



Análisis de las zonas sensibles de monitoreo ambiental de los recursos de vegetación azonal hídrica terrestre en las cuencas de Río Blanco, Estero Riecillo, Estero San Francisco (parte), Estero Arrayán y Estero Colina.

INFORME FINAL



**CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN AEROSPAACIAL
ÁREA AMBIENTAL**

SANTIAGO, 24 SEPTIEMBRE 2012



Análisis de las zonas sensibles de monitoreo ambiental de los recursos vegetación azonal hídrica terrestre en las cuencas de Río Blanco, Estero Riecillo, estero San Francisco (parte), estero Arrayán y Estero Colina.

Elaborado por:

**CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN AEROSPAZIAL
AREA AMBIENTAL**



EQUIPO DE TRABAJO

Roberto Castro Ríos; Ingeniero Forestal.
Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental.
Universidad Politécnica de Cataluña – España.

Viviana Maturana Nanjari; Bióloga.
Máster en Restauración de Ecosistemas.
Universidad de Alcalá de Henares - España

Pamela Ríos Vera; Cartógrafa.
Magíster (c) en Medio Ambiente, Mención:
Gestión y Planificación Ambiental del Territorio. USACH.

Contraparte Técnica:
Mario Ahumada C. Ingeniero Agrónomo.
Magister en Medio Ambiente y Desarrollo
SAG- DIPROREN

SANTIAGO, 24 de SEPTIEMBRE 2012

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	6
2. AREA DE ESTUDIO	8
3. METODOLOGIA	16
3.1 Recopilación de antecedentes, adquisición de datos satelitales y espacialización de la información	17
3.2 Corrección de imágenes satelitales, cartografía base y derivada	18
3.2.1 Cartografía base	18
3.2.2 Corrección de imágenes	18
3.2.3 Cartografía derivada de pendiente, exposición y altitud	19
3.3 Caracterización de las cuencas	19
3.4 Ubicación y caracterización de vegetación azonal	25
3.4.1 Obtención de índices espectrales	25
3.4.2 Identificación y caracterización de unidades de vegetación azonal	26
3.5 Análisis multitemporal de las unidades de vegetación azonal y cambios de uso del suelo	28
3.5.1 Cambios en las unidades de vegetación azonal	28
3.5.2 Cambios de Uso del Suelo 1986-2012.	29
3.6 Ubicación y características de actividades e intervenciones del territorio	29
3.7 Ubicación de centros poblados y conectividad	30
3.8 Análisis de vulnerabilidad y riesgo	30
3.9 Análisis de impactos en unidades de vegetación azonal	32
3.10 Análisis de las medidas de mitigación de los EIA.	32
3.11 Erosión	32
3.12 Estructuración del SIG	32
4. RESULTADOS	33
4.1 Caracterización de cuencas	33

4.2	Ubicación y caracterización de la vegetación azonal	38
4.2.1	Pre -procesamiento de datos satelitales	38
4.2.2	Cuantificación y distribución de unidades de vegetación azonal por grupos fisionómicos	39
4.2.2.1	Identificación de unidades vegetales azonales y cuerpos de agua	39
4.2.2.2	Vegetación azonal, composición florística, grupos fisionómicos y singularidad y tamaño de unidades	43
4.2.2.3	Vegetación azonal distribuida por variables físico ambientales	48
4.3	Análisis multitemporal	58
4.3.1	Imágenes de cambios anuales	58
4.3.2	Tendencia de la serie de NDVI	63
4.3.2.1	Clases de Índice de Verdor Relativo (IVR) de la vegetación azonal	63
4.3.2.2	Clases de Índice de Decremento de Verdor (IDV) de la vegetación azonal.	64
4.3.3	Reducción de unidades de vegetación azonal entre el año 1986 y 2012	67
4.4	Obras e infraestructura asociada	69
4.4.1	Resumen de los proyectos analizados	69
4.4.2	Espacialización de mineroducto, línea de transmisión eléctrica, principales obras y áreas de influencia de EIA.	75
4.5	Análisis de vulnerabilidad y riesgo de la vegetación azonal	80
4.5.1	Amenaza, naturalidad asignada a cada unidad de vegetación azonal	81
4.5.2	Índice total de vulnerabilidad de la vegetación azonal	81
4.5.3	Riesgo de la vegetación azonal	82
4.6	Análisis de las medidas de seguimiento de los proyectos ingresados al SEA, relacionadas al territorio en estudio.	83
4.6.1	Cuenca: Estero Riecillo	83
4.6.2	Cuenca: Estero Arrayan.	90
4.6.3	Cuenca: Río San Francisco	94
4.6.4	Cuenca: Río Blanco	101
4.7	Análisis de medidas de seguimiento de los proyectos EIA.	103

4.7.1	PROYECTO: Desarrollo los Bronces.	104
4.7.2	PROYECTO: Evaluación de Impacto ambiental Expansión División Andina. CODELCO.	105
4.7.3	PROYECTO: EIA- "Disposición de Lastre y Sistema de Manejo de Drenajes. CODELCO División Andina.	106
4.7.4	PROYECTO: Proyecto Línea Transmisión Eléctrica 220 kV Polpaico – Confluencia.	107
4.7.5	PROYECTO: Obras complementarias Proyecto Expansión División Andina para Ampliación Intermedia a 92 ktpd.	108
4.7.6	PROYECTO: Optimización y mejoramiento al sistema de transporte de pulpa del proyecto Desarrollo Los Bronces.	109
4.7.7	PROYECTO: DIA-Línea de Transmisión Eléctrica 220 Kv Maitenes-Confluencia. Anglo American.	109
4.7.8	PROYECTO: EIA- Proyecto Despacho de Drenajes de Botaderos para Utilización Externa.	110
4.7.9	Análisis general.	111
4.8	Uso del suelo años 1986 y 2012	112
4.8.1	Uso del suelo año 1986	112
4.8.2	Uso del suelo año 2012	114
4.8.3	Cambios de uso del suelo entre el año 1986 y 2012.	115
4.9	Erosión.	116
4.10	SIG	118
5.	CONCLUSIONES	121
	REFERENCIAS	125
	ANEXOS	127
	- 1. Campos (atributos) de las principales coberturas del SIG.	
	- 2. Quick look de imágenes satelitales utilizadas.	
	- 3. Cartografía de formaciones vegetacionales azonales (1: 30.000).	
	- 4. Cartografía de riesgo de las unidades de vegetación azonal (1: 30.000).	

INTRODUCCIÓN

Las intervenciones territoriales, especialmente las de origen antrópico, en las cuencas aledañas a la región Metropolitana, incluyendo las cuencas de la región de Vaparaíso (estero Blanco y Riecillo), son dinámicas e impactan directamente o indirectamente las variables ambientales bióticas, de tal forma que la aplicación de herramientas de sistemas de información geográfica, permiten elaborar sistemas integrados de datos y obtener información ambiental relevante, cuya actualización, mediante técnicas de teledetección, permite determinar los cambios que han ocurrido entre la situación con y sin proyecto, ubicarlos, cuantificarlos, conocer la tendencia y tomar las medidas de mitigación correspondientes.

El presente informe correspondiente a los resultados del estudio "Análisis de las zonas sensibles de monitoreo ambiental de los recursos vegetación azonal hídrica terrestre en las cuencas de río Blanco, estero Riecillo, cuenca alta del estero San Francisco, estero Arrayán y estero Colina" se da de la intervenciones realizadas en el área de estudio, asociadas a la vegetación azonal hídrica, por las actividades productivas que sedesarrollan, correspondiente preferencialmente a la minera y ganadera. Así, se da cuenta de la obtención de los productos esperados, que son los siguientes:

- a) Un SIG con la ubicación espacial (a escala 1: 30.000) de las obras y actividades que se desarrollan por los proyectos, con la ubicación y descripción preliminar de las zonas sensibles en cada cuenca, incluyendo como base la hidrología, caminos, curvas de nivel (equidistancia 25 m), pendiente, exposiciones, hipsometría.
- b) Identificación y análisis multitemporal de los cambios de la vegetación azonal hídrica terrestre (según importancia biológica y ambiental de las formaciones existentes) y del uso del suelo, especialmente cultivos.
- c) Cartografía del área de estudio respecto a las actividades que se desarrollan en las cuencas analizadas y respecto a los cambios transcurridos en los últimos 10 años, con identificación de las zonas que han sido más sensible al uso actual del territorio.
- d) Análisis de la información levantada, especialmente aquellas que quedan sujetas a medidas de seguimiento de proyectos que han ingresado al SEIA y cambios en el uso del territorio.
- e) Análisis de vulnerabilidad y riesgo de la vegetación azonal, con determinación de áreas sensibles o puntos críticos.
- f) Evaluación final de la calidad actual de los recursos y cartografía digital y una propuesta de seguimiento con indicaciones metodológicas para

aquellas variables con mayor sensibilidad a la presión de uso de la zona de estudio.

Los resultados esperados responden a los siguientes objetivos del proyecto:

OBJETIVOS

a) Realizar un análisis histórico y sistematización de información levantada en el área de estudio que permita elaborar una herramienta territorial de gestión territorial ambiental que contemple los siguientes aspectos:

b) Identificar las zonas sensibles de los impactos de las actividades de proyectos desarrollados en su conjunto y uso actual del territorio en las cuencas indicadas en los recursos vegetacionales azonales hídricos terrestres y cultivos en zonas aledañas.

c) Analizar con base en imágenes satelitales los cambios generales en las cuencas y en las zonas sensibles, el comportamiento de la vegetación azonal hídrica terrestre y cultivos, considerando, a lo menos, una fecha anterior a las obras y tres en forma posterior.

d) Realizar un análisis de vulnerabilidad de los recursos vegetacionales hídricos terrestres considerando las variables geofísicas, hidrografía y poblacionales involucradas en cada caso.

e) Espacializar los resultados en un SIG y proponer medidas de mitigación, si fuere el caso.

El desarrollo de este informe final da cuenta de las variables físico ambientales, la sistematización de la información en un SIG, la determinación del riesgo de la vegetación azonal en el área de estudio, de la espacialización de las obras y de las áreas de influencia de las actividades mineras, de los impactos que se producen en la vegetación azonal y de las medidas de mitigación que se sugieren en cada caso. Con todo, se da cumplimiento a la propuesta técnica presentada para este estudio.

1. AREA DE ESTUDIO.

El área de estudio comprende las cuencas de los esteros río Blanco, estero Riecillo, cuenca alta del estero San Francisco, estero Arrayán y estero Colina, que en conjunto definen una superficie 137.450,7 hectáreas y se ubican entre las siguientes coordenadas (WGS84-huso 19S) (Figura N° 1):

- Vertice superior izquierdo: 331.781, 6.358.600
- Vertice inferior derecho: 398.109, 6.306.867

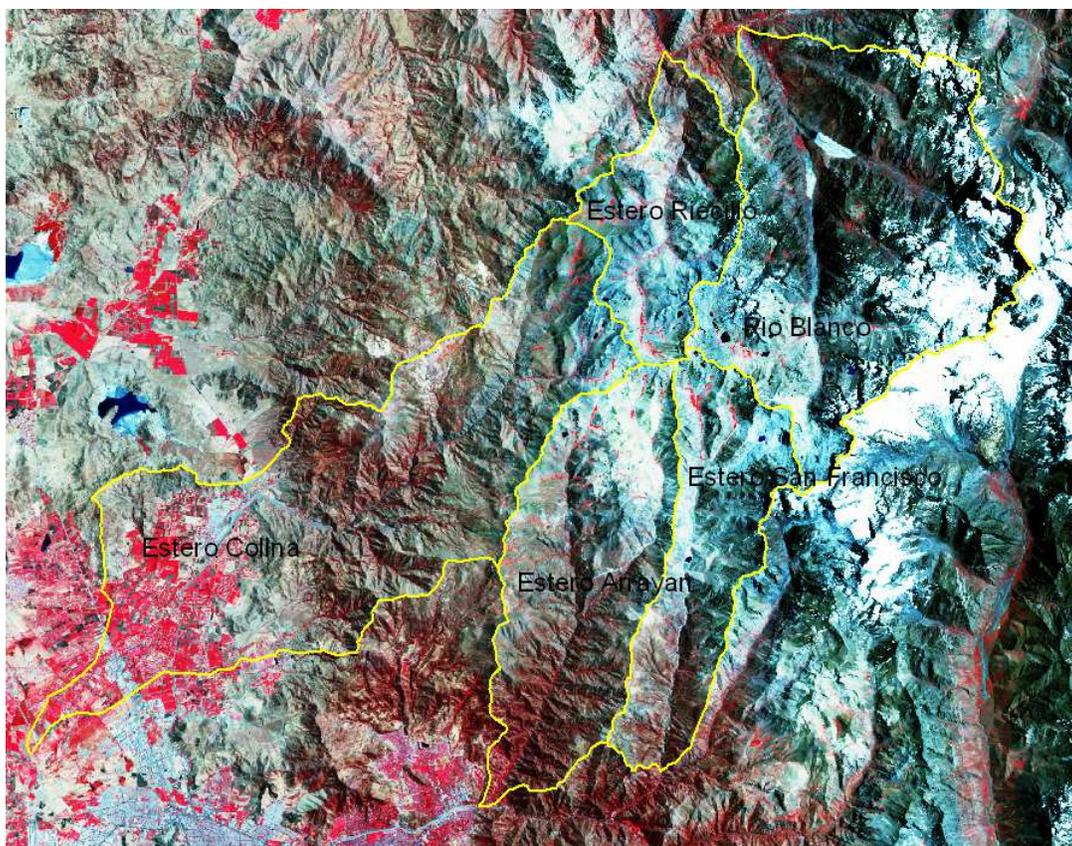


Figura N° 1. Área de estudio (Fondo de imagen TM - LANDSAT 2010).

Tal como se aprecia en la imagen LANDSAT de verano, el área de estudio tiene una clara marca de la nieve que precipita en las zonas donde la vegetación azonal es predominante, definiéndose el régimen hidrológico como de carácter pluvio-nival, con precipitaciones que van desde 300 mm/año en las zonas bajas a los 550 mm/año en las zonas altas, por consiguiente la disponibilidad de agua de la vegetación azonal depende fuertemente de la precipitación nival anual.

Las características geomorfológicas predominantes corresponde a valles de origen glacial, fuertes pendientes y altitudes que van desde los 475 m.s.n.m a los 5950 m.s.n.m.

Cuencas.

Cuenca Rio Blanco

El río Blanco se genera al pie norte de los cerros La Copa y El Altar, en el cordón de displuvio con la cuenca alta del río Mapocho; se dirige al NW con una gran pendiente y una longitud de 33 km. Su tributario más importante es el río Los Leones, que se genera en áreas englaciadas alrededor del cerro Alto de Los Leones (5.400 m.s.n.m). Está alimentado en sus nacientes por los tributarios occidentales estero Castro y estero Flores, y por los afluentes orientales estero Barroso y estero Potrero Escondido, encontrándose a la altura del embalse Los Piuquenes con las aguas del río Los Leones, y a la altura del poblado Río Blanco con el estero de la Polvareda. El Río Blanco, cauce principal de la hoya, entrega sus aguas al Río Juncal aproximadamente en la cota 1.420 m.s.n.m., originando luego el río Aconcagua.

El relieve en la parte alta de la cuenca, se ha desarrollado bajo condiciones de erosión glacial muy activa, y la acción del agua, combinada con bruscas variaciones de temperatura, origina deslizamientos de piedras y aludes de barro y nieve. En general, el relieve se encuentra cortado por el río Blanco y sus afluentes (quebradas locales), conformando un valle angosto con pendiente media de 7% y un ancho medio de 150 m. aproximadamente.

Esteros Riecillos

El estero Riecillos, es otro de los afluentes menores del Río Aconcagua, que junto a las Gualtatas, desaguan en las lagunas llamadas lagunas Corraladas y laguna Vilcuya. En la parte alta de este estero se encuentra el embalse Los Ángeles, que desde el se distribuye el agua para el sector de Los Bronces para la compañía minera Anglo American. Este estero, constituye un sistema ritrónicos característico de los ambientes cordilleranos, lo que presenta un régimen de esorrentía nival. La división Andina de CODELCO, explota desde hace ya algunos años, el cobre de forma birregional, interviniendo la cuenca del Río Blanco y estero Riecillos.

Esteros San Francisco.

La cuenca alta del Río Francisco, pertenece a uno de los afluentes que alimentan la cuenca del Río Maipo. Este afluente posee un régimen mixto (nival y pluvial). Dentro de su cauce, existe lixiviación superficial y subterránea de filones de mineralizados de la franja metalogénica. Así mismo, existen áreas de acumulación de nieve bajo la isoterma cero, la que unida a una escasa cobertura vegetal, permite la existencia de esorrentías.

Dentro de la cuenca del San Francisco existen áreas destinadas a la conservación de los recursos naturales, como lo son Santuario de la Naturaleza "Yerba Loca" y el Santuario de la Naturaleza "Predio los Nogales".

No obstante esta cuenca presenta alta demanda de agua por parte las empresas mineras, siendo la más significativa la Planta San Francisco de la Cía. Minera Disputada de las Condes S.A. con 290 (l/s), la cual desarrolla una alta contaminación. El estero San Francisco se presenta como unos drenajes de aguas de minas, el cual presenta lixiviación de tortas de material inerte de descarte minero. Uno de los contaminantes más abundantes dentro de la cuenca del Maipo es el plomo, el cual se puede inferir que en el río San Francisco el plomo es aportado por los acopios mineros, tanto en las descargas de aguas de proceso y en la lixiviación de las pilas de materiales inertes los que irreversiblemente adicionan plomo a los cursos de agua superficiales y subterráneos (CADE-IDEPE, 2004).

Esteros Arrayán.

El estero Arrayán es un curso natural de agua nival de poco caudal, formado por los deshielos de los Andes en la Región Metropolitana de Santiago, Chile, corriendo en sentido norte a sur y cruzando el Santuario de la Naturaleza el Arrayán en la comuna de Lo Barnechea, donde desemboca en el río Mapocho.

El agua del estero Arrayán presenta buenas condiciones físico químicas las cuales diluye las concentraciones de cobre, aunque continúa superando la norma para riego (CADE-IDEPE, 2004).

Dentro del área en donde se emplaza el estero, se encuentran algunas obras pertenecientes a la compañía minera Anglo American.

Esteros Colina

Es una cuenca con una superficie de 47.096 ha, definida por la red hídrica del estero Colina, curso natural de régimen pluvio/nival de escaso caudal, que nace en la precordillera de la Región Metropolitana, al interior de Peldehue, a 1500 msnm. En su recorrido aguas abajo cruza la ciudad de Colina antes de desembocar en el Estero Lampa.

Generalmente no lleva agua pero cuando la naturaleza azota puede desbordarse y causar inundaciones.

Es la única cuenca del área de estudio que posee una superficie agrícola que está siendo impactada por diversos proyectos inmobiliarios y que experimenta cambios importantes en el uso del suelo agrícola, de igual forma en la parte media baja recibe el impacto de las obras mineras, especialmente del meneralucto y de las líneas de alta tensión que son parte de las actividades de la minera Los Bronces.

Vegetación.

En cuanto a la vegetación, el área corresponde a las sub-regiones del Matorral y Bosque Espinoso, del Matorral y Bosque Esclerófilo y Estepa Alto Andina de los Andes Mediterráneos. La altitud es el factor que mejor explica la gran variabilidad que presenta la vegetación del área. Las formaciones vegetales más abundantes son el matorral y la estepa alto andina. Los bosques son escasos, reducidos a fondos de quebradas y laderas bajas de exposición sur. Dentro de las especies dominantes de las comunidades vegetales, las más frecuentes son *Lithrea caustica*, *Colliguaja odorífera*, *Baccharis paniculada*, *Kageneckia oblonga* y *Quillaja saponaria*. Las prospecciones realizadas en terreno por distintos autores han permitido identificar un total de 368 especies de flora, de las cuales un 13% corresponde a especies introducidas.

La vegetación de los pisos altitudinales inferiores se origina por modificación de las comunidades originales, por intervención antrópica y colonización de especies introducidas y naturalizadas, particularmente *Acacia caven*. Las actividades de extracción de vegetación leñosa, el despeje para habilitación agrícola y los incendios forestales son los principales factores de modificación del paisaje. Los pisos altitudinales superiores conservan en mayor medida las características originales de estructura y composición florística.

De acuerdo a Luebert y Pliscoff (2006) establecen para el área de estudio la existencia de tres formaciones y cinco pisos vegetales. Estas son: a) Bosque espinoso, representado por el piso vegetal del "Bosque espinoso mediterráneo andino de *Acacia caven* y *Baccharis paniculata*", que probablemente corresponde a una fase degradada del bosque esclerófilo original, ocupando las laderas por debajo de los 1.200 msnm; b) Bosque esclerófilo, representado por los pisos vegetales de "Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Quillaja saponaria* y *Lithrea caustica*", situado en los rangos altitudinales bajo los 1.700 m.s.n.m, y el "Bosque esclerófilo mediterráneo andino de *Kageneckia angustifolia* y *Guindilla trinervis*", en rangos altitudinales de 1.400 a 2.200 msnm; c) Matorral de altitud, representado por el piso vegetal de "Matorral bajo mediterráneo andino de *Chuquiraga oppositifolia* y *Nardophyllum spinosum*", entre los 2.000 y 2.600 msnm, y el "Matorral bajo mediterráneo andino de *Laretia acaulis* y *Berberis empetrifolia*", localizado en las zonas de mayor altitud, entre los 2.600 y 3.300 msnm.

Las cotas superiores de los macizos andinos de la zona de Santiago, típicamente por sobre los 3.300 msnm, corresponden a formaciones de Desierto altoandino, con coberturas muy bajas (inferiores al 10%), formadas por plantas altamente especializadas, que sobreviven bajo condiciones ambientales extremas (Muñoz Schick et al., 2000).

Desde el punto de vista de los orígenes fitogeográficos, los elementos florísticos se caracterizan por un mayor nivel de endemismo en los pisos altitudinales más

bajos, asociados a las formaciones de bosques y matorrales esclerófilos, mientras que en las formaciones de pisos vegetacionales de mayor altitud se observa una mayor afinidad florística con la vegetación de los Andes argentinos y chilenos australes (Muñoz Schick et al., 2000).

El Catastro de Vegetación Nativa, base para el presente estudio en cuanto a la determinación del uso actual del suelo, entrega para el área de estudio la presencia de matorrales con distintas coberturas, matorrales arborescentes, matorral – suculentas. Matorral – pradera, praderas, praderas anuales y estepa andina central, con las siguientes especies como principales: *Berberis empetrifolia*, Colliguaja, Espino, Litre, Hierba blanca, Nassauia, Tralhuen y Quillay.

Con todo, las zonas altas andinas, como es la gran parte del área de estudio, se caracteriza por la presencia de vegetación azonal, denominados también humedales, los cuales según la Convención para la Conservación sobre los Humedales (Ramsar), se definen como: "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal"

Estos ecosistemas son considerados dentro de los sistemas más importantes del planeta (Mitsch & Gosselink, 2000). Así mismo, poseen diversas funciones, tales como: forman parte de ciclos de nutrientes, la retención de sedimentos, control de inundaciones y proveer hábitat para vida silvestre. Muchas de estas funciones son importantes para los humanos, por lo tanto son valoradas como servicios ecosistémicos.

