.2 Minería industrial	0	1.173,2	0	354,8	1.528,0	3.775	40,48%
<b>2. Terrenos agrícolas</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>145,4</b>	<b>51,4</b>	<b>196,8</b>	<b>12.708</b>	<b>1,55%</b>
	2.1 Terrenos de uso agrícola	0	0	145,4	51,4	196,8	12.708	1,55%
<b>3. Praderas y matorrales</b>		<b>2.861,9</b>	<b>3.208,3</b>	<b>102.786,1</b>	<b>172.237,5</b>	<b>281.093,8</b>	<b>923.142</b>	<b>30,45%</b>
	3.1 Praderas	267,0	53,5	29.841,1	27.811,6	57.973,2	86.448	67,06%
	3.2 Matorral Pradera	1.271,9	3.151,9	62.627,0	136.682,5	203.733,3	567.465	35,90%
	3.3 Matorral	1.239,1	2,9	5.125,5	2.508,7	8.876,2	139.420	6,37%
	3.4 Matorral Arborescente	0	0	1.375,3	5.234,7	6.610,0	7.739	85,41%
	3.5 Matorral con Suculentas	83,9	0	3.817,2	0	3.901,1	116.816	3,34%
	3.6 Formación de Suculentas	0	0	0	0	0	5.253	0,00%
<b>4. Bosques</b>		<b>0</b>	<b>108,9</b>	<b>1.725,6</b>	<b>14.109,7</b>	<b>15.944,2</b>	<b>47.172</b>	<b>33,80%</b>
	4.1 Plantación	0	0	0	0	0	21	0,00%
	4.2 Bosque nativo	0	108,9	1.725,6	14.109,7	15.944,2	47.151	33,82%
<b>5. Humedales</b>		<b>0</b>	<b>960,1</b>	<b>5.253,2</b>	<b>4.120,9</b>	<b>10.334,1</b>	<b>23.760</b>	<b>43,49%</b>
	5.1 Vegetación herbácea a orilla de río	0	0	0	0	0	2.649	0,00%

USO	SUB-USO	Monumento Natural Quebrada de Cardones	Monumento Natural Salar de Surire	Parque Nacional Lauca	Reserva Nacional Las Vicuñas	Total en el SNASPE (Ha)	Total Regional (ha)	Porcentaje Regional Representado en el SNASPE (%)
	5.5 Bofedal	0	0	2.376,6	2.491,9	4.868,4	9.319	52,24%
	5.6 Vega	0	960,1	2.876,6	1.629,0	5.465,7	11.791	46,35%
<b>6. Áreas desprovistas de vegetación</b>		<b>8.464,4</b>	<b>5.576,7</b>	<b>21.123,5</b>	<b>12.700,6</b>	<b>47.865,3</b>	<b>665.853</b>	<b>7,19%</b>
	6.1 Playas y dunas	0	0	0	0	0	272	0,00%
	6.2 Afloramientos rocosos	0	0	13,2	0	13,2	79	16,69%
	6.3 Terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación	0	0	14.876,4	10.371,0	25.247,4	61.293	41,19%
	6.4 Corridos de lava y escoriales	0	0	665,2	0	665,2	696	95,58%
	6.6 Salar	0	5.576,7	4,2	19,3	5.600,3	7.798	71,82%
	6.7 Otros sin vegetación	8.464,4	0	5.564,5	2.310,3	16.339,2	595.610	2,74%
	6.8 Cajas de río	0	0	0	0	0	105	0,00%
<b>7. Nieves eternas y glaciares</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.487,8</b>	<b>219,8</b>	<b>4.707,6</b>	<b>7.109</b>	<b>66,22%</b>
	7.1 Nieves	0	0	4.487,8	219,8	4.707,6	7.109	66,22%
<b>8. Cuerpos de agua</b>		<b>0</b>	<b>312,4</b>	<b>3.258,0</b>	<b>45,3</b>	<b>3.615,7</b>	<b>4.159</b>	<b>86,94%</b>
	8.3 Lagos, Lagunas, Embalses	0	312,4	3.258,0	45,3	3.615,7	4.159	86,94%
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>11.326,3</b>	<b>11.339,6</b>	<b>138.807,5</b>	<b>203.862,3</b>	<b>365.335,7</b>	<b>1.694.479</b>	<b>21,56%</b>

Fuente: elaboración propia en base a capa de SNASPE entregada por CONAF.

Finalmente, la Tabla 20 presenta la distribución de superficies del uso “Bosque”, y puntualmente el Sub-Usos “Bosque Nativo”, en las áreas del SNASPE de la Región de Arica y Parinacota.