Los humedales corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, correlacionados con un aporte hídrico permanente y constante durante la temporada de crecimiento (fines de primavera, verano e inicios de otoño) y que, desde el punto de vista de la vegetación, se caracterizan por su presencia en ambientes normalmente árido-fríos, en el caso chileno asociados a la cordillera de los Andes, y sólo puntualmente a la cordillera de la Costa, en donde en medio de matrices arbustivas o herbáceas de escaso o bajo cubrimiento (inferiores a 50 % normalmente) y baja estratificación (habitualmente inferiores a 1 m) aparecen resaltando con su mayor actividad vegetativa y sus mayores cubrimientos (normalmente sobre el 50 %). Además, corresponden a los sistemas de mayor productividad en las áreas en las cuales se ubican, no obstante su menor superficie, constituyéndose en elementos funcionales de alta significación para los ecosistemas relacionados (Biota, 2009)

No obstante, dada la importancia de estos ecosistemas, estos sistemas sufren por la alta demanda por el uso de aguas superficiales y subterráneas la mayor parte para usos minero y agrícola, así como la presión de uso del territorio con aumento de fuentes fijas y difusas tanto domiciliarios como industriales, y el drenaje para la agricultura.

Especial interés tienen aquellos humedales situados en regiones semiáridas, entre otras razones, porque en ellas se localizan la mayor diversidad de tipos de humedales, desde criptohumedales a humedales con lámina de agua libre permanente, pasando por sistemas temporales (CAM 2003; Vidal-Abarca et al. 2000). Sin embargo, estos sistemas son poco valorados y su importancia no está acorde con la baja cantidad de estudios que se generan en estas regiones. En esta situación se encuentran los humedales de Chile, particularmente los situados en la región mediterránea, que es una de las más amenazadas por la densidad de población que concentra y que comienzan a ser comprimidos por el desarrollo urbano e industrial (Figuroa et al. 2007). La alta intervención territorial antrópica en estos ecosistemas impacta tanto de forma directa como indirecta sobre el recurso biótico, es por eso la importancia de generar información.

Áreas de conservación.

El área de estudio comprende dos áreas de conservación, la Reserva nacional Río Blanco y el Santuario de la naturaleza Los Nogales en el estero Arrayán (Figura N° 2).

La reserva nacional Río Blanco comprende una superficie de 10.175 ha, mientras que el Santuario de la Naturaleza Los Nogales es de 22.163,7 ha, ambas reservas son parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), bajo la administración de CONAF.

Actividades productivas.

De igual modo, se ubican en el área de estudio actividades productivas relevantes, especialmente las mineras, relacionadas con Anglo América y Codelco cuyo impacto en el área de estudio es relevante, especialmente en la vegetación azonal. Se suma a las actividades mineras la actividad de piscicultura (Federico Albert) ubicada en la desembocadura del río Blanco al río Juncal y las termas de Colina en la cuenca del mismo nombre. Con todas las restricciones mineras en el área de estudio se tiene una alta presencia de actividad ganadera, especialmente en los meses de verano. Completan las actividades productivas las actividades de recreación y turismo, con base en las reservas nacionales indicadas (Figura N° 3).

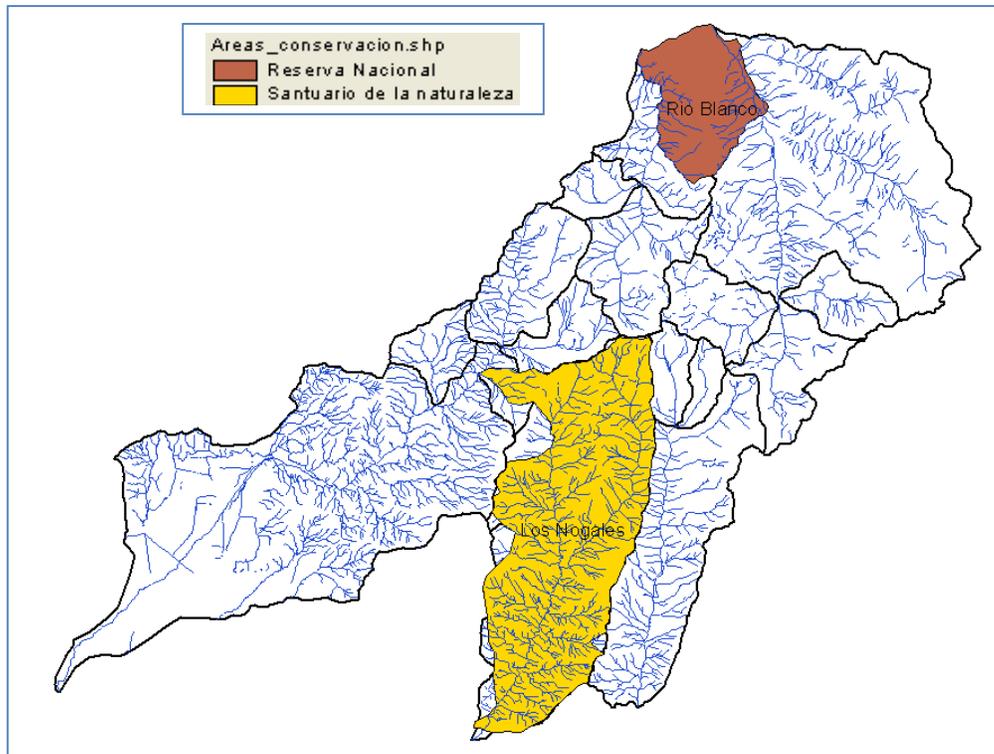


Figura Nº 2. Areas de conservación.

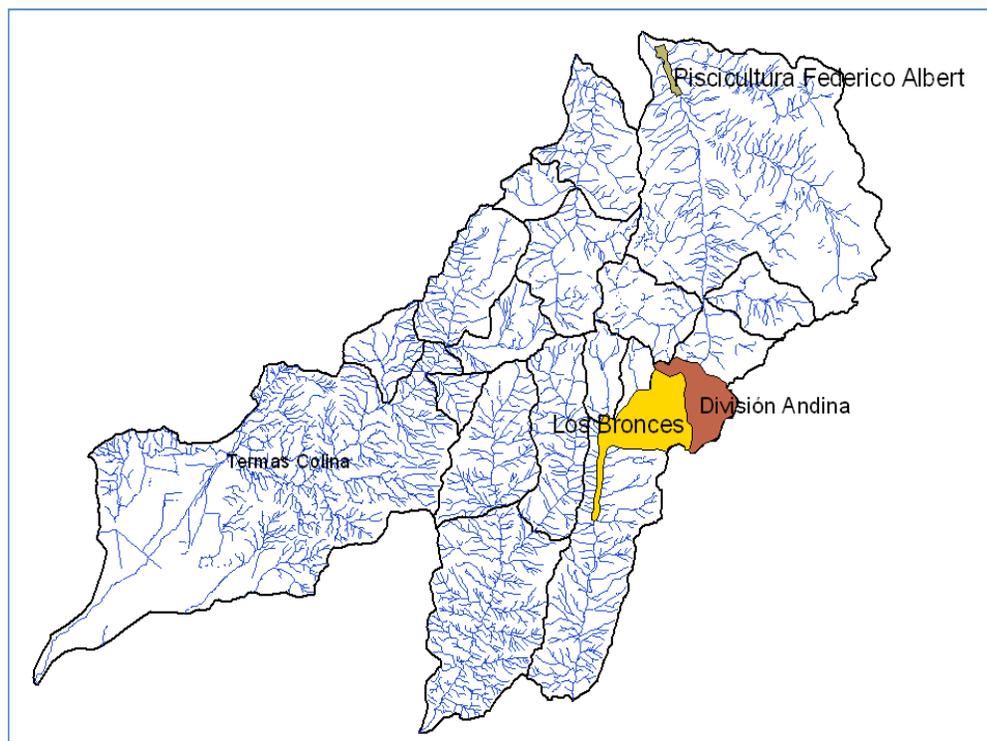


Figura 3. Ubicación actividades productivas.

En general, las cuencas del área de estudio poseen baja densidad poblacional, con algunas actividades agrícolas tradicionales y de ganadería, con las características de transición que se reflejan en asentamientos de raíz campesina se encuentran en un proceso de cambio económico, pasando de vincularse fuertemente con actividades agrícolas (pastoreo, pequeña y mediana agricultura), hacia otras relacionadas con la agroindustria (temporeros) o con fuentes laborales asalariadas (ej. contratación como mano de obra para las empresas contratistas de la minería) y, por otra parte el suelo agrícola cede rápidamente espacio a las necesidades habitacionales.

El crecimiento del área urbana de Santiago ha implicado una fuerte presión sobre la comuna de Colina, con una pérdida neta de suelo agrícola en beneficio de nuevas urbanizaciones, particularmente de alto costo, vinculadas a la noción de comunidades cerradas, parcelas de agrado y clubes privados de recreación.

2. METODOLOGIA

La metodología se desarrolló en base a las actividades del diagrama de la figura N° 4.



Figura N° 4. Diagrama metodológico general.

Las primeras actividades comprendieron la recopilación de antecedentes y la información secundaria a utilizar, de igual forma se procedió a solicitar la data satelital correspondiente a los datos del LANDSAT de los años 1986 al 2011 y a comparara la data satelital del año 2012, correspondiente a los datos del satélite THEOS, de resolución espacial de 15 metros.

Posteriormente se procesaron los datos satelitales y se definieron las cuencas correspondientes al área de estudio, para posteriormente proceder a determinar la ubicación y caracterización de la vegetación azonal y del uso del suelo.

Luego, a partir del análisis de los datos disponibles en el SEA y con la información satelital, más la cartografía base se identificaron las obras y faenas en el área de estudio. Con todo se estructuró el SIG y con ello se procedió a realizar la identificación de impactos y determinar el riesgo de la vegetación azonal, para finalmente obtener los resultados que se presentan en este primer informe.

3.1 Recopilación de antecedentes, adquisición de datos satelitales y espacialización de la información.

De acuerdo a las bases técnicas y en forma conjunta a la facilitación por parte del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de los estudios de humedales existentes, se realizó un estudio de los proyectos ingresados al SEIA, ya sea por DIA o EIA para el área de estudio. Además se recopilaron y analizaron los estudios con información vegetacional y taxonómica existente para la flora y vegetación local. Esto consideró estudios y/o trabajos específicos realizados con anterioridad en estos sistemas, como por ejemplo el estudio de Erosión y de actualización del Catastro de Vegetación Nativa (Espinosa y Castro, 2009), estudio de "los sistemas vegetacionales azonales hídrico de la alta cordillera" regiones V, VI y VII Biota (2007).

Se adquirieron los siguientes datos satelitales del sensor TM del LANDSAT correspondientes a la siguiente serie:

28 de noviembre de 1986

29 de enero de 1998.

8 de marzo de 1999

8 de marzo de 2001

2 de marzo 2004,

16 de enero 2005,

8 de marzo 2006,

7 de febrero 2007,

8 de marzo 2008,

12 de febrero 2009,

30 de enero 2010 y

17 de noviembre 2011,

A esta serie, se sumó la compra de una imagen multiespectral (cuatro bandas) del satélite Theos de 15 m. de resolución espacial, con la finalidad de definir con mayor detalle las intervenciones de los proyectos en el área de estudio.

Se adquirió además la data correspondiente al Modelo de Elevación Digital (MED) correspondiente a la última versión de los datos ASTER, de cuyos datos se obtuvieron las curvas de nivel cada 25 metros para la totalidad del área de estudio, data que se integró al SIG.

En relación a los datos secundarios se compiló y revisó la cartografía de erosión actual y se adjunta como parte del estudio, De la misma forma se revisó la cartografía de suelo (CIREN, 2006) y la valorización agrícola (SAG-CIREN, 2008), las cuales no entregaron información para el área de estudio, especialmente para la ubicación de la vegetación azonal, por consiguiente no se consideraron.

3.2 Corrección de imágenes satelitales, cartografía base y derivada.

3.2.1 Cartografía base.

La cartografía base del proyecto se elaboró a escala 1: 30.000 a partir de los datos de de la última versión del MED denominado "ASTER DEM", de donde se obtuvieron las curvas de nivel cada 15 metros de equidistancia y posteriormente en conjunto con la data satelital se densificó la red hidrográfica y los caminos para la misma escala. Posteriormente, para efectos de presentación de resultados, el área de estudio se dividió en Unidades Cartográficas, formato IGM (53 x 57 cm) a escala 1: 30.000, es decir cada unidad cartográfica cubrirá 15,9 X 17,1 Km. (271,9 km²). La cartografía se elaboró en proyección UTM y datum WGS84 (Figura N° 5). (Ver cartografía en anexos 3 y 4)

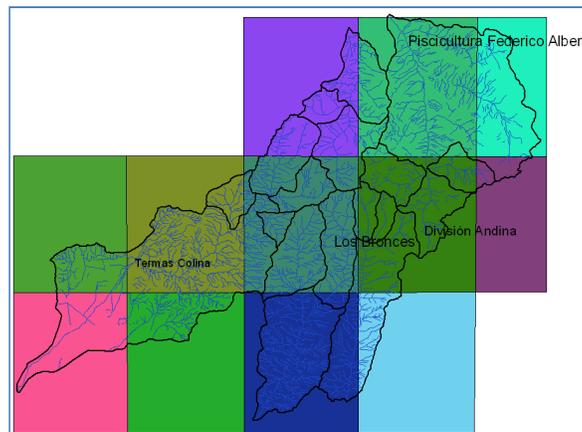


Figura N° 5. Unidades cartográficas 1: 30.000

3.2.2 Corrección de imágenes.

Las imágenes satelitales se georreferenciaron en función de la base cartográfica y puestas en concordancia entre sí, de tal forma que cada celda corresponde a la misma superficie de terreno en toda la serie. Se procedió con este propósito a utilizar los modelos de corrección en base al MDE y el sensor del satélite, se

Procedió también a realizar las debidas correcciones radiométricas, incluyendo la corrección atmosférica de cada imagen, de tal forma de

hacerlas comparables, el algoritmo de remuestreo en estos procedimientos correspondió al vecino más cercano, para así no alterar la data radiométrica original, correspondiente a cada objeto registrado.

3.2.3 Cartografía derivada: pendiente, exposición y altitud.

A partir del MED se obtuvieron la información, en formato raster, de pendiente (%), expresada en clases de rangos porcentuales, la de exposición y la de rangos altimétricos, las que se adjuntan en el SIG, en función de cuyos resultado se obtuvieron los datos para cada unidad vegetacional a la escala de trabajo (1: 30.000).

La pendiente se clasificó, siguiendo los distritos descritos por Gasto (1993) en los siguientes rangos:

- 1) 0 a 10, 5%, distrito plano a plano inclinado.
- 2) 10,5 a 34,5 %, distrito ondulado a ondulado inclinado.
- 3) 34,5 a 66,5 5, distrito cerrado suave a inclinado.
- 4) Mayor a 66,5 %, distrito montano a escarpado.

En el caso de la exposición, se clasificó en las cuatro orientaciones principales, asignando la exposición dominante, según la moda, a cada polígono de vegetación, de tal forma que los terrenos planos quedaron integrados según la tendencia general del terreno en las orientaciones definidas. Las clases fueron:

- 1) Sur.
- 2) Este
- 3) Oeste
- 4) Norte

Los rangos altimétricos se definieron cada 500m. (Biota, 2007): 1) 1300 – 1800
2) 1800 – 2300 3) 2300 – 2800 4) 2800 – 3300 5) 3300- 3800 6) 3800-4800.

3.3 Caracterización de las cuencas.

Debido a la directa relación entre las características de las cuencas y la vegetación azonal, se caracterizaron las cuencas y subcuencas (con mayor concentración de unidades con vegetación azonal), de acuerdo con los siguientes indicadores:

Parámetros de Forma

La forma de una cuenca influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha del hidrograma resultante de una precipitación dada. Así, en una cuenca de forma alargada, el agua discurre, en general, por un solo cauce principal, mientras que en otra de forma ovalada los escurrimientos recorren cauces secundarios hasta llegar a uno principal, por lo que la duración del escurrimiento es superior.

Los índices más empleados para representar esta característica es el coeficiente de Gravelius. equivalente.

- **Coeficiente de Gravelius**

Relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra teórica circular, de la misma superficie. Su expresión es la siguiente:

$$C_g = \frac{P}{2\sqrt{\pi \times A}}$$

donde:

Cg: coeficiente de Gravelius;

P: perímetro de la cuenca (en km);

A: superficie de la cuenca en (km²).

El valor que toma esta expresión es siempre mayor que la unidad y crece con la irregularidad de la forma de la cuenca, estableciéndose la siguiente clasificación:

Cg	Forma
1,00 1,25	- Redonda
1,25 1,50	- Ovalada
1,50 1,75	- Oblonga

Parámetros de Relieve

La influencia del relieve sobre el hidrograma es aún más evidente. A una mayor pendiente corresponderá una mayor concentración de aguas de escorrentía superficial en la red de drenaje, menor infiltración y por consiguiente un menor tiempo de retención, influyendo directamente en la disponibilidad hídrica de la vegetación azonal que se asocia a los cursos de agua. Los parámetros a utilizar son los siguientes:

- **Altura Media**

La altura media entrega información de la torrencialidad que puede tener la escorrentía superficial, se obtiene partir del MED de cada cuenca.

- **Pendiente Media**

Es otro parámetro que define el relieve. Se calcula como la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales (píxeles) a obtener del MED en porcentaje.

- **Coefficiente de Masividad**

Se representa por tga y fue establecido por De Martonne; su expresión es la siguiente:

$$tg\alpha = \frac{h}{A}$$

donde:

h: altura media de la cuenca (m);

A: superficie de la cuenca (km²).

Este coeficiente permite diferenciar netamente cuencas de igual altura media y relieve distintos, aun cuando no es suficiente para caracterizar la proclividad de la erosión de una cuenca, pues da valores iguales en el caso de cuencas diferenciadas, como por ejemplo, cuando la altura media y superficie aumenten proporcionalmente.

- **Coefficiente Orográfico**

Se define como:

$$CO = \bar{h} \cdot tg\alpha$$

donde:

\bar{h} : altura media de la cuenca (m);

Tga: coeficiente de masividad.

Este índice combina los dos parámetros del relieve que actúa en los procesos erosivos: la altura media, sobre la energía potencial del agua; y la inclinación característica de las laderas de la cuenca, sobre la energía cinética del flujo de la escorrentía superficial.

Parámetros Relativos a la Red Hidrográfica

Se denomina red hidrográfica al drenaje natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales, hipodérmicos y subterráneos de la cuenca.

La red hidrográfica superficial se analiza a través de:

- **Densidad de Drenaje**

Se define, para una cuenca dada, como la longitud media de curso por unidad de superficie, mediante la expresión:

$$D = \frac{\sum L_i}{A}$$

donde:

D: densidad de drenaje (km⁻¹);

ΣLi: suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km);

A: superficie de la cuenca (km²).

En un principio y, sin tener en cuenta otros factores del medio físico de la cuenca, cuanto mayor sea la densidad de drenaje, más rápida será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. En efecto, al ser la densidad de drenaje más alta, una gota deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, realizando la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces, donde la velocidad de escurrimiento es mayor; por lo tanto, los hidrogramas, en principio, tendrán un tiempo de concentración corto.

- **Pendiente Media de Cauce**

Se calcula mediante la expresión:

$$j = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \times 100$$

donde:

j: pendiente media del cauce (%);

Hmax: altitud máxima del cauce (m);

Hmin: altitud mínima del cauce (m);

L: longitud del cauce (m).

- **Alejamiento Medio**

Es un coeficiente que relaciona el curso de agua más largo con la superficie de la cuenca. Se expresa de la siguiente manera:

$$a = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

donde:

- a: alejamiento medio,
- L: longitud del curso de agua más largo (km);
- A: superficie de la cuenca (km²).

- **Tiempo de Concentración**

Como se ha visto anteriormente, a igualdad del resto de los factores, la morfología de una cuenca, determina su funcionamiento desde el punto de vista de los escurrimientos. Un concepto fundamental en el análisis de estos escurrimientos es el "tiempo de concentración", que se define como el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca, determinándose mediante las fórmulas experimentales:

Passini

$$t_c = \frac{a(SL)^{1/3}}{i^{0,5}}$$

Donde $0'04 \leq a \leq 0'13$

siendo:

- tc: tiempo de concentración (en horas);
- S: área de la cuenca (km²);
- L: longitud del cauce principal (km);
- I: pendiente del cauce principal;
- H: elevación media de la cuenca sobre la sección de estudio (m).

Todos los parámetros descritos se aplicaron a las cuencas y subcuencas del área de estudio, de tal manera de encontrar una mejor relación entre estos parámetros y las características de la vegetación azonal, en cuanto a la distribución ubicación, superficie, composición vegetal y estado.

Los parámetros anteriores se encuentran asociados a la capa de información denominada "cuencasf_v6.shp" que contiene los siguientes campos o atributos:

Shape	Polygon
Nomsubs	Estero Colina-hum2
Area	51063717.6279
Nomcuen	RIO MAIPO
Length	31804.4
Cod	12
Nomsbc	Estero Coli
Id_cuen	2
Area_km2	51
Nomcuen	RIO MAIPO
Perim	31804
Grav	1
Forma	ovalada
Altumed	2873
Pendmedia	39
Co-masiv	56
Co-orograf	161644
Penmedcau	33
Tc	4
Alt_max	3744
Alt-min	2018
Amplit_re	1726
Long-dren	76785
Dens-dren	1504
Lcaucepp	11
Ippc	2
Snieve05	0
Snieve06	0
Snieve07	0
Snieve08	0
Snieve09	0
Snieve010	0
Snprom	0

Donde:

Cod, corresponde a un código o identificador de la unidad.

Grav, es el índice de Gravellius.

Altume, es la altitud promedio de la cuenca o subcuenca.

Pendmedia, pendiente media de la cuenca o subcuenca.

Co-masiv, coeficiente de masividad.

Co-orograf, coeficiente orográfico.

Penmedcauce, pendiente promedio del cauce mayor de la cuenca o subcuenca.

Tc, tiempo de concentración.

Altimax, altitud máxima de la cuenca o subcuenca.

Altmin, altitud mínima de la cuenca o subcuenca.

Amplit_rel. Es la diferencia altimétrica entre el valor mínimo y máximo.

Long-dren, es la longitud del dren más largo.

Dens-dren, es la densidad de drenaje por cuenca o subcuenca.

Lcaucepp, es el largo del cauce principal.