**Tabla 20: Superficie por clases de estructura, cobertura y altura para el Sub-Usos “Bosque Nativo” en las unidades del SNASPE.**

Sub-Usos	Estructura	Cobertura	Altura (m)	MN Quebrada de Cardones	MN Salar de Surire	PN Lauca	RN Las Vicuñas	Total en el SNASPE (ha)
Bosque nativo								
	Bosque Adulto/Renoval			0	108,9	1.725,6	14.109,7	15.944,2
		Abierto		0	108,9	1.172,0	7.394,6	8.675,5
			0-2	0	108,9	1.172,0	7.344,3	8.625,2
			2-4	0	0	0	50,3	50,3
	Muy Abierto			0	0	553,6	6.715,1	7.268,7
			0-2	0	0	490,0	6.529,9	7.019,9
			2-4	0	0	24,6	169,3	193,9
			4-8	0	0	39,0	15,9	55,0
<b>TOTAL (ha)</b>				<b>0</b>	<b>108,9</b>	<b>1.725,6</b>	<b>14.109,7</b>	<b>15.944,2</b>

Fuente: elaboración propia en base a capa de SNASPE entregada por CONAF.

### 5.3 Listado de Especies Dominantes Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos Región Arica y Parinacota.

A partir de la información de terreno se identificó y registró un total de 229 taxa (incluye especie, subespecie y variedad), las que corresponden a las entidades dominantes y aquellas clasificadas en algún estado de conservación con problemas de acuerdo con los D.S. 151/2007, D.S. 50/2008, D.S. 51/2008 y D.S. 23/2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; y los D.S. 33/2012, D.S. 41/2012, D.S. 42/2012, D.S. 19/2013 y D.S. 13/2013 del Ministerio del Medio Ambiente.

Producto del desarrollo del presente proyecto, se aumentó en 131 nuevas entidades la base de datos vigente al comienzo del estudio (fecha 25/03/2014). Para estas entidades fue necesario solicitar nuevos códigos, los que en algunos casos fueron de tres dígitos.

Junto con lo anterior, se detectaron tres casos de inconsistencia entre el código existente (base de datos 25/03/2014) respecto del tipo biológico de la entidad y las reglas de codificación establecidas por la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (CEPE/CNRS<sup>8</sup>; Etienne & Contreras 1981; Etienne & Prado 1982). En la Tabla se presentan los casos detectados y el código actualizado.

<sup>8</sup> Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques Louis Emberger/Centre National de la Recherche Scientifique. FRANCE.

**Tabla 21: Especies que se propone ajustar su código de acuerdo con tipo biológico.**

Nombre Entidad	Tipo Biológico	Código Actual	Código Actualizado
<i>Stipa rigidiseta</i> (Pilg.) Hitchc.	Herbácea	Ww	s18
<i>Glandularia gynobasis</i> (Wedd.) N. O'Leary & P. Peralta	Herbácea	Vy	v10
<i>Werneria aretioides</i> Wedd.	Herbácea	Wa	wc

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se actualizaron los nombres de trece (13) entidades, para las que sin embargo se mantuvo su código ya otorgado de modo que sea homologable con los Catastros anteriores y de otras regiones. Las actualizaciones se presentan en la Tabla .

**Tabla 22: Actualización de nombres y sinonimias utilizadas en el desarrollo de este proyecto.**

Nombre de especie en base de datos Catastro Arica y Parinacota	Nombre de especie en base de datos nacional en los Catastros con fecha 25/03/2014	Código
<i>Bromus berterioanus</i> Colla	bromus berterianus	bs
<i>Coreopsis fasciculata</i> Wedd.	coreopsis suaveolens	Xs
<i>Cumulopuntia sphaerica</i> (C.F. Först.) E.F. Anderson	opuntia berteriana	oB
<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i> S. González & Guagl.	eleocharis albibracteatus	el
<i>Glandularia gynobasis</i> (Wedd.) N. O'Leary & P. Peralta	verbena gynobasis	v10
<i>Morella pavonis</i> (C. DC.) Parra-O	myrica pavonis	MV
<i>Neuontobotrys lanata</i> (Walp.) Al-Shehbaz	sisymbrium foliosum	y5
<i>Phylloscirpus deserticola</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh.	scirpus deserticola	wñ
<i>Polylepis rugulosa</i> Bitter	polylepis besseri	QU
<i>Polylepis tarapacana</i> Phil.	polylepis tarapacana	QT
<i>Schinus areira</i> L.	schinus molle	SO
<i>Zameioscirpus atacamensis</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh.	scirpus atacamensis	st

Fuente: elaboración propia.

El listado nacional final de las especies dominantes para el Catastro de los Recursos Vegetacionales con la adición de las nuevas especies de Arica y Parinacota, y los ajustes de nomenclatura se adjunta en digital a este documento en el Anexo 5, en rojo se destacan los aportes del presente proyecto. Este mismo listado se utilizó para asignar los nombres comunes a las especies dominantes.

Por otro lado, en el Anexo 6, se adjunta en formato digital un manual de reconocimiento de terreno de las especies dominantes de la Región de Arica y Parinacota.

Finalmente, los Anexo 7, Anexo 8 y Anexo 9 presentan capas con la información específica de los humedales alto andinos, bosques de *Polylepis spp.* y formaciones de *Tillandsia spp.* respectivamente que corresponden a capas adicionales de formaciones de alto interés ofrecidas por Biota a CONAF.

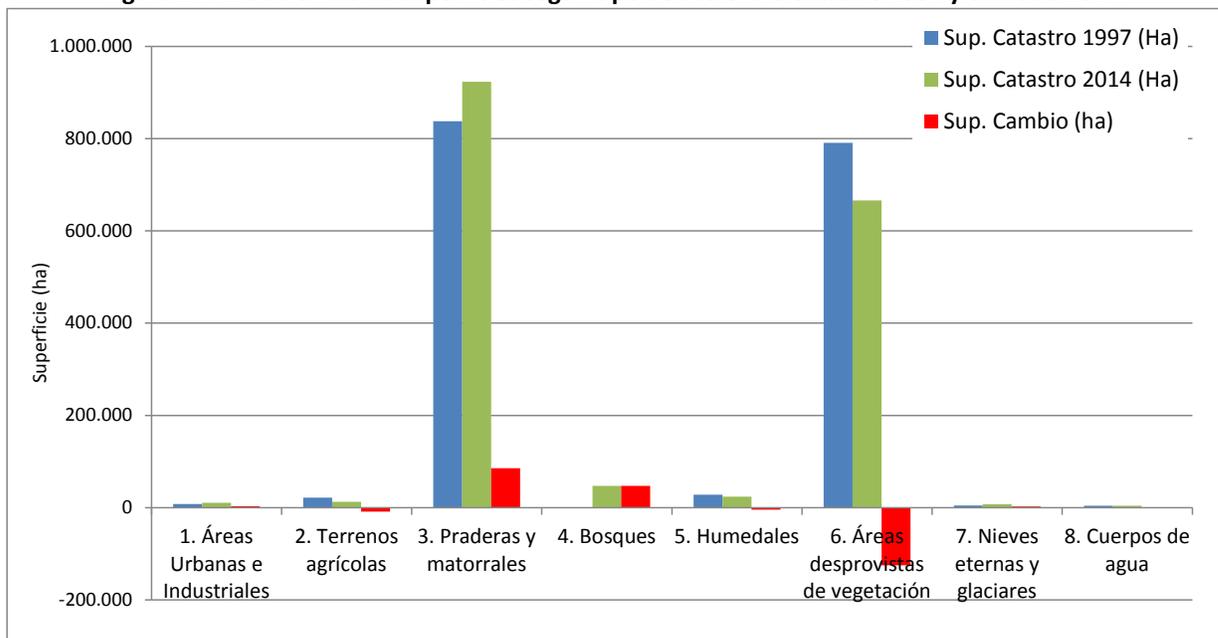
#### 5.4 Capa Espejo y Análisis de Cambio

A partir de la comparación entre la capa del Catastro 1997 (año base) y la de resultados del presente estudio, se analizó los cambios en los usos de suelo que reflejan ambas capas.

Teniendo presente los comentarios indicados en el punto 4.8 de este documento, los principales cambios en términos de superficie en los usos corresponden a “Áreas Desprovistas de Vegetación” que disminuyó en 124.938 ha según lo registrado el año 1997, y “Praderas y Matorrales” con un aumento de 85.449 ha respecto del año 1997, tal como se muestra en la Figura 24. En ambos casos, las cifras son fácilmente explicables dado el ajuste al sistema de clasificación de los usos, el cual incorporó aspectos de la ley 20.283, como la definición de bosque a partir del 10% de cubrimiento, y el establecer como cubrimiento mínimo de 5% para los usos con vegetación natural.