Ippc, es el índice de vulnerabilidad potencial por cuenca, correspondiente a la combinación de la agresividad-escurrimiento de la escorrentía superficial de las cuencas o subcuenca con el tiempo de concentración de las aguas (tc) (el tc se define como el tiempo que demora en llegar una gota de lluvia entre

el tramo comprendido por la cabecera de la cuenca o subcuenca y la desembocadura). La agresividad-escurrimiento por su parte es el resultado de la relación entre el coeficiente de masividad y la densidad de drenes.

Para definir las relación entre las variables se definieron modelos matriciales, determinándose previamente las variables en cinco intervalos. El resultado se agrego a la base de datos en el campo "lppc", deniéndose así un primer indicador de vulnerabilidad al aplicarlo posteriormente a las unidades de vegetación azonal incluidas en cada cuenca y subcuenca

Posteriormente, se calculó a partir del procesamiento digital del índice de humedad de la vegetación, las superficie de nieve de cada año, de acuerdo a la fecha de las imágenes, dato que se indica en la base de datos del shp (Cuencasf_v5.shp y en Humedales_v13.shp) como Snieve (superficie de nieve) del año 2005 a 2010, finalmente se agrego el campo de nieve promedio caida ("Snieveprom").

De igual forma, se identificarón las unidades correspondientes a cuerpos de agua y se calculó para cada unidad la superficie correspondiente, obteniéndose la superficie promedio de agua embalsada por cuenca y subcuencas, indicador que sumado a la superficie de nieve dio origen a la disponibilidad de agua y que se indica como "Vuln_tot" en la base de datos de los shp indicados y que se adjuntan en el SIG .

3.4 Ubicación y caracterización de vegetación azonal.

La ubicación y caracterización de la vegetación azonal se realizó considerando los estudios anteriores sobre el área (Biota, 2007) y la información derivada de los índices espectrales (NDVI e IHUM) obtenidos de los datos satelitales (LANDSAT y THEOS) de los tres ultimos años (2010, 2011 y 2012), complementarios por las fechas y superficies de nieves de acda año, así como del análisis visual realizado directamente en las composiciones RGB 432 y 453.

3.4.1 Obtención de índices espectrales.

En este caso se trabajó con el índice SAVI y con el índice NDVI, entregando resultados más robustos y con mayor porcentaje de identificación el NDVI, por ello se procedió a obtener el vigor vegetacional a aprtir de este indicador.

El NDVI corresponde al Indice de Vegetación de Diferencia Normalizada y representa la difrencia de los montos de energía reflejada por las plantas en las regiones del especro lectromagnético del infrarrojo mcercano y del rojo, montos que dependen directamente del estado y tipo de plantas y de la capacidad fotosintética del conjunto de las plantas.

La obtención del índice corresponde a la aplicación de la siguiente expresión:

$$NDVI = ((\rho_{IRC} - \rho_R / \rho_{IRC} + \rho_R)+1)*127,5$$

Donde:

ρ_{IRC} = reflectividad en el espectro del infrarrojo cercano.

ρ_R = reflectividad en el espectro del rojo.

La escala de representación se expresa entre 0 y 255, siendo el valor 130 el límite inferior de presencia de vegetación.

De igual forma, se obtuvo el índice de humedad (IHUM), que corresponde a la siguiente expresión:

$$IHUM = ((\rho_{IRM} - \rho_{IRC} / \rho_{IRM} + \rho_{IRC}) + 1) * 127,5$$

Donde:

ρ_{IRM} = reflectividad en el espectro del infrarrojo medio.

Ambos índices fueron aplicados para caracterizar las unidades de vegetación azonal y obtener la tendencia del estado de las unidades de vegetación azonal desde el año 1998 al año 2010.

3.4.2 Identificación y caracterización de unidades de vegetación azonal.

Mediante el análisis visual y los índices espectrales se determinaron las unidades de vegetación azonal, las cuales se caracterizaron en base a la revisión de datos de terreno de estudios anteriores y en base al conocimiento del terreno de esta área específica de la bióloga encargada del levantamiento, que realizó en el verano de este año (2012) el levantamiento de la vegetación azonal del área de estudio, a partir de dichas unidades, por extrapolación en base a criterios de posición topográfica (ladera alta, ladera media, ladera baja, fondo de quebrada) altitud, pendiente, asociación a cursos y cuerpos de agua, color (en composiciones RGB 432 y 453) y forma de las unidades.

Así se construyó una base de datos para cada unidad definida donde, en una primera etapa se asoció como atributos la localidad, superficie (ha), coordenadas (x,y), grupo fisionómico, las primero cinco especies dominantes, sus correspondientes coberturas (sólo las definidas en los estudios por datos de campo), la cobertura total, posición, pendiente, exposición, altitud y fuente bibliográfica.

Con respecto a la descripción de las formaciones vegetacionales, se aplicó la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras (Etienne y Prado, 1982), en la cual la vegetación es representada en unidades homogénea, caracterizándolas según su estructura horizontal (cubrimiento) y vertical (estratos). Así mismo se recolectó la información correspondiente a las especies florísticas dominantes (cubrimiento $\geq 10\%$).

De acuerdo a la información recolectada, la clasificación de la vegetación azonal, se realizó de acuerdo al tipo de especies dominantes que componen la fisonomía de la unidad (Biota, 2007). Los tres tipos vegetacionales

clasificados son: Vegas (vega cojín y vega plana), Matorral hídrico y Matorral ripariano.

Vega cojín: Este grupo corresponde a vegetación asociada a los afloramientos y cursos de agua, dominada casi exclusivamente por *Patosia clandestina* y/o *Zameioscirpus gaimardioides* con porcentajes de participación sobre el 60% y por consiguiente, muestran una baja diversidad florística. Dentro de las especies acompañantes se pueden mencionar principalmente especies herbáceas, tales como, *Deyeuxia velutina*, *Juncus stipulatus*, *Carex gayana*, *Deschampsia cespitosa*, *Werneria pygmaea* y *Trifolium repens*. Topográficamente, este tipo de vegas se ubica preferentemente en fondos de quebradas, valles y laderas medias, que se encuentran generalmente por sobre los 3.000 metros de altitud en las regiones de Valparaíso y Metropolitana (Biota, 2007).

Vega plana: Este grupo, fisionómicamente se presentan planas, con un microrelieve suave, a diferencia del grupo anterior. Las familias botánicas más representadas corresponden a Cyperaceae, Juncaceae y Poaceae, siendo las especies dominantes *Carex gayana*, *Eleocharis albibracteata*, *Juncus balticus* y *Deyeuxia velutina*. Se ubican principalmente en fondos de quebradas y valles, laderas de altura media, sectores en los cuales se presentan pendientes promedios superiores al 10%, además es frecuente encontrarlas en terrenos planos con pendientes que promedian el 5%.

Matorral Hídrico: Estrata arbustiva densa a muy densa (más de 50% de cubrimiento), de baja a mediana altura (hasta 1 m), dominadas por especies leñosas arbustivas, de las familias Berberidaceae, Rhamnaceae.

Matorral Ripariano: Estrata arbustiva densa a muy densa (más de 50% de cubrimiento), de mediana altura (mayor a 1 m), dominadas por especies leñosas arbustivas, de las familias Escalloniaceae, Rhamnaceae y Myrtaceae.

Cada grupo fisionómico fue definido en función de la singularidad de cada uno, asignándoles un indicador de mayor a menor singularidad, con este fin se clasificaron los grupos según la cantidad de especies identificadas en la zona. Así, se asignó 1 para el grupo fisionómico de mayor singularidad (vega cojín) y 4 el de menor número de especies (Tabla N°1).

Tabla N° 1. Índice de singularidad.

Grupo fisionómico	Nº de especies	Índice de singularidad
Vega cojín	20	1
Vega plana	12	2
Matorral hídrico	12	3
Matorral ripariano	4	4

Para el caso de la Vega plana y Matorral hídrico, ambas poseen el mismo número de especies, pero considerando que existen en la zona más unidades de vega plana, se asignó el valor 2 a esta formación.

De esta forma se determinaron las unidades de vegetación azonal y se caracterizaron, lo que se aplicó de igual forma para el año 1986, obteniéndose las unidades de vegetación azonal para el año 1986 y para el año 2012, representándose ambas situaciones en la cartografía respectiva.

La cartografía corresponde a los archivos "humedales1986.shp" y "humedales_v12.shp".

La cartografía y la base alfanumérica asociada incluye los campos correspondientes a los valores promedios NDVI para cada unidad de los años 1998 a 2010, los valores promedios del índice de humedad, el valor promedio de la pendiente, la exposición predominante, la altitud promedio y rango altimétrico que le corresponde.

Posteriormente, se unieron las coberturas correspondientes a los humedales 2012 con la de cuencas y subcuencas, asignando de esta manera los atributos de las cuencas a cada una de las unidades de vegetación azonal. El archivo correspondiente se indica como "humedales_ccas_v10", donde además se unieron los campos correspondientes a los índices multitemporales.

Finalmente, se asociaron las unidades de vegetación azonal a las distintas variables físico ambientales

3.5 Análisis multitemporal de las unidades de vegetación azonal y cambios de uso del suelo.

3.5.1 Cambios en las unidades de vegetación azonal.

Los cambios de la vegetación azonal fueron abordados a partir de un análisis multitemporal de los índices espectrales, de tal forma que para la serie de imágenes se obtuvo, a partir del NDVI los cambios anuales y la tendencia de la serie (1998 al 2010) y para el IHUM los cálculos anuales y la tendencia de la serie.

Para el estudio de la tendencia en base al NDVI se aplicó el Índice de Verdor Relativo (IVR) y el Índice de Decremento de Verdor (IDV) que corresponden a las siguientes expresiones:

$$IVR = ((NDVI_i - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})) * 100$$

$$IDV = \sum (NDVI_{t_i} - NDVI_{t_{i-1}}) / t_i - t_{i-1}$$

En el primer caso se establece la tendencia relativa respecto de los valores mínimos y máximos de la serie, mientras que en el segundo caso se establece la tendencia de la pendiente de la serie. Este último algoritmo se aplicó también para obtener la tendencia del IHUM.

En ambos casos los resultados fueron llevados a intervalos de clases, desde la perspectiva de la vulnerabilidad, de acuerdo a la siguiente tabla (Tabla N° 2).

Tabla N° 2. Clases del IDV.

Intervalo	Indice	Tendencia
1,4 a 6,6	1	Aumento moderado
0 a 1,4	2	Aumento leve
0 a -1,4	3	disminución leve
menor a -1,4	4	Disminución significativa

Así, el índice 1 se define como un aumento moderado de la actividad fotosintética de la unidad vegetacional en el tiempo estudiado (1998 a 2010), valor promedio de las distintas condiciones de la unidad. El índice 2 corresponde a las unidades con aumento leve, el índice 3 a una disminución leve de actividad fotosintética y el índice 4 a una disminución significativa.

Se consideró este indicador como el estado biológico de las unidades de vegetación azonal, al estar directamente relacionada la actividad fotosintética con el vigor de la vegetación (Campo et al, 2011). Los resultados de esta clasificación se incorporaron a la definición del índice de riesgo.

En el caso de los cambios anuales se restó los NDVI de años consecutivos y se visualizaron los cambios ocurridos.

Finalmente, a partir de la cartografía de unidades de vegetación azonal para el año 1986 y 2012 se establecieron los cambios (superficie reducida y número de unidades).

3.5.2 Cambios de Uso del Suelo.

Con la finalidad de determinar los impactos de las actividades sobre el uso actual y especialmente sobre los cultivos, se realizó la clasificación del uso actual para el año 1986 y para el año 2012, cartografía elaborada en base a la clasificación realizada por el Catastro de Vegetación Nativa, posteriormente aplicando una tabulación cruzada de los resultados se establecieron la dirección del cambio y la cuantificación de éste, permitiendo conocer qué cambió, a donde cambió y cuanto cambió.

3.6 Ubicación y características de actividades e intervenciones del territorio.

Para la ubicación de la cartografía de actividades e intervención del territorio, a partir del análisis de los estudios de EIA y las respectivas RCA de los proyectos vigentes en el área de estudio, se espacializaron las obras de las intervenciones mineras y actividades complementarias como tendidos eléctricos, mineroducto y caminos, al igual que las áreas de influencia directa e indirecta definidas por los respectivos proyectos.

Con lo anterior más el análisis espacial de las intervenciones realizadas se determinaron las zonas de influencias y de impacto, las que fueron definidas a

partir de un análisis de superficie alterada en torno de todas las obras, determinándose de esta manera un buffer de un kilómetro, con excepción del del tendido eléctrico y mineroducto a cuyos elementos se aplicó un buffer de 50 metros en torno de ellos, el cual queda enmarcado por el buffer de caminos aledaño a ambas obras, a las zonas de traslape de buffer se les asignó un mayor impacto.

3.7 Ubicación de centros poblados y conectividad.

Tal como se indicó en la descripción del área de estudio existe en estas cuencas una baja densidad poblacional, especialmente en las ubicadas en las zonas altas, mientras que las zonas bajas de las cuencas del Estero Colina y Arrayán se encuentran presionadas por la expansión urbana de Santiago y los espacios agrícolas están cediendo el paso a urbanizaciones y modificados por proyectos industriales y de inmobiliarias para parcelas y condominios de agrado o de segunda residencia.

Con este fin se establecieron en la capa de Uso actual las zonas pobladas y se complementó la red de caminos de acuerdo a análisis visual de la data satelital del año 2012 (THEOS), se adjunata la capa de caminos en el SIG.

3.8 Análisis de vulnerabilidad y riesgo.

Con todo lo anterior se derivaron las variables de vulnerabilidad de las unidades de vegetación azonal y las amenazas existentes, para posteriormente, al relacionar la vulnerabilidad con las amenazas, obtener el índice de riesgo de las unidades de vegetación azonal definidas.

Las variables de vulnerabilidad que se determinaron y se asignaron a cada unidad son las siguientes:

- a) Índice de decremento del verdor (IDV), que indica el estado de la vegetación en relación a su tendencia histórica, considerada desde el año 1998.
- b) Índice de Singularidad de los grupos fisionómicos (ISIN), que indica la importancia de los tipos de vegetación, según clasificación aplicada.
- c) Índice de disponibilidad de agua (IDA), que indica la vulnerabilidad de las unidades en relación a la disponibilidad de agua por nieve y por almacenamiento en cuerpos de agua vinculados.
- d) Índice de vulnerabilidad potencial de cuencas (Ippc), que indica la vulnerabilidad de las unidades vegetacionales por la dependencia de las características topográficas y sistema de escurrimiento de aguas superficiales de la cuenca a la cual pertenecen.

- e) Índice de tamaño por superficie (IS), que indica la vulnerabilidad de las unidades vegetacionales considerando que las unidades de menor tamaño tienen un impacto relativo mayor que las unidades de superficie mayor.

Todos los índices de vulnerabilidad se expresaron en cuatro clases (1 a 4), donde la clase 1 es la menor vulnerabilidad. El resultado, índice de vulnerabilidad total (IVt), respondió a la siguiente expresión:

$$IVt = (2*IDV+2*ISIN+2*IDA+Ippc+IS)/8$$

El resultado se expresó en cuatro clases (1 a 4), donde la clase 1 es la de menor vulnerabilidad.

La amenaza de las unidades de vegetación se determinó de acuerdo al grado de intervención antrópica, asignando el valor de naturalidad a cada unidad, de acuerdo a la ubicación de las unidades respecto de las áreas de influencia de las obras mineras, caminos y tendido eléctrico, existentes en el área de estudio, para ello se intersectó la cartografía de áreas de influencia de las obras, caminos, mineraloducto y tendido eléctrico con la cartografía de las unidades vegetacionales azonales.

Las clases definidas fueron:

- 1) Amenaza o intervención antrópica baja, unidades fuera de las áreas de influencia de las actividades mineras, vinculadas sólo a senderos y ubicadas en posición alta de laderas.
- 2) Amenaza media, unidades en el área de influencia de caminos o tendido eléctrico o mineraloducto y ubicadas en posición alta y media de laderas.
- 3) Amenaza alta, unidades en el área de influencia conjunta de caminos y mineraloducto o caminos y tendido eléctrico y en posición de ladera baja o en valle.
- 4) Amenaza muy alta, unidades en el área de influencia de la intersección de obras, caminos y tendidos eléctricos y mineraloducto, con distinta posición topográfica.

El riesgo (IRIESG), por consiguiente, se definió, en función de la vulnerabilidad total (VNT) y la amenaza (Índice de naturalidad (INAT)), de la siguiente forma:

$$IRIESG = (IVt + INAT) / 2$$

Resultado que se expresó en cuatro clases, correspondientes a riesgo bajo (1), medio (2), alto (3) y muy alto (4), elaborándose así la respectiva cartografía.

3.9 Análisis de impactos en unidades vegetacionales azonales.

Considerando las obras y las unidades vegetacionales azonales, se procedió a analizar los efectos de las actividades y de las obras en las unidades afectadas, sugiriendo en cada caso medidas de mitigación.

3.10 Análisis de medidas de mitigación definidas en los EIA.

Se presentan las medidas de mitigación y de seguimiento comprometidas en los EIA y se comparan con los resultados obtenidos.

3.11 Erosión.

Con base en la información secundaria (CIREN, 2010) se ajustó la data de erosión para el área de estudio, la cual se presenta en la cartografía respectiva.

3.12 Estructuración del SIG.

Con todo lo realizado se creó un proyecto de trabajo en ARCGIS (GIS SAG AZONAL-mxd), el cual se adjunta en la carpeta SAG-AZONAL, donde se encuentran las carpetas Imágenes, que contiene la información raster, tanto la data satelital como el MED, la carpeta Temáticos, donde se ubican a su vez las carpetas correspondientes a la "Cartografía Base", "Ubicación" y la carpeta "Cartografía estudio" donde se encuentran los archivos vectoriales en formato shp. En resultados se incluyen las tablas de contenidos.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterización de cuencas

Las cuencas del área de estudio se subdividieron en subcuencas, de acuerdo a la presencia de vegetación azonal, entregando como resultado la situación que se indica en la Figura 6. y cuyas superficies se indican en la Tabla N° 3.

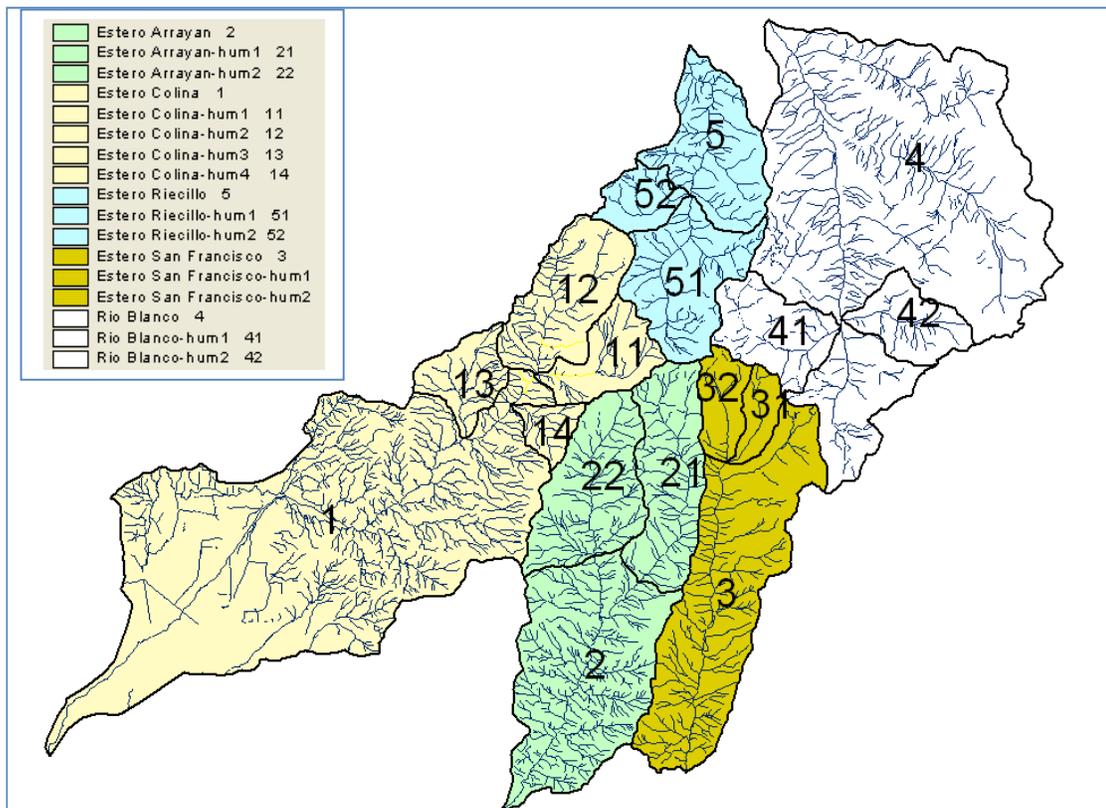


Figura N° 6. Cuencas y subcuencas del área de estudio.

Las subcuencas se ubican en las zonas altas de las cuencas, asociadas a cuerpos de agua naturales, respecto de los cuales las unidades de vegetación azonal se encuentran relacionadas y en muchos de los casos las dinámicas vegetacionales y vulnerabilidad por disponibilidad de agua es directa.

La cuenca del estero Colina es la que, además, mantiene unidades azonales en la zona media-alta, originando un total de cuatro subcuencas con características diferentes.

Tabla N° 3. Superficie por cuencas y subcuencas del área de estudio.

NOM. SUBCUENCA	RIO SUBSIDIARIO	REGION	SUP-ha.
Estero Colina-hum1	RIO MAIPO	METROPOLITANA	2.828,3
Estero Colina-hum2	RIO MAIPO	METROPOLITANA	5.106,4
Estero Colina-hum3	RIO MAIPO	METROPOLITANA	2.345,4
Estero Colina	RIO MAIPO	METROPOLITANA	35.707,2
Estero Colina-hum4	RIO MAIPO	METROPOLITANA	1.108,3
Estero Riecillo-hum1	RIO ACONCAGUA	VALPARAISO	5.491,8
Estero Riecillo-hum2	RIO ACONCAGUA	VALPARAISO	1.719,9
Estero Riecillo	RIO ACONCAGUA	VALPARAISO	5.350,9
Rio Blanco-hum1	RIO ACONCAGUA	VALPARAISO	3.688,3
Rio Blanco-hum2	RIO ACONCAGUA	VALPARAISO	2.782,7
Rio Blanco	RIO ACONCAGUA	VALPARAISO	32.690,9
Estero San Francisco-hum1	RIO MAIPO	METROPOLITANA	1.217,4
Estero San Francisco	RIO MAIPO	METROPOLITANA	12.463,6
Estero San Francisco-hum2	RIO MAIPO	METROPOLITANA	1.831,9
Estero Arrayan-hum1	RIO MAIPO	METROPOLITANA	5.590,9
Estero Arrayan	RIO MAIPO	METROPOLITANA	11.595,0
Estero Arrayan-hum2	RIO MAIPO	METROPOLITANA	5.931,9
		TOTAL	137.450,7

Las cuencas se caracterizan, de acuerdo la metodología, mediante parámetros geomorfológicos, topográficos e hídricos, según se indican en las Tablas N° 4, N° 5 y N° 6.