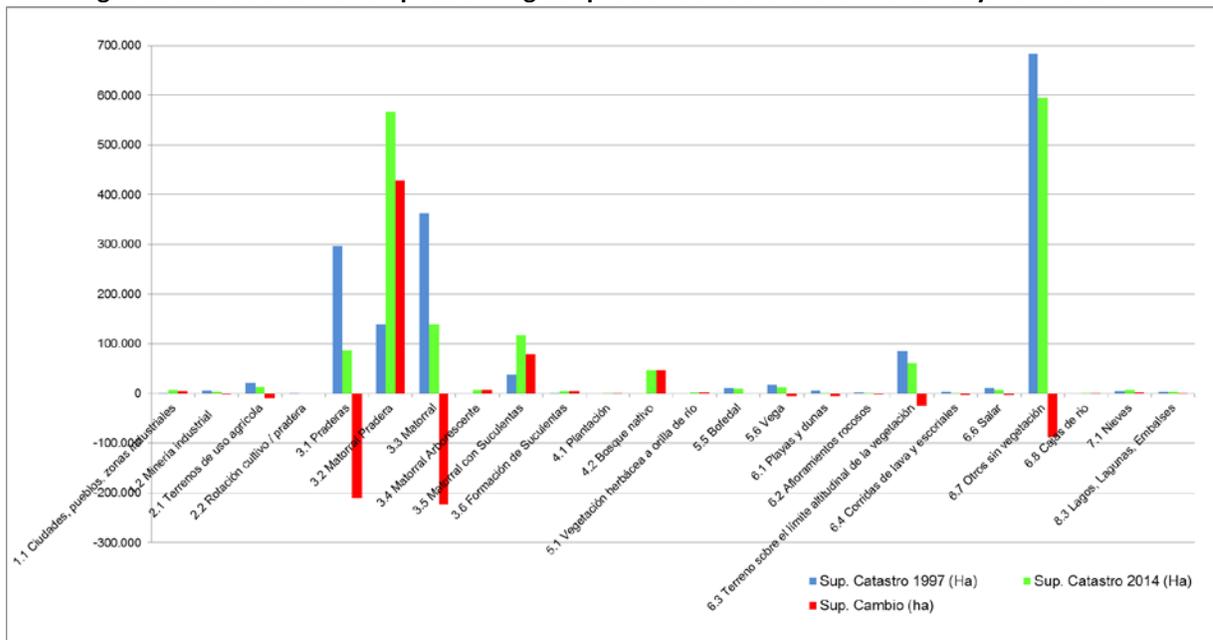
Del mismo modo, la Figura 25 muestra la variación en superficie a nivel de Sub-Usos entre el año 1997 y el año 2014.

**Figura 24: Evolución de las superficies según tipo de uso entre Catastro 1997 y Catastro 2014.**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25: Evolución de las superficies según tipo de Sub-Usos entre Catastro 1997 y Catastro 2014.



Fuente: elaboración propia.

La Tabla presenta los resultados del análisis de cambio de superficie de uso y subuso entre el Catastro 1997 y la clasificación digital (año 2014), en tanto que en el Anexo 3 se adjunta el SHP en formato digital de la capa espejo. Finalmente, la Tabla presenta la matriz de comparación de cambio de uso entre el Catastro 1997 y la clasificación digital 2014.

Tabla 23: Superficies por uso, subuso y cambio para Catastro 1997 y Catastro 2014, Región de Arica y Parinacota.

Uso	Sub-Usos	Catastro Año 1997		Catastro Año 2014		Sup. Cambio (Ha)
		Superficie (Ha)	% Del Total	Superficie (Ha)	% Del Total	
<b>1. Áreas Urbanas e Industriales</b>		<b>7.695</b>	<b>0,45%</b>	<b>10.577</b>	<b>0,62%</b>	<b>2.882</b>
	1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	1.541,41	0,09%	6.802	0,40%	5.261
	1.2 Minería industrial	6.153,71	0,36%	3.775	0,22%	-2.379
<b>2. Terrenos agrícolas</b>		<b>21.461,55</b>	<b>1,27%</b>	<b>12.708</b>	<b>0,75%</b>	<b>-8.754</b>
	2.1 Terrenos de uso agrícola	21.451,11	1,27%	12.708	0,75%	-8.743
	2.2 Rotación cultivo / pradera	10,44	0,00%		0,00%	-10
<b>3. Praderas y matorrales</b>		<b>837.693,00</b>	<b>49,44%</b>	<b>923.142</b>	<b>54,48%</b>	<b>85.449</b>
	3.1 Praderas	296.973,13	17,53%	86.448	5,10%	-210.525
	3.2 Matorral Pradera	139.357,91	8,22%	567.465	33,49%	428.107
	3.3 Matorral	362.912,46	21,42%	139.420	8,23%	-223.492
	3.4 Matorral Arborescente		0,00%	7.739	0,46%	7.739
	3.5 Matorral con Suculentas	38.128,20	2,25%	116.816	6,89%	78.687
	3.6 Formación de Suculentas	321,30	0,02%	5.253	0,31%	4.932

Uso	Sub-Uso	Catastro Año 1997		Catastro Año 2014		Sup. Cambio (Ha)
		Superficie (Ha)	% Del Total	Superficie (Ha)	% Del Total	
<b>4. Bosques</b>				<b>47.172</b>	<b>2,78%</b>	<b>47.172</b>
	4.1 Plantación			21	0,00%	21
	4.2 Bosque nativo			47.151	2,78%	47.151
<b>5. Humedales</b>		<b>28.170,37</b>	<b>1,66%</b>	<b>23.760</b>	<b>1,40%</b>	<b>-4.411</b>
	5.1 Vegetación herbácea a orilla de río		0,00%	2.649	0,16%	2.649
	5.5 Bofedal	10.372,82	0,61%	9.319	0,55%	-1.053
	5.6 Vega	17.797,56	1,05%	11.791	0,70%	-6.006
<b>6. Áreas desprovistas de vegetación</b>		<b>790.790,89</b>	<b>46,67%</b>	<b>665.853</b>	<b>39,30%</b>	<b>-124.938</b>
	6.1 Playas y dunas	5.752,92	0,34%	272	0,02%	-5.481
	6.2 Afloramientos rocosos	2.743,54	0,16%	79	0,00%	-2.664
	6.3 Terreno sobre el límite altitudinal de la vegetación	85.155,88	5,03%	61.293	3,62%	-23.863
	6.4 Corridos de lava y escoriales	3.637,19	0,21%	696	0,04%	-2.941
	6.6 Salar	10.951,48	0,65%	7.798	0,46%	-3.154
	6.7 Otros sin vegetación	682.549,87	40,28%	595.610	35,15%	-86.940
	6.8 Cajas de río		0,00%	105	0,01%	105
<b>7. Nieves eternas y glaciares</b>		<b>4.778,04</b>	<b>0,28%</b>	<b>7.109</b>	<b>0,42%</b>	<b>2.331</b>
	7.1 Nieves	4.778,04	0,28%	7.109	0,42%	2.331
<b>8. Cuerpos de agua</b>		<b>3.890,52</b>	<b>0,23%</b>	<b>4.159</b>	<b>0,25%</b>	<b>268</b>
	8.3 Lagos, Lagunas, Embalses	3.890,52	0,23%	4.159	0,25%	268
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>1.694.479</b>	<b>100 %</b>	<b>1.694.479</b>	<b>100 %</b>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 24: Matriz de movimiento de cambio superficie (ha) del uso de la tierra para Catastro 1997 y clasificación digital 2014, Región de Arica y Parinacota.**

	Uso Catastro 1997	Uso Clasificación 2014							Total General (ha)	Porcentaje Del Total (%)	
		1	2	3	4*	5	6	7			8
		Áreas Urbanas E Industriales	Terrenos Agrícolas	Praderas Y Matorrales	Bosques	Humedales	Áreas Desprovistas De Vegetación	Nieves Eternas Y Glaciares	Cuerpos De Agua		
1	Áreas Urbanas E Industriales	3.592,8		1.494,7	68,8	434,8	2.074,1	0	29,9	7.695,1	0,5
2	Terrenos Agrícolas	1.133,1	8.039,3	5.920,9	38,3	1.943,0	4.387,0	0	0	21.461,5	1,3
3	Praderas Y Matorrales	630,4	1.685,1	756.264,5	37.354,8	8.338,0	33.217,6	5,6	197,0	837.693,0	49,4
4	Bosques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Humedales	75,8	285,1	15.954,9	485,3	10.678,7	453,3		237,3	28.170,4	1,7
6	Áreas Desprovistas De Vegetación	5.144,8	2.698,3	143.055,6	9.017,3	2.278,4	624.199,2	3.736,8	660,5	790.790,9	46,7
7	Nieves Eternas Y Glaciares	0	0	0	207,4	5,6	1.198,3	3.366,7	0	4.778,0	0,3
8	Cuerpos De Agua	0,5		451,1		81,2	323,6	0	3.034,0	3.890,5	0,2
<b>Total General (ha)</b>		<b>10.577,4</b>	<b>12.707,7</b>	<b>923.141,6</b>	<b>47.171,9</b>	<b>23.759,8</b>	<b>665.853,3</b>	<b>7.109,1</b>	<b>4.158,7</b>	<b>1.694.479,5</b>	<b>100,0</b>
<b>Porcentaje Del Total (%)</b>		<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>54,5</b>	<b>2,8</b>	<b>1,4</b>	<b>39,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>100,0</b>	

Fuente: elaboración propia.