Tabla N° 4. Parámetros orográficos

NOMSUBC_	Cod	Area km2	Perim (m.)	Gravelius	Forma	Altumedia	Pendmedia	Co-masiv	Co-orograf	alt_max	alt-min	Amplit_reliev
Estero Colina-hum1	11	28,3	26428,0	1,40	ovalada	3.114	44,5	110,1	342927,3	3.735	1.975	1.760
Estero Colina-hum2	12	51,1	31804,4	1,26	ovalada	2.873	39,1	56,3	161643,7	3.744	2.018	1.726
Estero Colina-hum3	13	23,5	22590,9	1,32	ovalada	2.224	32,6	94,8	210966,0	2.752	1.480	1.272
Estero Colina	1	471,0	133088,0	1,73	oblonga	1.546	33,2	3,3	5074,0	3.744	459	3.285
Estero Colina-hum4	14	11,1	16548,0	1,40	ovalada	2.748	56,4	247,9	681309,1	3.458	1.764	1.694
Estero Riecillo-hum1	51	54,9	36422,9	1,39	ovalada	3.389	45,1	61,7	209077,7	4.037	2.476	1.561
Estero Riecillo-hum2	52	17,2	19293,7	1,31	ovalada	3.289	39,3	191,2	629073,5	3.710	2.481	1.229
Estero Riecillo	5	125,6	56619,0	1,43	ovalada	3.126	51,3	24,9	77799,7	4.075	1.297	2.778
Rio Blanco-hum1	41	36,9	27937,7	1,30	ovalada	3.600	45,6	97,6	351339,8	4.238	2.767	1.471
Rio Blanco-hum2	42	27,8	23882,7	1,28	ovalada	3.839	61,2	138,0	529698,4	4.969	2.732	2.237
Rio Blanco	4	391,6	99034,0	1,41	ovalada	3.478	61,8	8,9	30893,6	5.887	1.429	4.458
Estero San Francisco-hum1	31	12,2	16932,2	1,37	ovalada	3.530	53,5	290,0	1023853,6	4.174	2.872	1.302
Estero San Francisco	3	155,1	72565,0	1,64	oblonga	2.977	53,3	19,2	57123,7	4.853	1.327	3.526
Estero San Francisco-hum2	32	18,3	19726,4	1,30	ovalada	3.448	45,5	188,2	648935,9	4.008	2.878	1.130
Estero Arrayan-hum1	21	55,9	38419,9	1,45	ovalada	3.084	50,3	55,2	170133,1	3.796	1.980	1.816
Estero Arrayan	2	231,2	75913,0	1,41	ovalada	2.431	47,2	10,5	25564,8	3.796	847	2.949
Estero Arrayan-hum2	22	59,3	34936,9	1,28	ovalada	2.929	40,2	49,4	144619,1	3.644	1.893	1.751

Los distintos parámetros dan cuenta de las características orográficas y topográficas de las cuencas, que se encuentran en relación con los flujos de agua superficial en cada cuenca, especialmente relevantes es el coeficiente de masividad y el coeficiente orográfico que dan cuenta de la pendiente y altura de cada cuenca y por consiguiente de la disposición a la torrencialidad de cada una e indirectamente con la disponibilidad de agua en el tiempo para la vegetación azonal.

Tabla N° 5. Parámetros hidrográficos

NOMSUBC_	Cod	Penmedcau	TC	long-dren- m	dens-dren	Icaucepp	IPPc
Estero Colina-hum1	11	36	3,7	41025	1450,5	9,1	3
Estero Colina-hum2	12	33	4,4	76785	1503,7	10,5	2
Estero Colina-hum3	13	31	3,8	37470	1597,6	8,9	3
Estero Colina	1	35	0,0	744615	1581,1	0	0
Estero Colina-hum4	14	57	1,7	18345	1655,3	4,6	5
Estero Riecillo-hum1	51	34	4,8	71970	1310,5	11,6	2
Estero Riecillo-hum2	52	25	3,0	16050	933,2	6,6	3
Estero Riecillo	5	43	0,0	170145	1354,4	0	0
Rio Blanco-hum1	41	31	4,3	34695	940,7	10,2	2
Rio Blanco-hum2	42	40	3,4	29160	1047,9	8,5	3
Rio Blanco	4	49	0,0	443835	1133,3	0	0
Estero San Francisco-hum1	31	26	3,3	8310	682,6	7,5	3
Estero San Francisco	3	44	0,0	214590	1383,3	0	0
Estero San Francisco-hum2	32	25	3,3	17520	956,4	7,3	3
Estero Arrayan-hum1	21	43	6,6	92985	1663,1	17	1
Estero Arrayan	2	42	0,0	437460	1892,3	0	0
Estero Arrayan-hum2	22	39	5,1	99345	1674,8	12,7	2

Tabla N° 6. Cuerpos de agua y presencia de nieve.

NOMSUBC_	Cod	Snieve05	Snieve06	Snieve07	Snieve08	Snieve09	Snieve010	Snprom	Vuln_nie ve	Sup. Cagua (ha).	Nº Cagua	Sup- media	Sup- mayor	Vuln. agua	Ind. Vuln- total
Estero Colina-hum1	11	1,3	2,2	10,6	1,6	0	0,0	2,6	4,0	13,0	4,0	3,2	8,0	3,0	4,0
Estero Colina-hum2	12	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0	0,4	0,4	4,0	4,0
Estero Colina-hum3	13	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero Colina	1	36,1	0,1	0,0	0,0	25,065	21,7	13,8	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero Colina-hum4	14	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero Riecillo-hum1	51	5,4	11,7	56,0	6,5	30,6	22,1	22,1	4,0	37,7	24,0	1,6	13,1	2,0	3,0
Estero Riecillo-hum2	52	0,1	0,0	0,0	0,5	0	1,1	0,3	4,0	10,7	3,0	3,5	9,2	3,0	4,0
Estero Riecillo	5	5,0	7,2	36,1	29,0	17,235	9,8	17,4	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rio Blanco-hum1	41	66,6	82,8	197,0	59,0	109,485	105,4	103,4	3,0	110,7	30,0	3,7	32,9	1,0	2,0
Rio Blanco-hum2	42	230,6	187,1	466,2	728,9	293,198	380,4	381,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rio Blanco	4	3126,1	2948,8	5305,8	5632,6	4135,34	4392,5	4256,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero San Francisco-hum1	31	2,1	1,4	8,3	0,7	2,88	2,3	2,9	4,0	10,9	5,0	2,1	10,0	3,0	4,0
Estero San Francisco	3	17,8	12,8	0,0	37,0	0	0,0	11,3	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero San Francisco-hum2	32	1,6	1,4	8,8	0,9	4,905	2,9	3,4	4,0	18,0	11,0	1,6	6,4	3,0	4,0
Estero Arrayan-hum1	21	0,0	0,1	0,0	0,0	1,17	0,0	0,2	4,0	5,5	4,0	1,4	3,3	4,0	4,0
Estero Arrayan	2	0,3	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero Arrayan-hum2	22	0,3	0,5	0,0	0,6	0	0,0	0,2	4,0	11,8	4,0	2,9	7,6	3,0	4,0

De la combinación del coeficiente de masividad, previamente definido en clases de 1 a 5, donde 1 representa el rango de menor agresividad, con la densidad de drenaje, expresado en clases similares, se obtuvo como resultado la agresividad-escorrimento de las cuencas y subcuencas (Figura N° 7).

Con el resultado de agresividad-escorrimento combinado con el tiempo de concentración se obtuvo el índice de peligro potencial de las cuencas y subcuencas, que se presenta en la Figura N° 8.

De igual forma, se obtuvieron los índices de vulnerabilidad de las cuencas por superficie de agua disponible (Figura N° 9), por superficie promedio de nieve caída en los últimos 6 años (Figura N° 10) y con la combinación de ambos factores la disponibilidad de agua por cuencas y subcuencas (Figura N° 11)

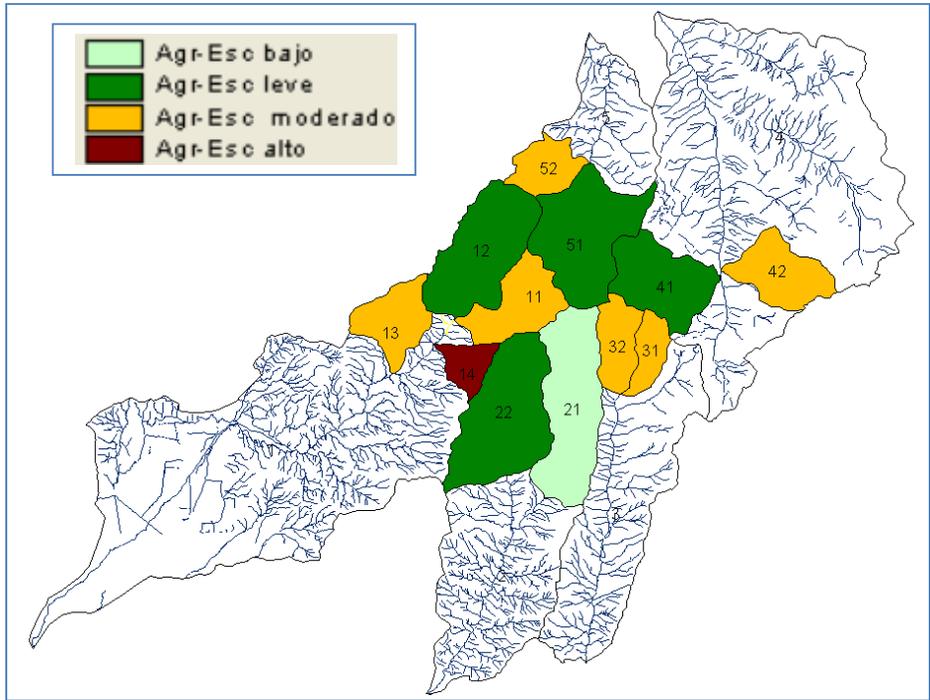


Figura N° 7. Agresividad – escurrimiento de subcuencas.

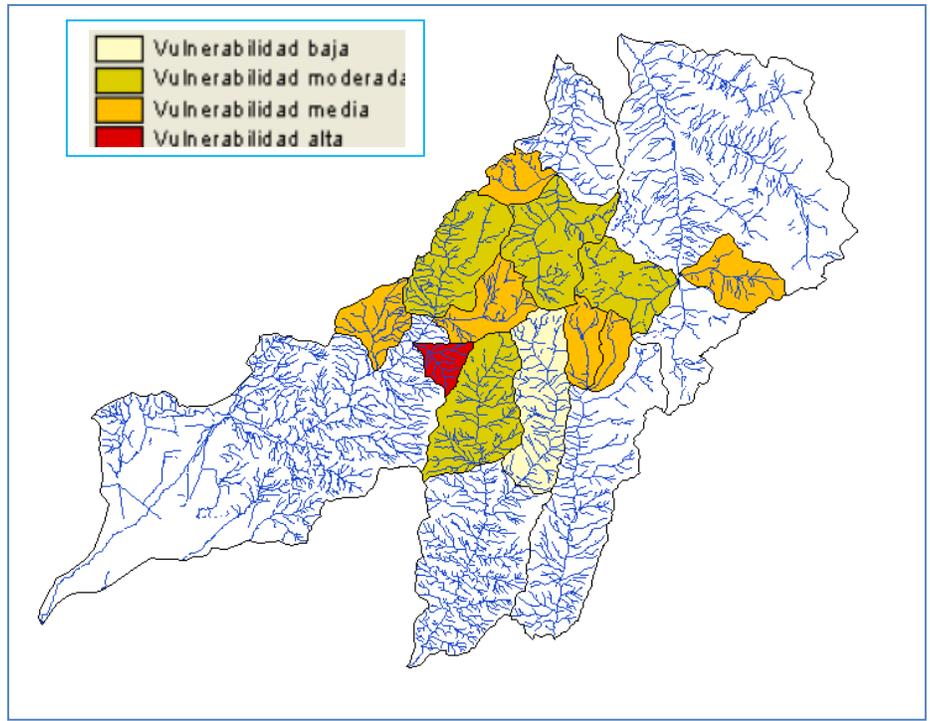


Figura N° 8. Vulnerabilidad potencial de cuencas y subcuencas.

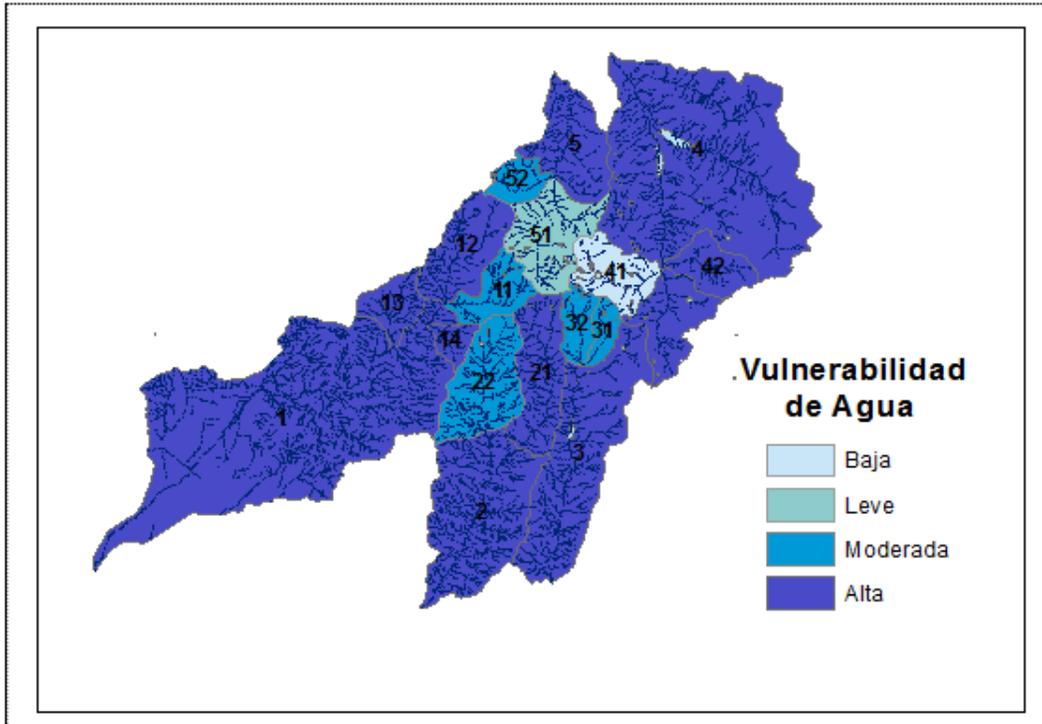


Figura N° 9. Vulnerabilidad de superficie de agua disponible.

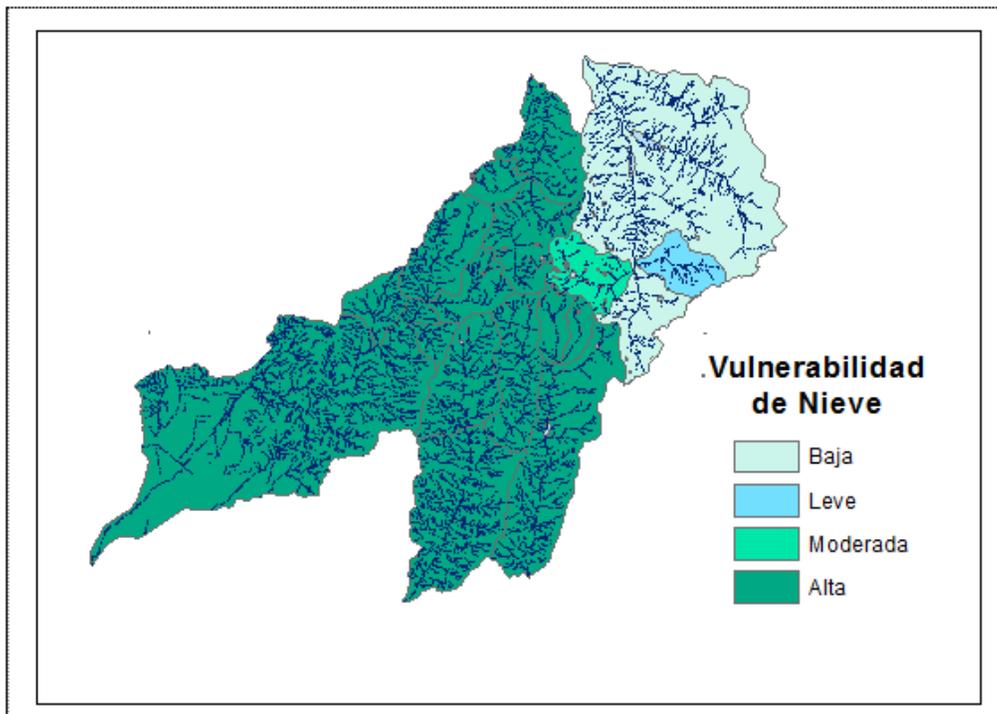


Figura N°10. Vulnerabilidad de nieve

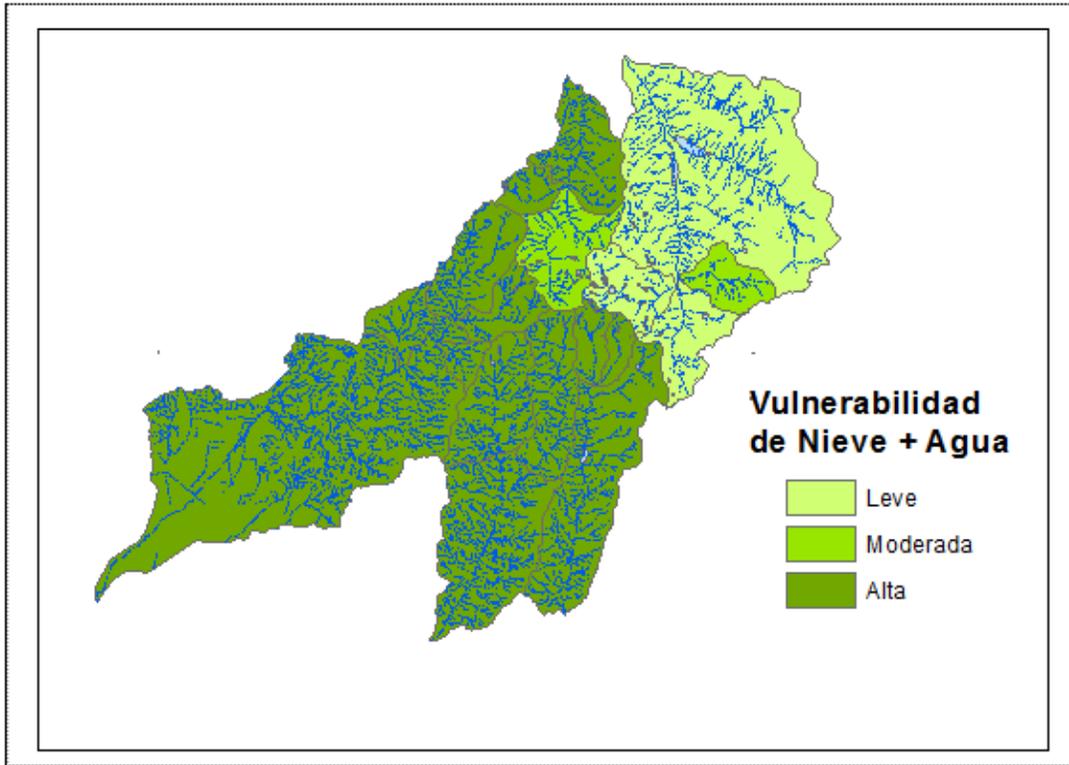


Figura N°11. Vulnerabilidad de nieve y agua.

Este resultado indica la vulnerabilidad combinada (promedio de superficie de nieve y superficie y cantidad de cuerpos de agua por cuencas) e indica para cada cuenca el agua potencial disponible indirectamente para la vegetación azonal.

4.2 Ubicación y caracterización de la vegetación azonal.

4.2.1 Pre -procesamiento de datos satelitales.

La selección de los datos satelitales entregó como resultado la obtención de 13 imágenes satelitales correspondientes al área de estudio, seleccionadas por sus características radiométricas y fecha de adquisición, las cuales fueron debidamente georreferenciadas, de acuerdo a los procedimientos descritos en la metodología. Las imágenes corresponden al satélite LANDSAT 5, sensor TM y al satélite THEOS, todas multiespectrales con resoluciones espaciales de 30 metros y 15 (caso de THEOS), las que se indican en la siguiente tabla (Tabla N° 7) y cuyos datos forman parte de la base del SIG que se adjunta.

Todas las imágenes fueron procesadas y ajustadas radiométricamente, incluyendo los procesos de corrección atmosférica, con la finalidad de corregir los errores de adquisición y de hacerlas comparables poder aplicar los índices espectrales de seguimiento.

Tabla N° 7. Imágenes satelitales.

Imagen	Fecha	Satélite	Sensor
subwgs84_280111986b1-7.img	28/11/1986	LANDSAT 5	Thematic Mapper
cortm29011998_b1234.img	29/01/1998	LANDSAT 5	Thematic Mapper
cor2l508031999b123457.img	08/03/1999	LANDSAT 5	Thematic Mapper
cor2l5233083_082001121_b123457.img	21/11/2001	LANDSAT 5	Thematic Mapper
corl502032004b123457.img	02/03/2004	LANDSAT 5	Thematic Mapper
corl510012005_b23457.img	16/01/2005	LANDSAT 5	Thematic Mapper
corl508032006b123457.img	08/03/2006	LANDSAT 5	Thematic Mapper
corl507022007_b123457.img	07/02/2007	LANDSAT 5	Thematic Mapper
subl5_0832008_b12345cor.img	08/03/2008	LANDSAT 5	Thematic Mapper
tmwgs8412022009b123457.img	12/02/2009	LANDSAT 5	Thematic Mapper
corl5_30012010b123457.img	30/01/2010	LANDSAT 5	Thematic Mapper
wgs841711c3eq.img	17/11/2011	LANDSAT 5	Thematic Mapper
Th12042012cor.img	12/04/2012	THEOS	CAMARA XS

De estas imágenes, se utilizaron para efectos del análisis multitemporal de la vegetación azonal las adquiridas entre los años 1998 a 2010, por corresponder al periodo estival. De su análisis visual se desprende que corresponden a años con comportamiento climático similar. Las restantes imágenes fueron utilizadas en los análisis de uso y riesgo.

En anexo se presentan el quick look de cada imagen para el área de estudio.

4.2.2 Cuantificación y distribución de unidades de vegetación azonal por grupos fisionómicos.

4.2.2.1 Identificación de unidades vegetales azonales y cuerpos de agua.

En concordancia con la metodología, a partir del procesamiento digital de los datos satelitales y mediante análisis visual en forma integrada de los mismos datos, se identificaron para los años 1986 y 2012 las unidades de vegetación azonal del área de estudio, considerando para este último caso los datos satelitales del año 2010 a 2012, debido a las condiciones de nieve en la zona, no permitieron tener sólo en el año 2012 la visualización completa, a lo que se suma que la imagen del 2012 no cubre parte del sector norte (Figuras N° 12 y 13).