## 6 CONCLUSIONES

El presente estudio consideró el levantamiento de información y su presentación en los formatos establecidos por la Corporación Nacional Forestal, se puede concluir que sus objetivos fueron cumplidos, generando una cartografía actualizada del Catastro Vegetacional a una escala 1:50.000, empleando la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (COT), se actualizó el listado de especies dominantes para la región, y se monitorearon los cambios del uso de la tierra al año 2014 para la Región de Arica y Parinacota.

En base a lo anterior se generó una capa en formato SHP con un total de 5.858 polígonos que cubren una superficie de 1.694.479 ha. A partir de la caracterización de terreno del 33,25% del total de unidades, fue posible atribuir el total de la región en ocho categorías de Usos de suelo y 23 de Sub-Uso, según se ha indicado en el capítulo 5 de este documento y en los anexos que lo respaldan.

A partir de la ejecución del presente estudio, a juicio de Biota el proceso de clasificación digital como apoyo a la definición y atribución de polígonos, en el caso de la Región de Arica y Parinacota, presenta fuertes limitaciones dado principalmente por la alta convergencia radiométrica que presentaron algunas de las clases temáticas, en especial el caso de los sustratos con la vegetación de los bajos cubrimientos, situación frecuente en la vegetación en este tipo de ambientes áridos.

Por lo anterior, se recomienda que en las futuras actualizaciones del catastro se considere que la actividad de clasificación digital sea utilizada principalmente como un apoyo, dado que se requiere aún más desarrollo para ser implementada en este tipo ambiente, producto principalmente por las convergencias señaladas. Al respecto, considerando que la presente base de datos del Catastro declara cuales son unidades visitadas en terreno y cuales extrapoladas (Campo "Tipo\_Poli" igual 0 para los polígonos extrapolados y 1 para los de terreno), se propone considera en las próximas actualizaciones promover que el muestreo incluya áreas extrapoladas, pudiendo fortalecer en conjunto con las unidades de terreno del presente Catastro una base de datos que aporte a generar los algoritmos de ajuste necesario y, mediante mejoras sucesivas llegar a niveles de definición aceptables a partir de imágenes remotas para la Región de Arica y Parinacota, y en general para el resto de las regiones en ambientes áridos y semiáridos.

En relación con los resultados obtenidos en la presente actualización, destaca la aparición del uso "Bosque" en la región, lo que se debe a la incorporación de la definición establecida en la Ley 20.283 en el sistema de clasificación de los usos implementado en esta actualización. Así, se ajustó la definición de bosque para todas aquellas situaciones donde la estrata arbórea fuera superior a 10% de cubrimiento, a diferencia del criterio utilizado en el Catastro de 1997 donde se debía cumplir con un cubrimiento mayor al 25% de la estrata leñosa.

Si bien era de esperar que la superficie definida como bosque por el presente catastro proviniera principalmente de polígonos clasificados como "Matorral y Pradera", en este último uso también se produjo un aumento de superficie el cual se explica por otro ajuste en sistema de clasificación, donde se estableció la presencia de un 5% de cobertura para definir el umbral del uso "Áreas desprovistas de vegetación", en comparación con el 10% de cobertura utilizado en el Catastro del año 1997.

Finalmente, y en relación con la metodología de trabajo, cabe destacar la activa participación de la contraparte técnica durante todo el proceso de desarrollo del presente estudio, en particular hay que señalar su involucramiento al momento de ajustar la metodología de trabajo, en relación con el manejo de las imágenes, actualizando el sistema de clasificación con la incorporación de los aspectos de la Ley 20.283 con la definición de bosques y otros ajustes que permiten representar de mejor manera la vegetación de los ambientes áridos y semiáridos de nuestro país.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

CONAF – CONAMA – BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe con variables ambientales. 49 p y Anexo

Chavez, P. Jr. 1996. Image based atmospheric corrections - revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62: 1025-1036.

Chuvienco, E. 2002. *Teledetección Ambiental*. Ariel Ciencia. España. 586p.

Etienne, M & D. Contreras. 1981. Cartografía de la vegetación y sus aplicaciones en Chile. *Bol. Téc.* 46. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Univ. de Chile 27 p. 10 cartas.

Etienne, M. & C. Prado. 1982. Descripción de la vegetación mediante la Carta de Ocupación de Tierras. *Publicaciones Misceláneas* 9. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Univ. de Chile.

Marticorena, C. & M. Quezada. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42: 5-157.