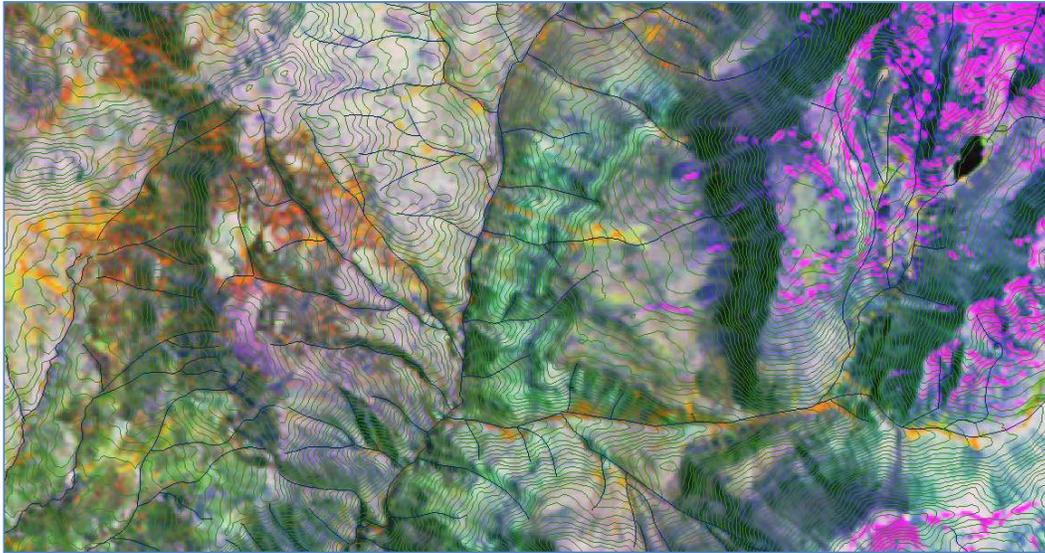


Figura N° 12. Base de datos para análisis visual, imagen TM 2011.

Se presenta de fondo la composición para el TM RGB-B453, con superposición de red hidrica y curvas de nivel obtenidas del "DEM ASTER". El color magenta con distintas intensidades corresponde a nieve, el color naranja a amarillo indica las unidades de vegetación azonal vinculadas a cursos de agua y cuerpos de agua.

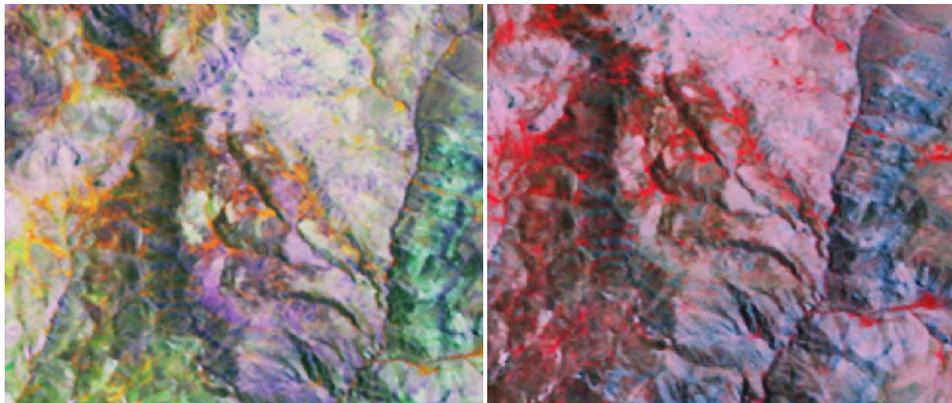


Figura N° 13. Composiciones RGB, B453 y B432.

El resultado obtenido corresponde a la identificación de 512 unidades de vegetación azonal en la cinco cuencas en estudio, tal como se muestra en la Figura N° 14 Tabla N° 9.

Similar procedimiento, pero utilizando la extracción automatizada, por diferencia espectral y posterior análisis visual, se determinaron los cuerpos de agua existente en el área de estudio, cuyo resultado se presenta en la Figura N° 15

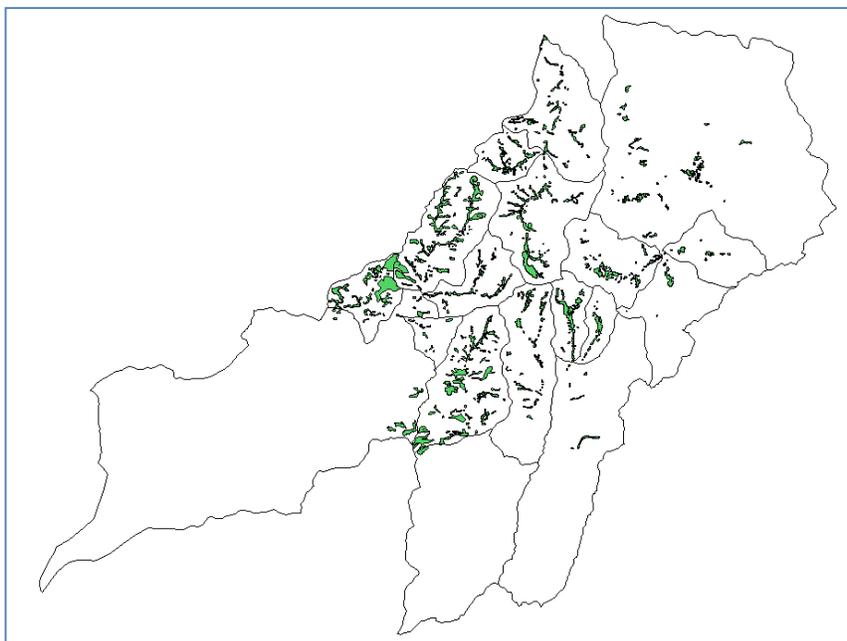


Figura N° 14. Unidades de vegetación azonal identificadas en el área de estudio.

El total de unidades identificadas al año 2012 es de **511**, con una superficie de **3.445,2** ha. Este número aumenta a 520 unidades al desglosarlo por cuencas, debido a unidades que son parte de dos cuencas, tal como se presenta en la Tabla N° 8.

Ejemplo de estas unidades se muestran en las figuras correspondientes a las fotografías del sector que se presentan a continuación (Figura N° 14.1).



Figura 14.1. Unidades Vegetacionales, cuenca Estero San Francisco (Google Earth).

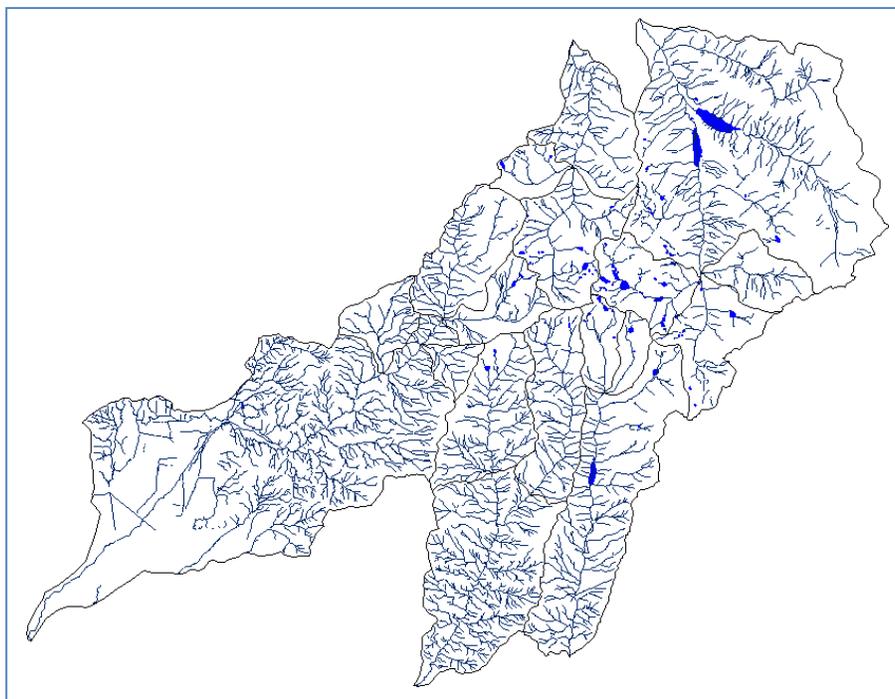


Figura N° 15. Cuerpos de agua identificados.

El total de cuerpos de agua (**Cagua**) para el área de estudio es de 127, de los cuales tres corresponden a embalses de relave y material de las mineras Anglo Américan y CODELCO. La superficie de cuerpos aguas es de 723,4 ha, de las cuales 418,03 (57,7%) corresponden a los embalses de relave.

Tabla N° 8. Superficie de cuerpos de agua por cuencas y subcuencas.

NOMSUBC_	Sup. Cagua (ha).	N° Cagua	Sup-media	Sup-mayor
Estero Colina-hum1	13,0	4,0	3,2	8,0
Estero Colina-hum2	0,4	1,0	0,4	0,4
Estero Colina-hum3	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero Colina	3,5	1,0		0,0
Estero Colina-hum4	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero Riecillo-hum1	37,7	24,0	1,6	13,1
Estero Riecillo-hum2	10,7	3,0	3,5	9,2
Estero Riecillo	0,0	0,0	0,0	0,0
Rio Blanco-hum1	110,7	31,0	3,7	32,9
Rio Blanco-hum2	0,0	0,0	0,0	0,0
Rio Blanco	83,5	32,0	0,0	0,0
Estero San Francisco-hum1	10,9	5,0	2,1	10,0
Estero San Francisco	0,0	7,0	0,0	0,0
Estero San Francisco-hum2	18,0	11,0	1,6	6,4
Estero Arrayan-hum1	5,5	4,0	1,4	3,3
Estero Arrayan	0,0	0,0	0,0	0,0
Estero Arrayan-hum2	11,8	4,0	2,9	7,6
Total	305,7	127,0		

Tabla N° 9. Distribución de unidades de vegetación azonal por cuencas y subcuencas.

Región	Cuenca	Sub_cuenca	Nº polígonos	Sup (ha)	Sup prom	Sup min	Sup max
Metropolitana	Arrayan	Esterero Arrayan	1	95,6	95,6	95,6	95,6
		Estero Arrayan-hum1	44	174,2	4,55	0,53	29,6
		Estero Arrayan-hum2	68	553	8,1	0,2	73,6
Metropolitana	Colina	Estero Colina	12	112,5	9,4	1,7	41,32
		Estero Colina-hum1	22	162,5	7,4	1,21	25,15
		Estero Colina-hum2	62	572,9	9,2	0,5	92,3
		Estero Colina-hum3	22	173,5	7,9	0,7	27,9
		Estero Colina-hum4	9	35,14	3,9	1,1	7,6
Valparaíso	Riecillo	Estero Riecillo	44	188,9	4,3	0,48	16,3
		Estero Riecillo-hum1	61	413,4	6,8	0,35	118,5
		Estero Riecillo-hum2	19	163,1	8,6	0,5	49,26
Metropolitana	San Francisco	Estero San Francisco	8	39,7	5	1,1	24,5
		Estero San Francisco-hum1	15	76,2	5,1	0,4	40,6
		Estero San Francisco-hum2	23	175,8	7,6	0,4	93,4
Valparaíso	Blanco	Rio Blanco	56	285,1	5,091	0,4	35,2
		Rio Blanco-hum1	37	182,4	4,92	0,49	26,11
		Rio Blanco-hum2	8	41,3	5,2	0,9	8,2
		Total	511	3445,24			

La cuenca del estero Arrayán cuenta con un total de 113 unidades, estero Colina con 127, Riecillo con 124, San Francisco con 46 y río Blanco con 101. En términos de superficie la cuencas de mayor a menor son Colina, Arrayan, Riecillo, Blanco y San Francisco con 1.057; 822,8; 765,4; 501,8 y 291,7 hectáreas respectivamente.

4.2.2.2 Vegetación azonal, composición florística, grupos fisionómicos y singularidad y tamaño de unidades.

Flora

Para el sector alto andino de la zona central de Chile se identifican un total de 36 especies, las que corresponden al 0,65% de la flora vascular de Chile (Marticonera, 1990). Estas especies se distribuyen en 14 familias, siendo las más frecuentes; Asteraceae, Cyperaceae y Poaceae. En la tabla 10 se muestra el listado florístico correspondiente a la vegetación azonal identificadas en el área de estudio, el estado de conservación, el origen fitogeográfico y la cuenca en donde fue observada.

En relación al estado de conservación de las especies identificadas, se puede indicar que 23 se encuentran como fuera de peligro, 4 como insuficientemente conocida y 9 no se encuentran clasificadas.

Respecto al origen fitogeográfico, de las 36 especies identificadas, 30 son de origen autóctono, lo que corresponde al 83% del total de las especies, mientras las especies de origen alóctono o exótico son sólo 6, lo que corresponde el 17% del total de la muestra.

Dentro de las especies dominantes en los polígonos identificados, se encuentran *Patosia clandestina*, *Zameioscirpus gaimardiodes* y *Carex gayana*, siendo estas especies dominantes en vegas y humedales del sector andino.

Grupos fisionómicos

De acuerdo a la clasificación de los grupos fisionómico de la vegetación azonal, la tabla 10 muestra la clasificación de los polígonos según grupo fisionómico. De ella se desprende, que de un total de 511 polígonos correspondientes a los 4 tipos de vegetación: Vega cojín, Vega plana, Matorral hídrico y Matorral ripariano, se identificaron para Vega cojín un total de 362 polígonos los que corresponden a un total de 2374,0 ha, encontrándose en ellas un total de 20 especies. Para la formación Vega plana se identificaron un total de 77 polígonos correspondientes a 588,1 ha, encontrándose en ellos un total de 12 especies.

Por otra parte, la formación de matorral hídrico, se identificaron un total de 70 polígonos, correspondientes a 469,9 ha, habitando en ellos un total de 12 especies. Finalmente para la formación Matorral ripariano se identificaron un total de 2 polígonos correspondiendo a 13,2 ha, encontrándose en ellos solo 4 especies.

Tabla N° 10. Clasificación de los polígonos identificados para este estudio según grupo fisionómico.

Grupo fisionómico	n° de especies	Superficie total/tipo(ha)	N° de polígonos	mínimo	máximo	promedio
Vega cojín	20	2374,0	362	0,2	119,5	6,6
Vega plana	12	588,1	77	0,5	92,3	7,6
Matorral hídrico	12	469,9	70	0,3	49,5	6,7
Matorral ripariano	4	13,2	2	1,3	11,9	6,6

En la Figura N°16 se presenta la distribución espacial de los grupos, cartografía que se adjunta en el SIG con el nombre de "Humedales_v13", donde se incluyen además los atributos correspondientes a cada unidad, incluyendo especies, exposición, pendiente media, altitud promedio, así como variables de cuencas y de estado de verdor y de humedad en el tiempo.

De acuerdo a la composición de las formaciones se determinó la flora existente, la que se consigna en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11. Listado florístico de las especies identificadas por cuencas.

Familia	Nombre científico	Origen fitogeográfico	Estado de Conservación	Rio Blanco	Estero Riecillo	San Francisco	Estero Arrayán	Estero Colina
Apiaceae	<i>Azorella madrepórica</i>	Autóctono	FP	X	X	x		x
Apiaceae	<i>Laretia acaulis</i>	Autóctono	FP	X				x
Apiaceae	<i>Azorella lycopodioides</i>	Autóctono	FP		X	x	X	
Asteraceae	<i>Senecio brunonianus</i>	Alóctono	FP		X			
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Alóctono	N/C				X	
Asteraceae	<i>Chuquiraga oppositifolia</i>	Autóctono	FP	X	X	x		x
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	Autóctono	FP		X			
Asteraceae	<i>Nassauvia pyramidalis</i>	Autóctono	FP	X		x		
Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	Autóctono	FP	X	X	x		
Asteraceae	<i>Erigeron andicola</i>	Autóctono	IC			x		
Berberidaceae	<i>Berberis empetrifolia</i>	Autóctono	FP					
Berberidaceae	<i>Berberis empetrifolia</i>	Autóctono	FP	X	X	x	x	x
Cyperaceae	<i>Zameioscirpus gaimardioides</i>	Autóctono	FP	X	X	x	x	x
Cyperaceae	<i>Carex gayana</i>	Autóctono	FP	X	X		x	x
Cyperaceae	<i>Carex macloviana</i>	Autóctono	IC			x	x	x
Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	Autóctono	N/C	X			x	x
Cyperaceae	<i>Carex chillanensis</i>	Autóctono	N/C	X				
Elaeocarpaceae	<i>Aristotelia chilensis</i>	Autóctono	FP		X			
Ericaceae	<i>Empetrum rubrum</i>	Alóctono	N/C				x	
Ericaceae	<i>Gaultheria pumila</i>	Autóctono	FP		X			x
Ericaceae	<i>Gaultheria caespitosa</i>	Autóctono	N/C		X	x		
Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtoidea</i>	Autóctono	FP		X			
Juncaceae	<i>Juncus stipulatus</i>	Autóctono	FP	X	X	x	x	
Juncaceae	<i>Patosia clandestina</i>	Autóctono	FP	X	X	x	x	x
Leguminosae	<i>Trifolium repens</i>	Alóctono	N/C				x	
Plantaginaceae	<i>Plantago barbata</i>	Autóctono	FP	X	X		x	
Poaceae	<i>Deschampsia caespitosa</i>	Alóctono	FP		X			
Poaceae	<i>Deyeuxia chrysostachya</i>	Alóctono	IC	X				
Poaceae	<i>Deyeuxia velutina</i>	Autóctono	FP		X	x	x	x
Poaceae	<i>Hordeum comosum</i>	Autóctono	FP	X			x	
Poaceae	<i>Rytidosperma virescens</i>	Autóctono	IC	X				x
Poaceae	<i>Poa acinaciphylla</i>	Autóctono	N/C		X	x	x	x
Poaceae	<i>Poa sp</i>	Autóctono	N/C			x	x	x
Rhamnaceae	<i>Discaria trinervis</i>	Autóctono	FP		X			
Rhamnaceae	<i>Discaria nana</i>	Autóctono	N/C		X		x	
Saxifragaceae	<i>Ribes cucullatum</i>	Autóctono	FP			x		

FP: Fuera de peligro, IC: Insuficientemente conocido; N/C: no clasificado

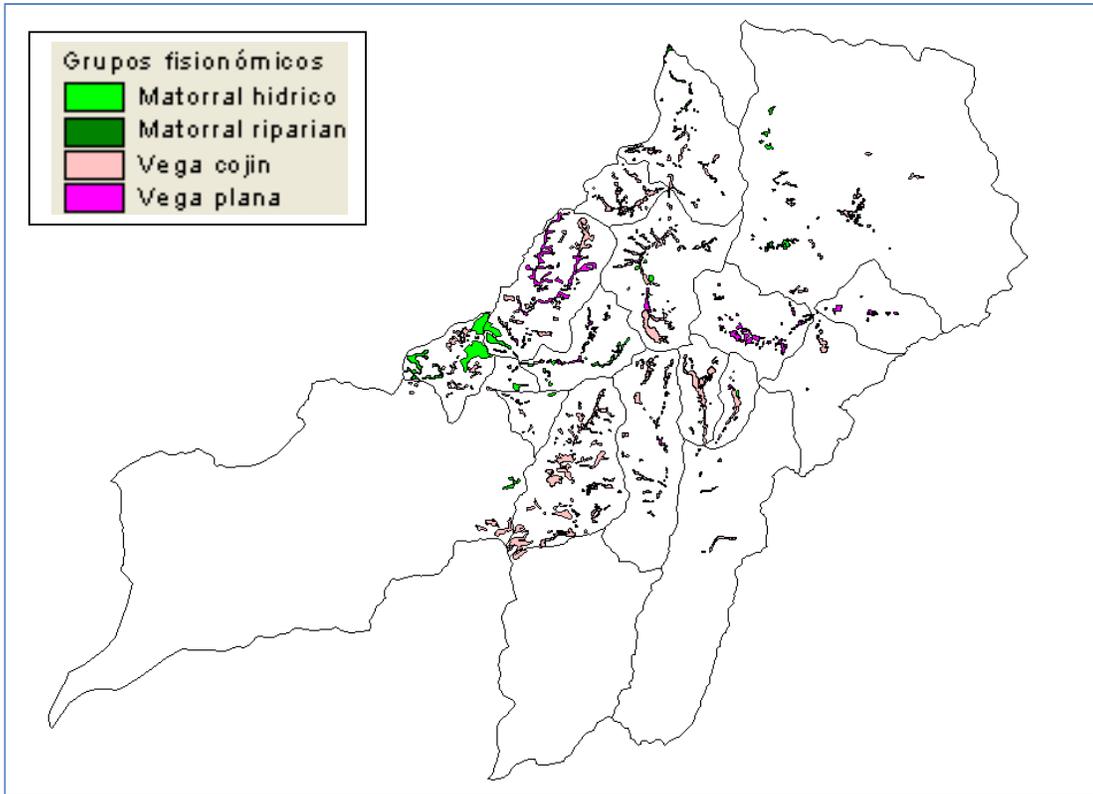


Figura 16. Vegetación azonal por grupos fisionómicos.

De la figura precedente se desprende la información que se indica en la Tabla N° 12. (Ver cartografía en Anexo 3).

Tabla N° 12. Gupos fisionómicos por cuencas.

Región	Cuenca	Subcuenca	Matorral hidrico		Matorral ripariano		Vega cojin		Vega plana		Total Sup.	Total Poli
			Sup. (ha)	Nº Poli	Sup. (ha)	Nº Poli	Sup. (ha)	Nº Poli	Sup. (ha)	Nº Poli		
Metropolitana	Colina	Estero Colina	34	2			78,5	10			112,5	12
		Estero Colina-hum1	90,8	10			16,4	3	55,3	9	162,5	22
		Estero Colina-hum2	126,2	12			194,4	34	252,3	16	572,9	62
		Estero Colina-hum3	50,8	2			122,7	20			173,5	22
		Estero Colina-hum4	10,5	2			24,6	7			35,1	9
Metropolitana	Arrayan	Esterero Arrayan					95,6	1			95,6	1
		Estero Arrayan-hum1					168,7	43	5,5	1	174,2	44
		Estero Arrayan-hum2					553	68			553	68
Metropolitana	San Francisco	Estero San Francisco	12,9	6			26,8	2			39,7	8
		Estero San Francisco-hum1	5,3	3			64,6	11	6,3	1	76,2	15
		Estero San Francisco-hum2	9,8	7			161,1	14	4,9	2	175,8	23
Valparaíso	Blanco	Rio Blanco	77,8	14			199	38	8,3	4	285,1	56
		Rio Blanco-hum1							182,4	37	182,4	37
		Rio Blanco-hum2					2,9	3	38,4	5	41,3	8
Valparaíso	Riecillo	Estero Riecillo	34,2	8	13,2	2	141,5	34			188,9	44
		Estero Riecillo-hum1	17,6	4			361,1	55	34,7	2	413,4	61
		Estero Riecillo-hum2					163,1	19			163,1	19
Total			469,9	70	13,2	2	2374	362	588,1	77	3445,2	511

Índice de singularidad de grupos fisionómicos.