Morton J. C. 2006. *Image Analysis, Classification and Change Detection in Remote Sensing*. 368pp. Editorial: Taylor & Francis

Richards J.A. 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag, Berlin, p. 240.

Zuloaga, F.O., O. Morrone & M.J. Belgrano (eds.). 2008a. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Volumen 1. Pteridophyta, Gymnospermae y Monocotyledonae. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107: 1-983.

Zuloaga, F.O., O. Morrone & M.J. Belgrano (eds.). 2008b. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Volumen 2. Dicotyledonae: Acanthaceae - Fabaceae (Abarema-Schizolobium). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107: 985-2286.

Zuloaga, F.O., O. Morrone & M.J. Belgrano (eds.). 2008c. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Volumen 3. Dicotyledonae: Fabaceae (Senna-Zygia) -Zygophyllaceae. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 107: 2287-3348.

# ANEXOS

**Anexo 1:** SHP Catastro año 1997 ajustado y corregido geométricamente.  
*Se adjunta en formato digital.*

**Anexo 2:** SHP final Catastro de Recursos Vegetacionales Región de Arica y Parinacota año 2014.  
*Se adjunta en formato digital.*

**Anexo 3:** SHP Capa espejo.  
*Se adjunta en formato digital.*

**Anexo 4:** Sistema de clasificación de uso y subuso de suelo utilizado en el Catastro de Recursos Vegetacionales Región de Arica y Parinacota año 2014.

Categoría de Uso	Clase de Cobertura	% Recubrimiento por Tipo Biológico			
		Árboles	Arbustos	Herbáceas	Suculentas
<b>1 Áreas Urbanas e Industriales</b>					
1.1 Ciudades, pueblos, zonas industriales	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
1.2 Minería industrial					
<b>2 Terrenos Agrícolas</b>					
2.1 Terrenos de uso agrícola	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
2.2 Rotación cultivo / pradera					
<b>3 Praderas y Matorrales</b>					
3.1 Praderas					
3.1.1 Estepa altiplánica	n.a.	< 5	< 5	> = 5	n.a.
3.1.2 Estepa andina norte					
3.1.3 Praderas anuales					
3.1.4 Praderas perennes					
3.2 Matorral Pradera					
	denso	<5	>75	>10	n.a.
	semidenso	<5	50-75	>10	n.a.
	abierto	<5	25-50	>10	n.a.
	muy abierto	<5	10-25	>10	n.a.
	escaso	<5	5-10	>10	n.a.
3.3 Matorral					
	denso	<5	>75	<10	n.a.
	semidenso	<5	50-75	<10	n.a.
	abierto	<5	25-50	<10	n.a.
	muy abierto	<5	10-25	<10	n.a.
	escaso	<5	5-10	<10	n.a.
3.4 Matorral Arborescente (Matorral con árboles > 2 m de altura)					
	denso	5-10	>75	>5	n.a.
	semidenso	5-10	50-75	>5	n.a.
	abierto	5-10	25-50	>5	n.a.
	muy abierto	5-10	10-25	>5	n.a.
	escaso	5-10	5-10	>5	n.a.
3.5 Matorral con Suculentas (Presencia de suculentas > 5 %)					
	denso	<5	>75	>5	>5
	semidenso	<5	50-75	>5	>5
	abierto	<5	25-50	>5	>5
	muy abierto	<5	10-25	>5	>5
	escaso	<5	5-10	>5	>5
3.6 Formación de Suculentas (Presencia de suculentas > 5 %)					
	denso	<5	<5	>5	>75
	semidenso	<5	<5	>5	50-75
	abierto	<5	<5	>5	25-50
	muy abierto	<5	<5	>5	10-25
	escaso	<5	<5	>5	5-10
3.7 Plantación de Arbustos					
	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>4 Bosques</b>					
4.1 Plantación					
4.1.1 Plantación adulta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4.1.2 Plantación joven o recién cosechada					
4.1.3 Bosque de exóticas asilvestradas					
4.2 Bosque Nativo					

Categoría de Uso	Clase de Cobertura	% Recubrimiento por Tipo Biológico			
		Árboles	Arbustos	Herbáceas	Suculentas
<b>4.2.1 Bosque Nativo adulto</b>					
4.2.1.1 Bosque Nativo adulto	denso	>75	>5	>5	n.a.
4.2.1.2 Bosque Nativo adulto	semidenso	50-75	>5	>5	n.a.
4.2.1.3 Bosque Nativo adulto	abierto	25-50	>5	>5	n.a.
4.2.1.4 Bosque Nativo adulto	muy abierto	10-25	>5	>5	n.a.
<b>4.2.2 Renoval</b>					
4.2.2.1 Renoval	denso	>75	>5	>5	n.a.
4.2.2.2 Renoval	semidenso	50-75	>5	>5	n.a.
4.2.2.3 Renoval	abierto	25-50	>5	>5	n.a.
4.2.2.4 Renoval	muy abierto	10-25	>5	>5	n.a.
<b>4.2.3 Bosque adulto / renoval</b>					
4.2.3.1 Bosque Adulto/Renoval	denso	>75	>5	>5	n.a.
4.2.3.2 Bosque Adulto/Renoval	semidenso	50-75	>5	>5	n.a.
4.2.3.3 Bosque Adulto/Renoval	abierto	25-50	>5	>5	n.a.
4.2.3.4 Bosque Adulto/Renoval	muy abierto	10-25	>5	>5	n.a.
<b>4.2.4 Bosques achaparrados</b>					
4.2.4.1 Bosques achaparrados	denso	>75	>5	>5	n.a.
4.2.4.2 Bosques achaparrados	semidenso	50-75	>5	>5	n.a.
4.2.4.3 Bosques achaparrados	abierto	25-50	>5	>5	n.a.
4.2.4.3 Bosques achaparrados	muy abierto	10-25	>5	>5	n.a.
<b>4.3 Bosques Mixtos</b>					
4.3.1.1 Bosque nativo / Plantación	denso	>75	>5	>5	n.a.
4.3.1.2 Bosque nativo / Plantación	semidenso	50-75	>5	>5	n.a.
4.3.1.3 Bosque nativo / Plantación	abierto	25-50	>5	>5	n.a.
4.3.1.4 Bosque nativo / Plantación	muy abierto	10-25	>5	>5	n.a.
<b>4.3.2 Bosque nativo con exóticas asilvestradas</b>					
4.3.2.1 Bosque nativo con exóticas asilvestradas	denso	>75	>5	>5	n.a.
4.3.2.2 Bosque nativo con exóticas asilvestradas	semidenso	50-75	>5	>5	n.a.
4.3.2.3 Bosque nativo con exóticas asilvestradas	abierto	25-50	>5	>5	n.a.
4.3.2.4 Bosque nativo con exóticas asilvestradas	muy abierto	10-25	>5	>5	n.a.
<b>5 Humedales</b>					
5.1 Vegetación Herbácea en orillas de ríos	n.a.	< 10	>5	>5	n.a.
5.2 Marismas Herbáceas					
5.3 Ñadis Herbáceos y Arbustivos					
5.4 Turbales					
5.5 Bofedales					
5.6 Vegas					
5.7 Otros terrenos húmedos					
<b>6 Áreas Desprovistas de Vegetación</b>					
6.1 Playas y Dunas	n.a.	<5	<5	<5	<5
6.2 Afloramientos Rocosos					
6.3 Terrenos Sobre el Límite Altitudinal de la vegetac.					
6.4 Corridos de Lava y Escoriales					
6.5 Derrumbes Sin Vegetación					

Categoría de Uso	Clase de Cobertura	% Recubrimiento por Tipo Biológico			
		Árboles	Arbustos	Herbáceas	Suculentas
6.6 Salares					
6.7 Otros Sin Vegetación					
6.8 Cajas de Río					
<b>7 Nieves Eternas y Glaciares</b>					
7.1 Nieves					
7.2 Glaciares	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7.3 Campos de Hielo					
<b>8 Cuerpos de Agua</b>					
8.1 Mar					
8.2 Ríos	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
8.3 Lagos, Lagunas, Embalses					n.a.
<b>9 Áreas No Reconocidas</b>					
9.1 Áreas de Acceso Restringido					
9.2 Sin Cobertura Aerofotográfica	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

**Anexo 5:** Listado de especies dominantes y su codificación Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile Versión 21 de Agosto 2014 (21082014)

*Se adjunta en formato digital.*

**Anexo 6:** Manual de reconocimiento de especies dominantes.

*Se adjunta en formato digital.*

**Anexo 7:** Capa de humedales altoandinos Región de Arica y Parinacota.

*Se adjunta en formato digital.*

**Anexo 8:** Capa de bosques de *Polylepis spp.* Región de Arica y Parinacota.

*Se adjunta en formato digital.*

**Anexo 9:** Capa de formaciones de *Tillandsia spp.* Región de Arica y Parinacota.

*Se adjunta en formato digital.*



---

**MONITOREO DE CAMBIOS, CORRECCIÓN  
CARTOGRÁFICA, Y ACTUALIZACIÓN DEL  
CATASTRO DE LOS RECURSOS  
VEGETACIONALES NATIVOS DE LA  
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA**

**Informe Final**

---