Este índice es el resultado de una asignación valórica para cada grupo fisionómico azonal considerando el número de especies y el valor ecosistémico de cada grupo, de tal forma que el valor 1 se asignó al grupo de menor singularidad y 4 al de mayor singularidad (Tabla N° 13).

Tabla N° 13. Valor de singularidad

Grupo fisionómico	Nº de especies	Índice de Singularidad asignado
Vega cojín	20	1
Vega plana	12	2
Matorral hídrico	12	3
Matorral ripariano	4	4

El resultado se presenta en la Figura N° 17 y en la capa de "humedales-ccas2.shp" y humedales_v13.shp) campo "Ind-sing" que se adjunta en el SIG.

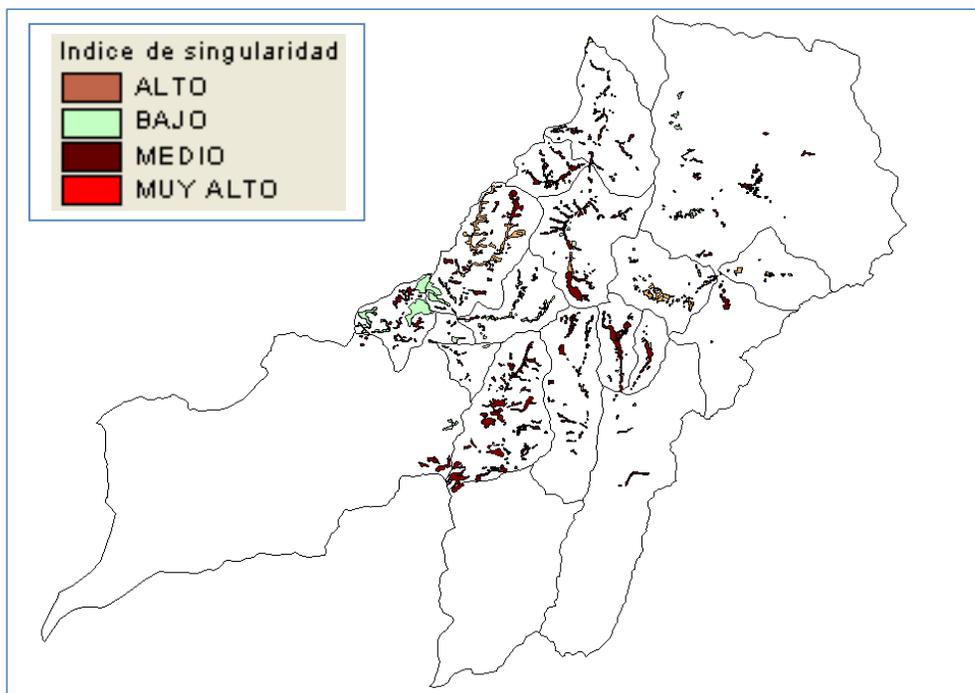


Figura N°17. Índice de singularidad de la vegetación azonal

Tamaño de unidades de vegetación azonal.

Las unidades de vegetación azonal se agrupan en la Figura N° 18 de acuerdo al tamaño, considerando que las unidades de menor tamaño son las de mayor vulnerabilidad.

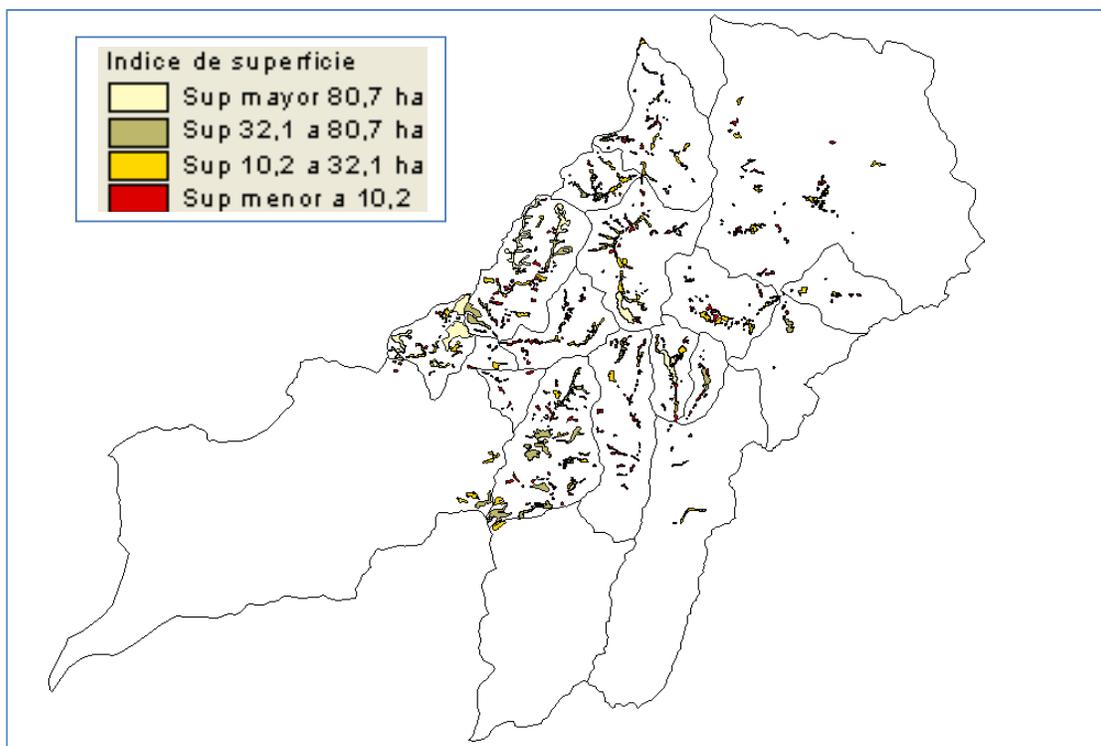


Figura N° 18. Índice de superficie de las unidades de vegetación azonal.

La distribución anterior, se refleja en la siguiente tabla (Tabla N° 14).

Tabla N° 14. Vegetación azonal según clases de superficie.

Índice vulnerabilidad-sup	Rango superficie (ha)	Sup. (ha)	Nº unidades
1	80,6 a 170	424	5
2	32,1 a 80,6	715,2	16
3	10,1 a 32,1	1.183,30	69
4	0,1 a 10,1	1.122,70	421

En general, las unidades más pequeñas (vulnerabilidad 4) se encuentran distribuidas en toda las cuencas, pero proporcionalmente es la cuenca del estero Arrayán y las subcuencas de San Francisco (Dólores y El Plomo) las que concentran un mayor número de unidades.

4.2.2.3 Vegetación azonal distribuida por variables físico ambientales.

Se analiza a continuación la vegetación azonal en función de las variables de posición topográfica, exposición, pendiente media, altimetría, disponibilidad de agua almacenada, superficie de nieve, considerando la superficie disponible en verano como promedio del año 2005 al 2010 y disponibilidad de agua total (integrando el agua almacenada y la superficie de nieve).

Posición topográfica

Esta información indica la posición relativa de la vegetación azonal en relación a su ubicación, lo que influye en radiación solar que recibe, en la disponibilidad de agua y en la evapotranspiración. La Tabla N° 15, muestra la superficie (ha) y número de polígonos de vegetación azonal, según la respectiva posición topográfica y la Figura N° 19 la distribución espacial de la unidades de vegetación azonal según la misma posición.

Tabla N° 15. Superficie y número de polígonos correspondiente a vegetación azonal según ubicación topográfica.

Posición Topográfica	Superficie (ha)	N° polígonos	Sup promedio (ha)	Sup min (ha)	Supe máx. (ha)
Fondo de quebrada	1533,1	228	6,7	0,3	93,8
Ladera alta	975,0	134	7,2	0,04	95,6
Ladera media	831,2	119	7,0	09,2	119,5
Ladera baja	105,9	30	3,5	0,5	23,2

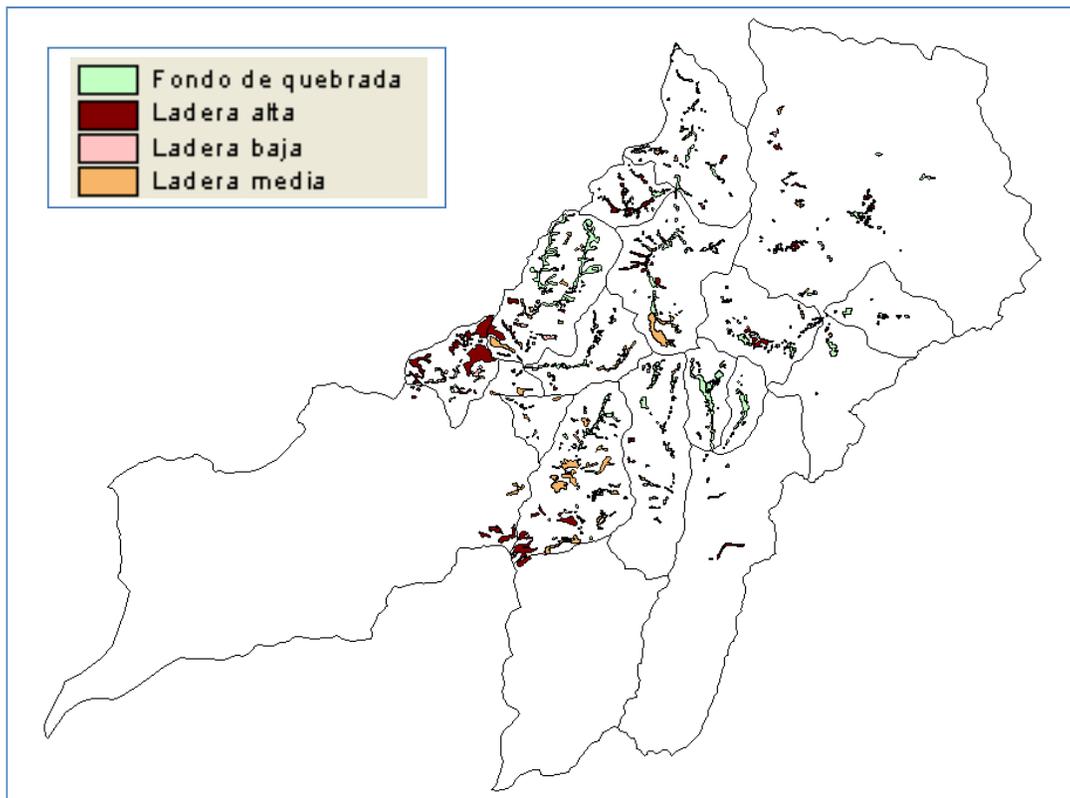


Figura 19 Vegetación azonal según posición topográfica.

Las unidades identificadas se encuentran preferentemente en los fondo de quebrada (228 polígonos), las que corresponden a un total de 1533,1 ha. Le siguen las unidades ubicadas en las laderas altas (134 polígonos), las que corresponden a un total de 975,0 ha. Finalmente se encuentran los polígonos ubicados en laderas medias y laderas bajas (119 y 30 polígonos), las que corresponden a una superficie de 831,2 y 105,9 ha, respectivamente.

Exposición.

El resultado de las exposiciones existentes, tal como se explicó en la metodología, se debe considerar en función de la escala utilizada (1: 30.000), clasificándose así en las cuatro exposiciones que se indican los terreno planos según la inclinación general de cada situación.

La distribución por exposición de las unidades de vegetación azonal se presentan en la siguiente figura (Figura N° 20).

Las superficies y unidades por cada exposición son las siguientes: en exposición norte se encuentran 63 unidades, con una superficie de 504,4 ha, en exposición oeste 103 unidades y superficie 1042,4 ha, en exposición este 194 unidades y superficie 1382 ha y en exposición sur 152 unidades y superficie 1.110,5 ha.

La información se deriva del la capa de "humedales_v12" campo "Descrexpo", disponible en el SIG.

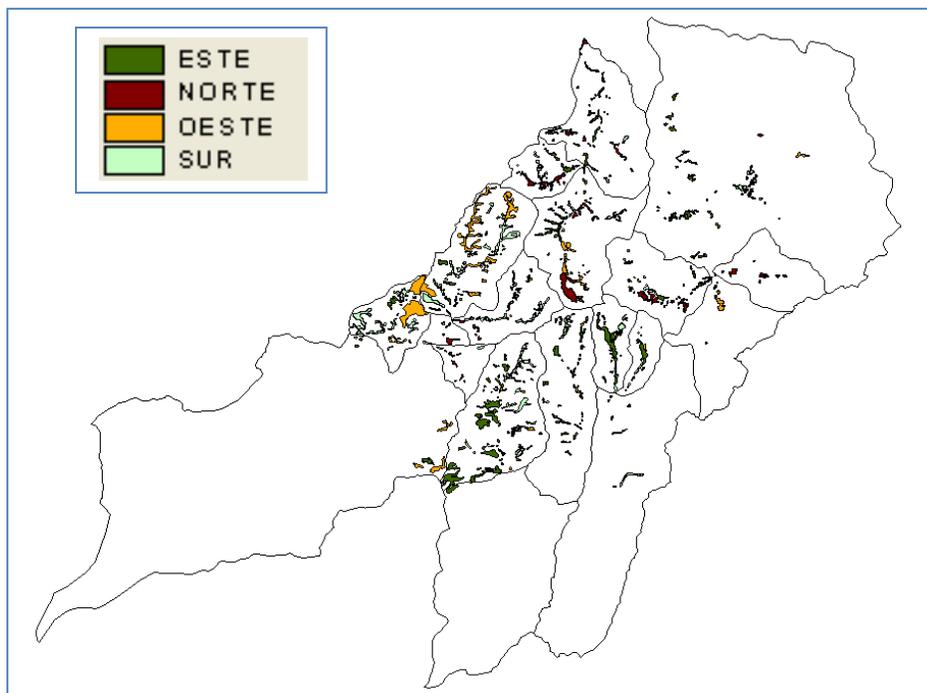


Figura N° 20. Unidades vegetacionales según exposición.

Pendiente.

La descripción de las unidades por pendiente se presenta en la Figura N° 21. Cada unidad es clasificada de acuerdo a la pendiente media (en %) en los rangos que se indican (Adaptados de la definición de Distritos de Gastó (1993)).

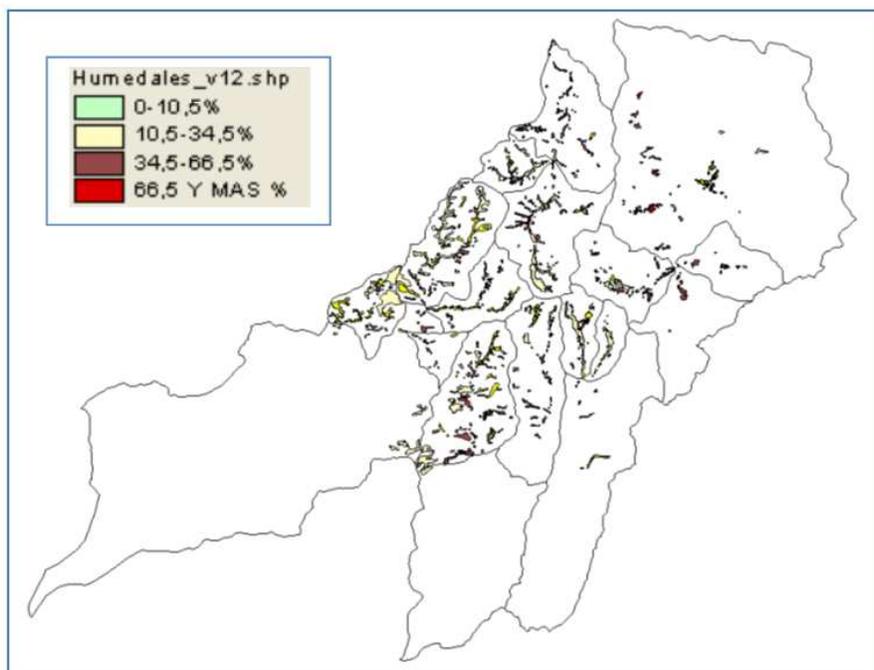


Figura N° 21. Vegetación azonal por pendiente.

La superficie del distrito de pendiente correspondiente a plano a plano inclinado (1) es de 13,8 ha y corresponde a 7 unidades, en el distrito ondulado a ondulado inclinado es de 2.230,2 ha. y de 247 unidades, en el distrito cerrano suave a inclinado se tiene 114,7 ha y 232 unidades y en el distrito montano escarpado se tienen 86,5 ha y 22 unidades. Por consiguiente, los distritos predominantes son el distrito ondulado y el cerrano, tal como se visualiza en el gráfico de la Figura N° 22.

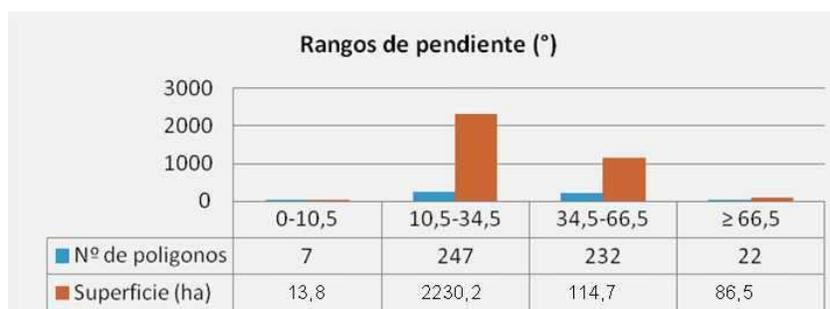


Figura N° 22. Distribución de superficie y polígonos por pendiente

Altimetría.

La distribución de las unidades de vegetación a zonal por posición altimétrica se presentan en la Figura N° 24 y los resultados se grafican en la Figura N° 23.

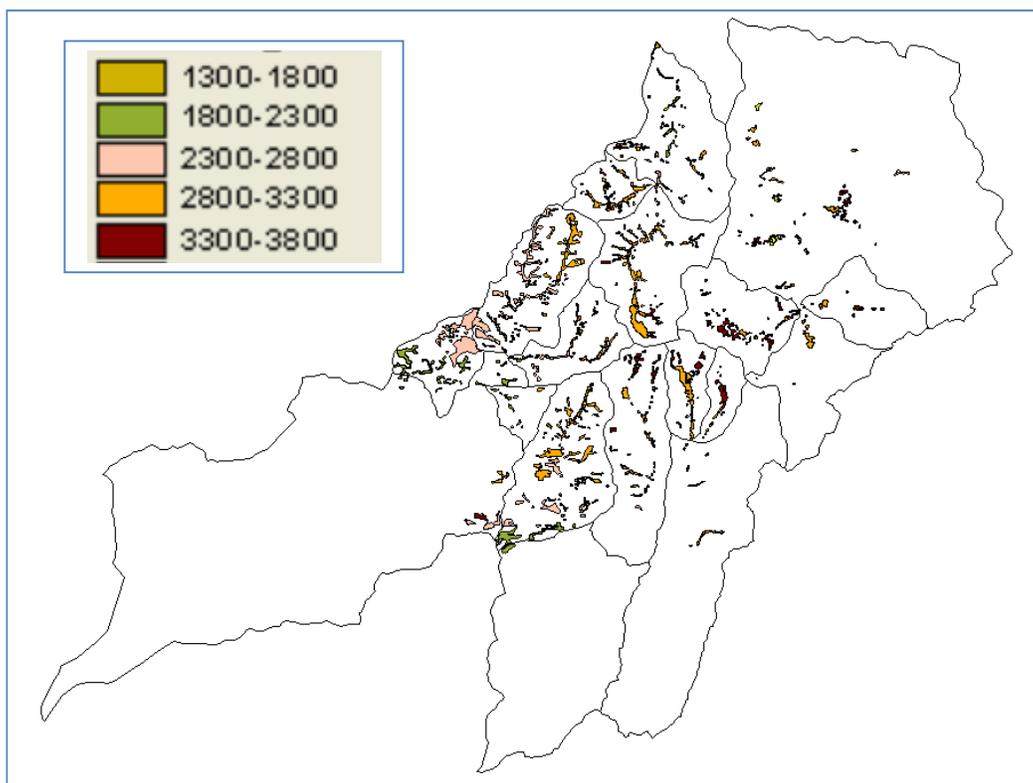


Figura N° 23. Distribución de vegetación azonal por rangos de altitud (m.s.n.m)

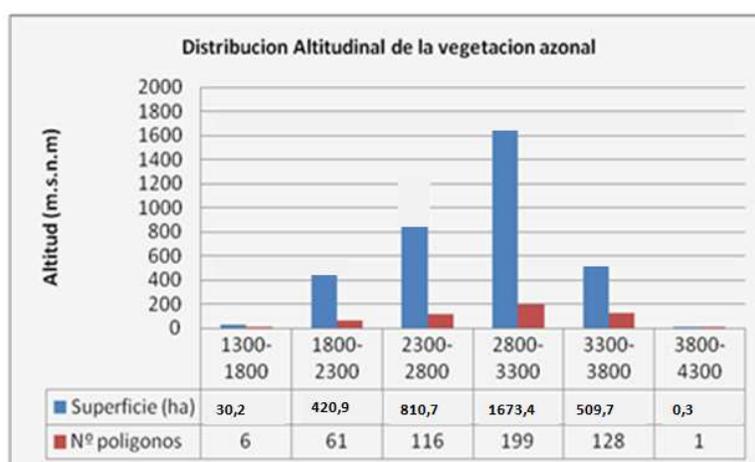


Figura N° 24. Distribución de unidades y superficie de vegetación azonal por rangos altitudinales.

Los polígonos correspondiente a vegetación azonal se encuentran entre los 2.300 y los 3.300 m.s.n.m. Siendo el rango altitudinal más común entre los 2.800 y 3.300 de altitud. Del mismo modo, en este rango se encuentran la mayor cantidad de polígonos, decreciendo la superficie y la cantidad de unidades a partir de los 3.300 m.s.n.m

Humedales según vulnerabilidad potencial de cuencas.

Este indicador asignado a los humedales se encuentra en relación con las características topográficas y con la capacidad de escurrimiento superficial de las cuencas y tiempo de concentración del caudal (Figura N° 25).

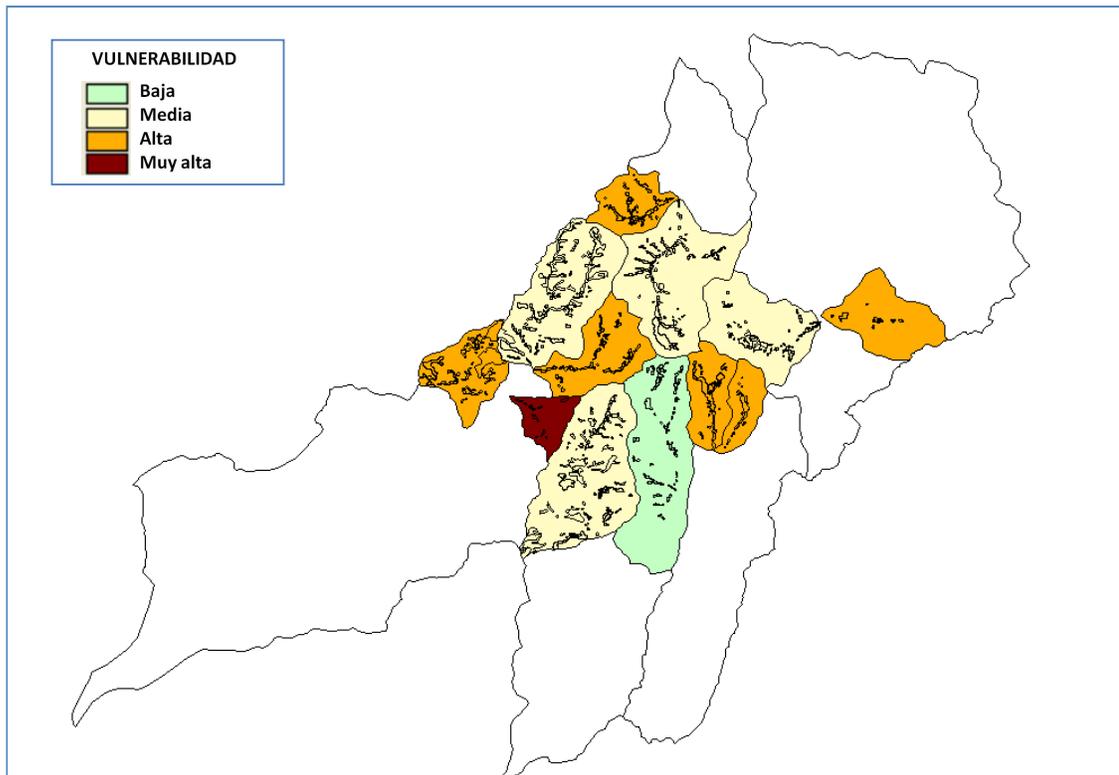


Figura N° 25. Índice de peligro asignado a la vegetación azonal por características de cuencas.

Disponibilidad de agua

Considerando la relación de sustentabilidad de la vegetación azonal con los cuerpos de agua y con la nieve disponible, se entregan a continuación los valores de disponibilidad de agua de las unidades de vegetación azonal en función de los cuerpos de agua asociados y de la nieve disponible en la cuenca (Figuras N° 26, 27 y 28).

La superficie mayor a 110,7 ha, indica humedales que están relacionados con un total de 30 cuerpos de agua en la subcuenca que en conjunto alcanza

dicha superficie, siendo el promedio por cuerpo de agua de 3,7 ha, el mínimo de 0,01 y el mayor de 32,9 ha.

En el caso de la superficie entre 37,7 y 110,7 los humedales se encuentran asociados a 24 cuerpos de agua, con un promedio por cuerpo de agua de 1,6 ha, siendo el mayor de 13,08 ha.

El rango de 10,7 a 37,7 se encuentran humedales relacionados con 4 a 5 cuerpos de agua, con un promedio de cuerpo de agua de 3,2 ha.

El rango menor a 10,7 ha, corresponde a una asociación con cuerpos de agua 1 a 4 y una superficie promedio de 1,4 ha.

Vulnerabilidad por disponibilidad de agua almacenada.

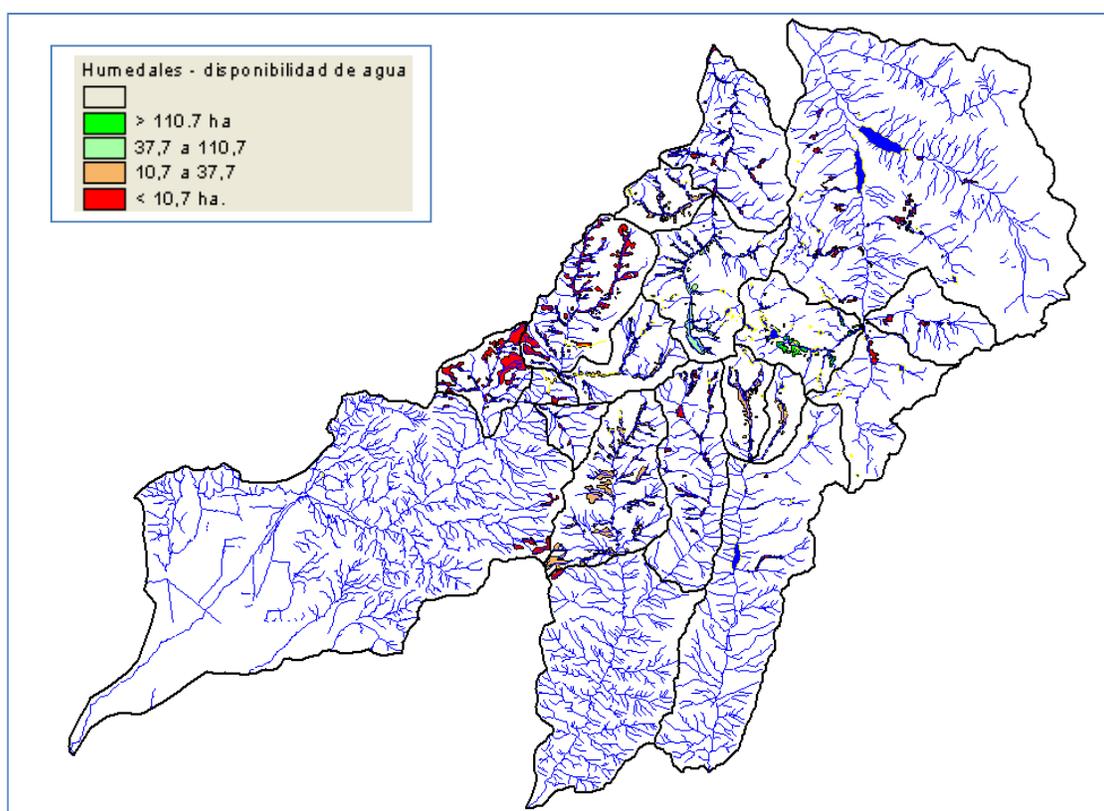


Figura N° 26. Disponibilidad de agua de unidades de vegetación azonal según superficie agua almacenada en la cuenca.

Vulnerabilidad de vegetación azonal según existencia de nieve en verano.

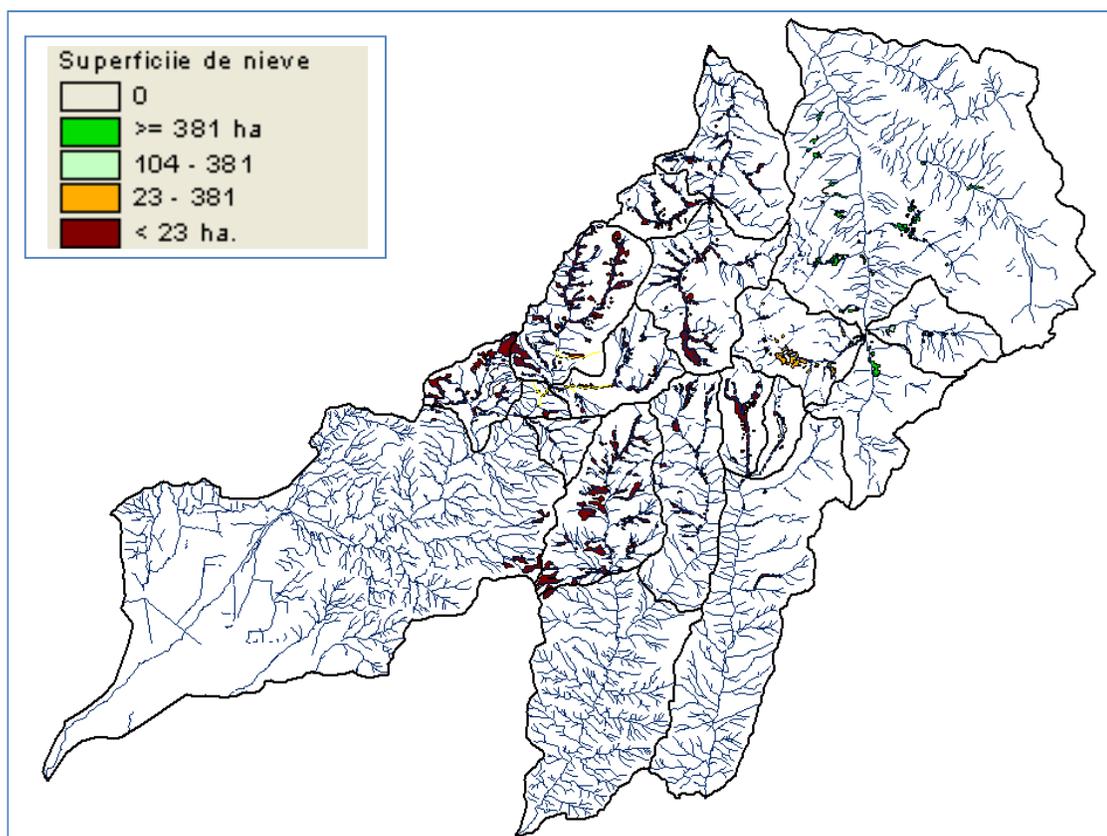


Figura N° 27. Humedales asociados a superficie de nieve por cuencas.

Los humedales del rango mayor a 381 hectáreas, implica que se encuentran asociados a una caída de nieve que entre los años 2005 y 2010 cubrió una superficie promedio de 4.257 ha. en la subcuenca donde se encuentran. Lo mismo se aplica a los demás rangos que se indican.

Considerando la asociación de los humedales con la disponibilidad promedio de agua y de nieve por cuenca (ubicados bajo dichas fuentes), se tiene el resultado de disponibilidad agua total, que se presenta en la Figura N° 28 y que se adjunta como cobertura de información en la base de datos del SIG como "humedales-ccas2.shp".

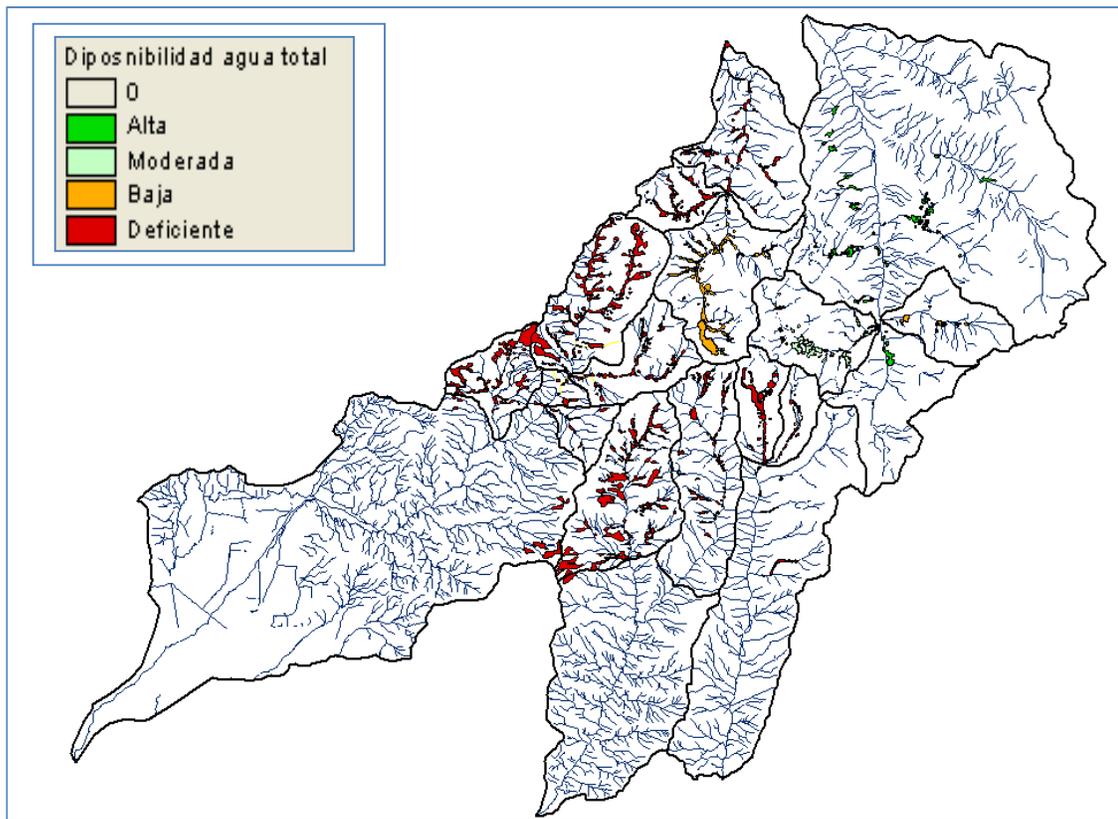


Figura N° 28. Disponibilidad de agua total de la vegetación azonal, según agua almacenada y superficie de nieve promedio, disponible en verano.

Por superficie de nieve caída promedio y por disponer de una mayor superficie de cuerpos de agua y número de unidades, la cuenca del río Blanco, los humedales correspondientes tienen un mayor potencial de disponibilidad de agua, considerándose menos vulnerables a sequías, mientras que las restantes cuencas se encuentran, comparativamente, en rangos deficitarios y por consiguiente los humedales se encuentran con mayor vulnerabilidad para mantener los requerimientos de agua de sus especies.

Índice de actividad fotosintética (NDVI) año 2010 de la vegetación azonal.

El resultado al aplicar el NDVI (promedio de NDVI de los píxeles por unidad azonal) para el año 2010, representa la última situación de actividad fotosintética que se cuantificó en el estudio, se presenta en la Figura N° 29 y en la Tabla N° 16.

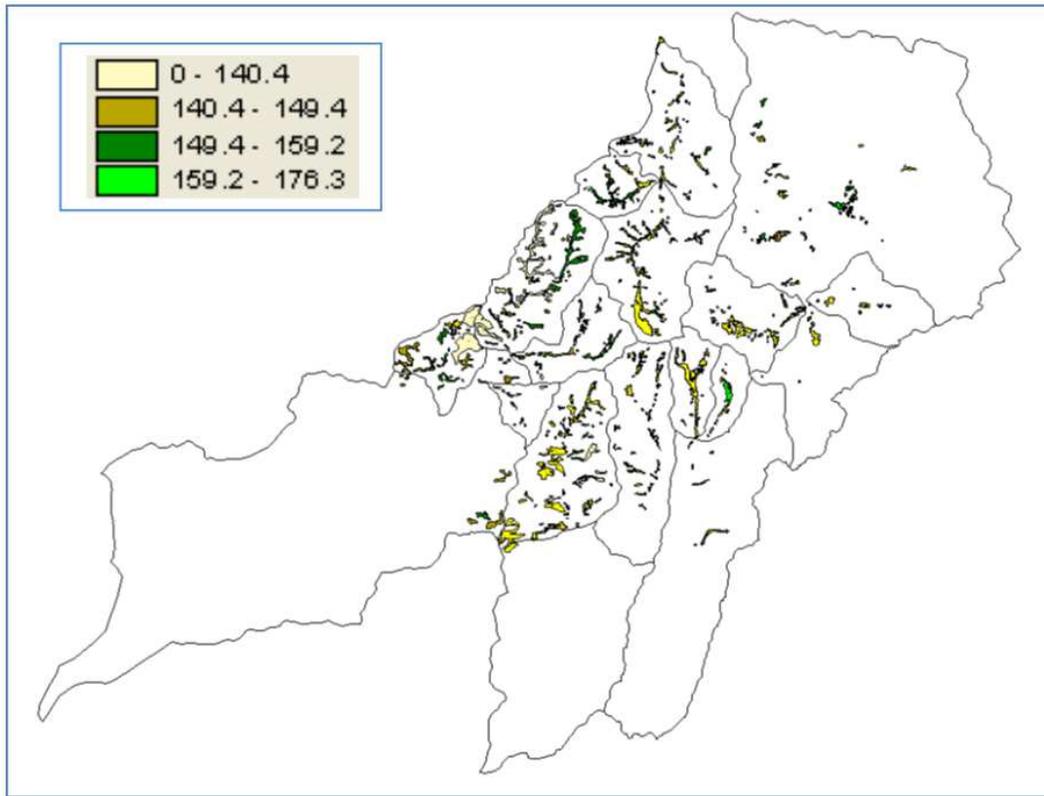


Figura 29. Clases de NDVI por unidades de vegetación azonal.

Las unidades de vegetación azonal con mayor vulnerabilidad se ubican mayoritariamente en las subcuencas de la cuenca del estero Colina y del estero Arrayán.

Tabla N° 16. Superficie y número de unidades por clases de NDVI 2010.

Clas NDVI	Indice	Unidades	Superf_ha
0-140,4	4	138	950,5
140,4 - 149,4	3	181	1049,7
149,4 - 159,2	2	155	1099,8
mayor a 152,9	1	37	345,2

Los valores promedio de NDVI, en este caso, se expresan en un rango de 0 a 255, siendo el máximo para el año 2010 de 176,3 (en la escala de 0 a 255) y se considera presencia de actividad fotosintética a partir del valor 128.

Los resultados obtenidos, son coherentes con el conocimiento de terreno y con las características estudiadas de los grupos fisionómicos de la vegetación azonal.

4.3 Análisis multitemporal

Como producto de la metodología utilizada y con la finalidad de analizar los cambios y la tendencia de éstos, se aplicaron en principio, dos índices espectrales de vigor, el NDVI y el SAVI, descartándose el SAVI, dado que los resultados obtenidos fueron menos robustos que los del NDVI, por ello se aplicó el NDVI para el análisis multitemporal realizado entre el año 1998 y 2010.

La serie de NDVI procesada corresponde a la Figura N° 30.

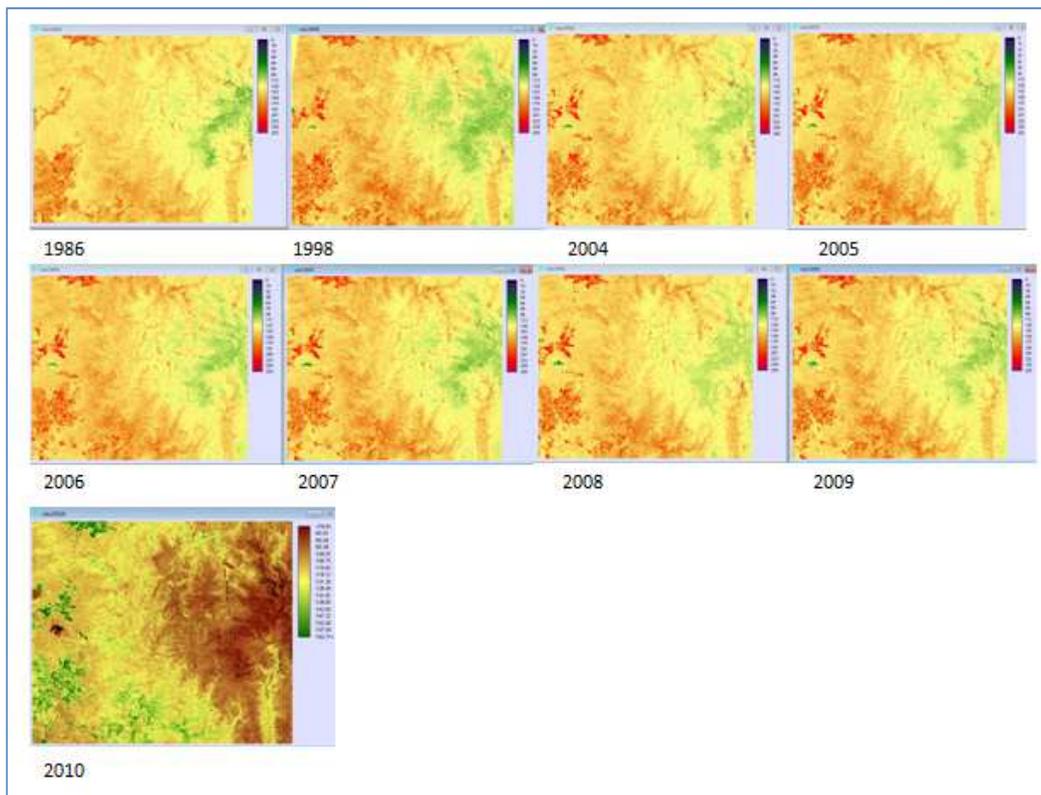


Figura N° 30. NDVI procesados entre el año 1986 y 2010.

De esta serie, para hacer el análisis de tendencia más robusto se consideró el análisis con y sin el año 1986, dado que la fecha de la data del año 86 es de noviembre y no de pleno verano como son las fechas de los años 1998 a 2010, que encuentran entre el 16 de enero y 8 de marzo. Los análisis de ambas series resultaron sin diferencias significativas, no obstante se trabajó con la serie entre el año 1998 y 2010, se descartaron los últimos años (2011 y 2012) por la extensión de la superficie de nieve en ambas imágenes.

4.3.1 Imágenes de cambios anuales.

Los resultados de cambios anuales de NDVI se presentan en las siguientes imágenes (Figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37).

Cambio 2004-1998.

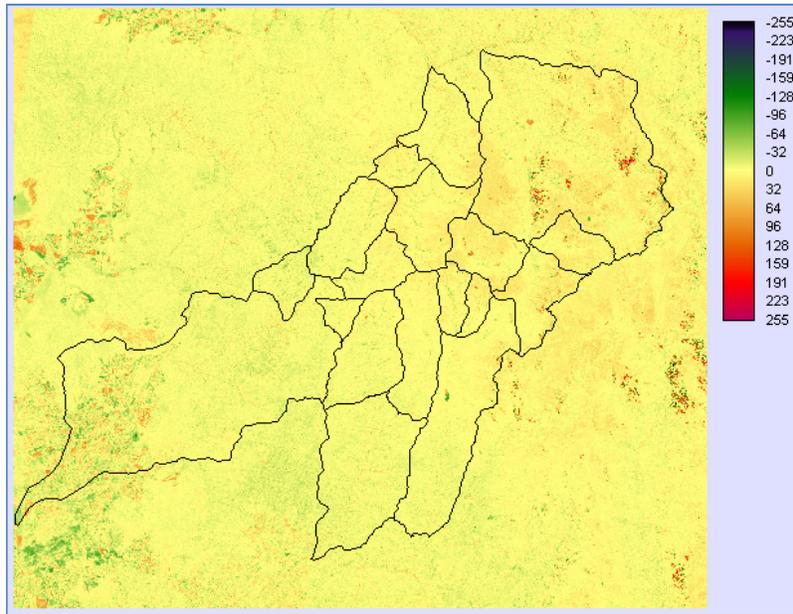


Figura N° 31. Cambios positivos y negativos de vigor vegetacional.

Entre estos se marca una tendencia a aumento del vigor vegetacional, especialmente en la cuenca del río Blanco.

Cambio 2005-2004.

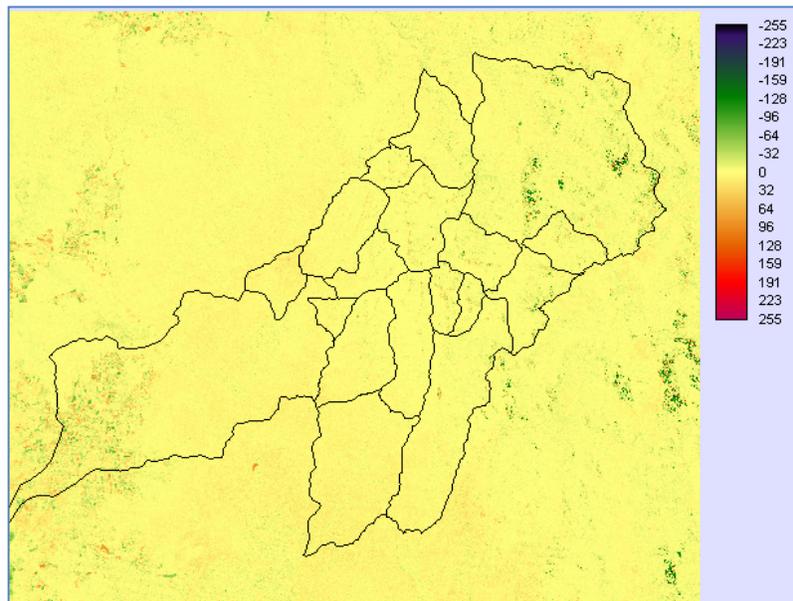


Figura N° 32. Cambios positivos y negativos de vigor vegetacional.

En estos años se produce una marcada disminución en la cuenca del Río Blanco.

Cambio 2006-2005.

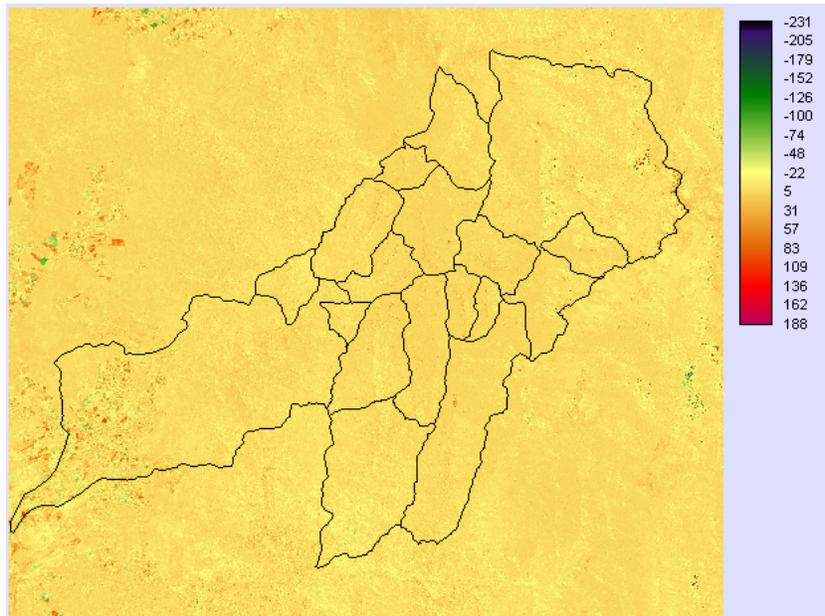


Figura N° 33. Cambios positivos y negativos de vigor vegetacional.

No existen cambios significativos entre ambos años.

Cambio 2007- 2006.

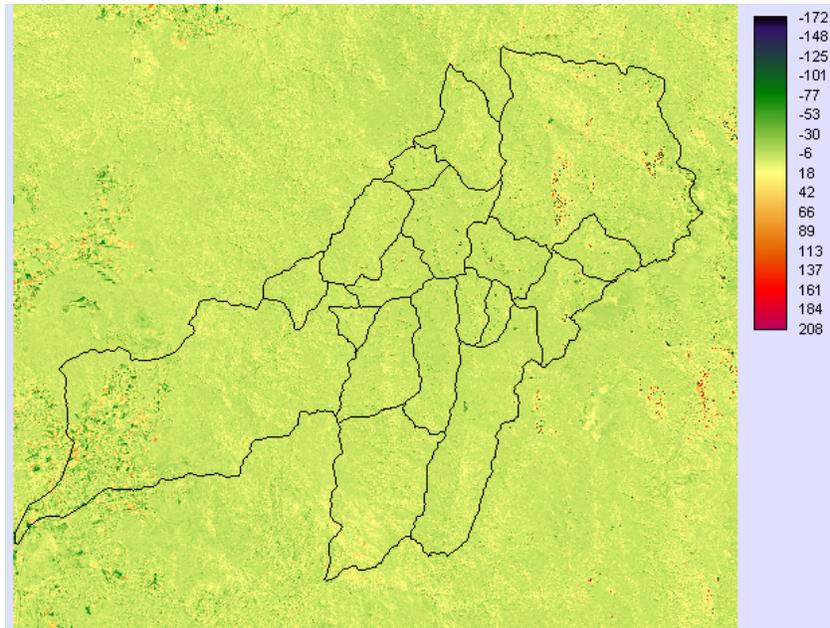


Figura N° 34. Cambios positivos y negativos de vigor vegetacional.

No existen cambios significativos.

Cambio 2008- 2007.

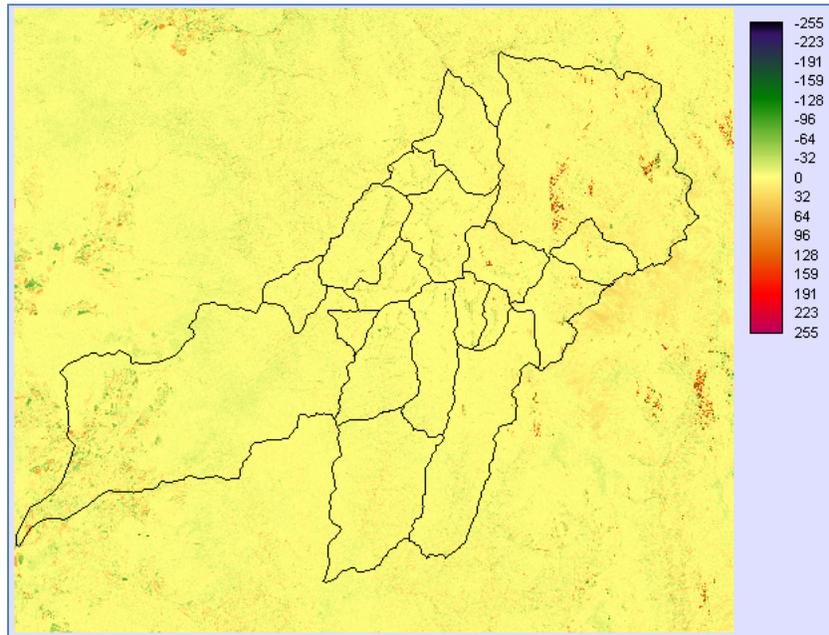


Figura N° 35. Cambios positivos y negativos de vigor vegetacional.

En general, aumentó el vigor vegetacional entre ambos años.

Cambio 2009- 2008.

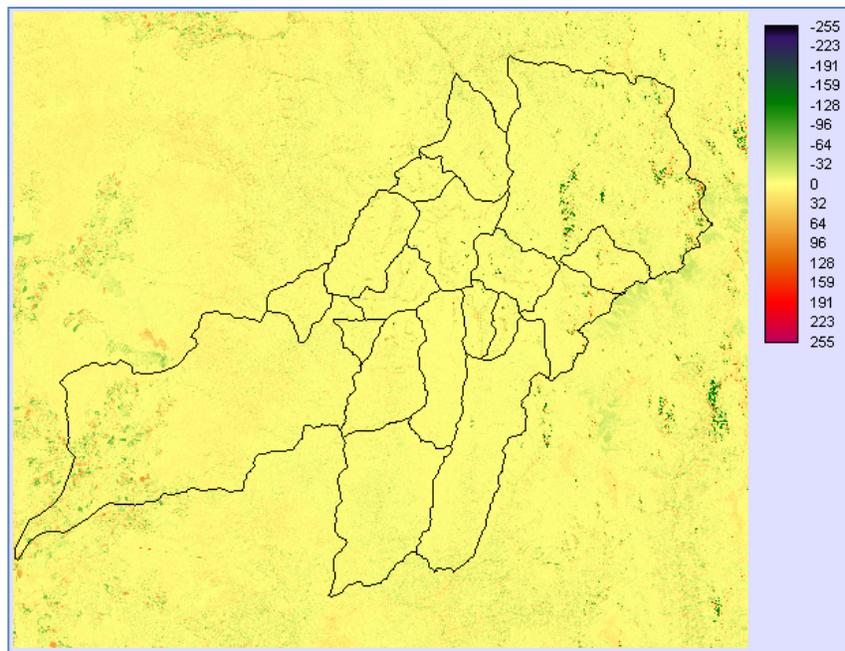


Figura N° 36. Cambios positivos y negativos de vigor vegetacional.

Entre estos años se verifica disminución de la vegetación.

Cambio 2010-2009.

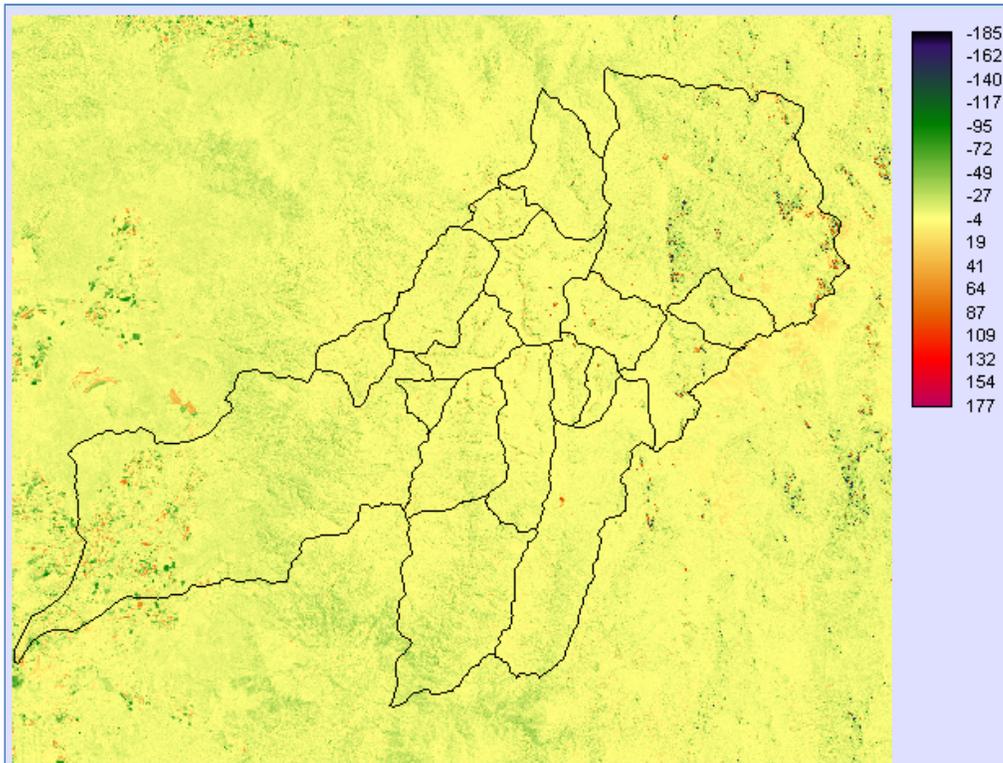


Figura N° 37. Cambios positivos y negativos de vigor vegetacional.

Se mantiene la tendencia de disminución de los años anteriores.

En general, los resultados indican que los cambios negativos se producen entre el año 2005 y 2004, entre el 2009 y 2008 y entre el 2010 y 2009.

Comparados estos resultados con la superficie de nieve caída entre los años 2005 y 2010 para la cuenca de Río Blanco, se tiene el resultado de la Figura 37.1

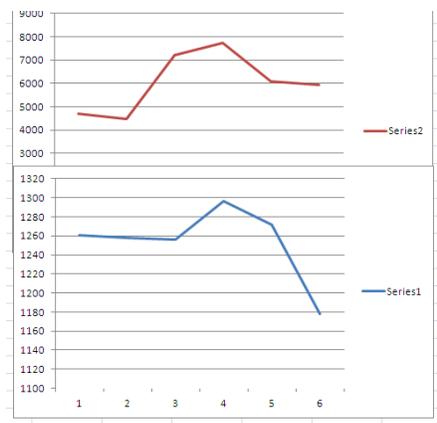


Figura 37.1 Tendencia de nieve y NDVI entre los años 2005 (1) a 2010 (6).

La serie 2 de la figura 37.1 indica superficie de nieve caída en la cuenca de río blanco entre los años 2005 al 2010 (1 a 6), mientras que la serie 1 corresponde a los valores promedio de NDVI de la vegetación azonal en la misma cuenca.

La nieve caída experimenta en los años 2007 y 2008 las mayores superficies, lo que se refleja en un alza del promedio del NDVI en los años 2008 y 2009, resultados que evidencian la influencia de la disponibilidad de agua por régimen nival en la vegetación azonal.

4.3.2 Tendencia de la serie de NDVI.

Los resultados obtenidos aplicando tanto el Índice de Verdor relativo (IVR), como el Índice de Decremento del Vigor (IDV) son similares, no obstante ser el IDV un indicador más absoluto y no relativo como es el IVR (toma como referencia los máximos y mínimos de la serie, respecto de los cuales pondera los valores del último año de la serie) se trabajó con el IDV, no obstante se entregan en la base de datos ambos resultados.

4.3.2.1 Clases de Índice de Verdor Relativo de la vegetación azonal.

El resultado, en este caso, representa la tendencia relativa del año 2010 (en %) respecto del total de los años analizados (Figura N° 38), valores debidamente clasificados en cuatro clases de tendencia.

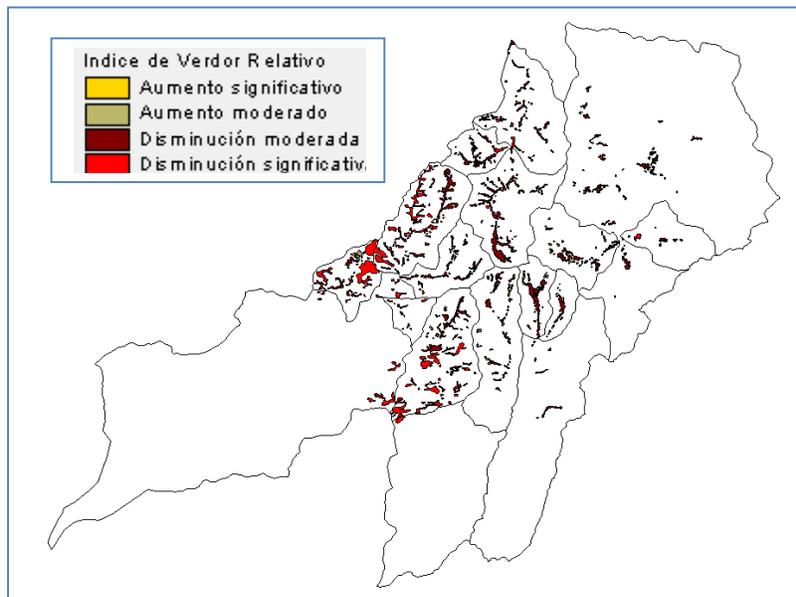


Figura N° 38. Clases de Índice de Verdor Relativo entre el año 1998 y 2010.

La tendencia general es a la disminución moderada y significativa de la actividad fotosintética de la vegetación azonal en todas las cuencas en estudio.

4.3.2.2 Clases de Índice de Decremento de Verdor de la vegetación azonal.

Al igual, que en el caso anterior, se presentan los resultados de la tendencia (pendiente) de la vegetación azonal entre el año 1998 y 2010 (Figura N° 39 y Tabla N° 17).

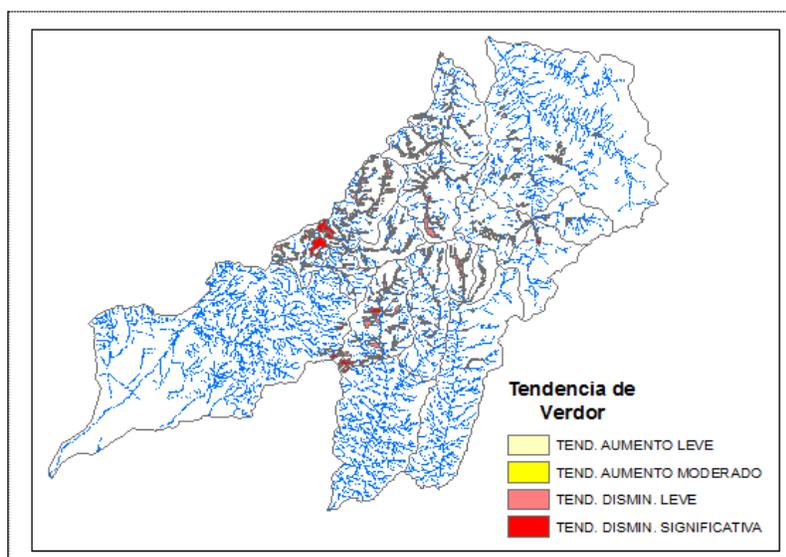


Figura N° 39. Clases de tendencia de la vegetación azonal, de acuerdo al IDV.

Las cuencas con mayor número de unidades de muy alta vulnerabilidad (clase de tendencia disminuir significativamente el vigor) son Colina y Arrayán.

Tabla N° 17. Unidades de vegetación azonal y superficie por clases de IDV

Clas IDV	Indice	Unidades	Superf_ha	% sup
1,4 a 6,6	1	56	107,8	3,1
0 a 1,4	2	98	498,1	14,4
0 a - 1,4	3	213	1874,1	54,4
menor a -1,4	4	144	965,2	28,1
	Total	511	3445,2	100,0

Este resultado confirma la tendencia del IDV, colocando el 82,5 por ciento de la superficie de vegetación azonal en una tendencia a disminuir moderadamente a significativamente el vigor vegetacional representado por el NDVI. Superficie que equivale a 357 unidades de vegetación azonal, de las cuales 144 se encuentran en una vulnerabilidad muy alta.

Obtenida una muestra de humedales, para verificar la tendencia, se visualizan las gráficas respectivas en las figuras siguientes (Figura N° 40, 41, 42, 43, 44, 45 y 46).



Figura N° 40. Humedal 506 NDVI.



Figura N° 41. Humedal 100. NDVI



Figura N° 42. HUMEDAL 2. NDVI



Figura N° 43. HUMEDAL 84 NDVI



Figura N° 44. HUMEDAL 109. NDVI



Figura N° 45. HUMEDAL 240 NDVI



Figura N° 46. HUMEDAL 238 NDVI



Figura N° 47. HUMEDAL 358 NDVI

4.3.3 Reducción de unidades de vegetación azonal entre el año 1986 y 2012.

Analizados los cambios, en cuanto a unidades de vegetación azonal existentes entre el año 1986 y 2012 se obtuvo como resultado que en general se matuvieron las unidades con excepción de aquellas que fueron eliminadas directamente por obras de la minería, tal como se muestra en las figuras siguientes (Figura N° 48, 49, 50, 51, 52).



Figura N° 48. Imagen TM, Vegetación azonal 1986 (28 noviembre) en área de faenas de los Bronces.

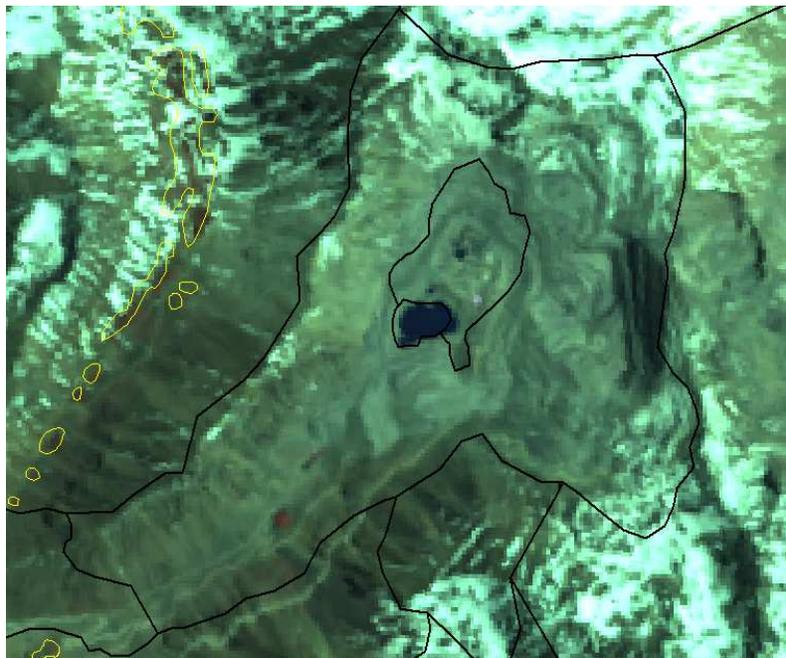


Figura N° 49. Imagen TM 1999. Disminución a dos humedales en el área directa de las faenas de la mina Los Bronces

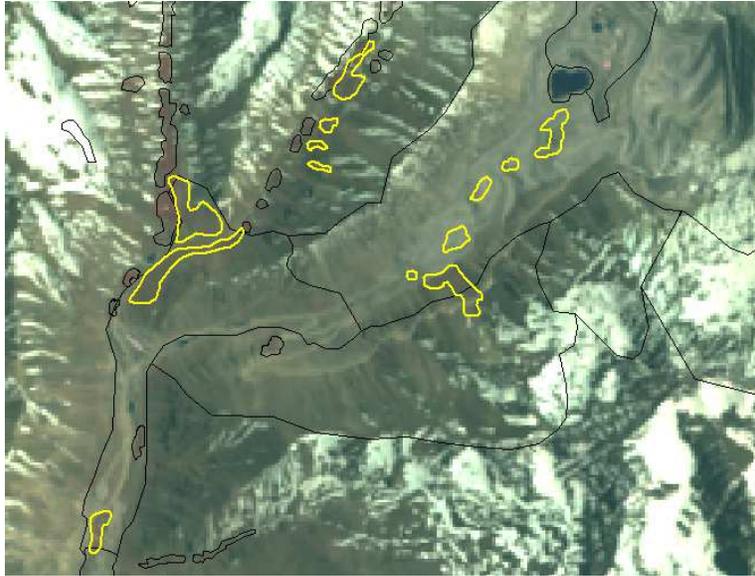


Figura N° 50. Imagen TM año 2001, faenas en mina Los Bronces, vegetación azonal intervenida.

En amarillo vegetación correspondiente al año 1986 que no existe en el año 2001.

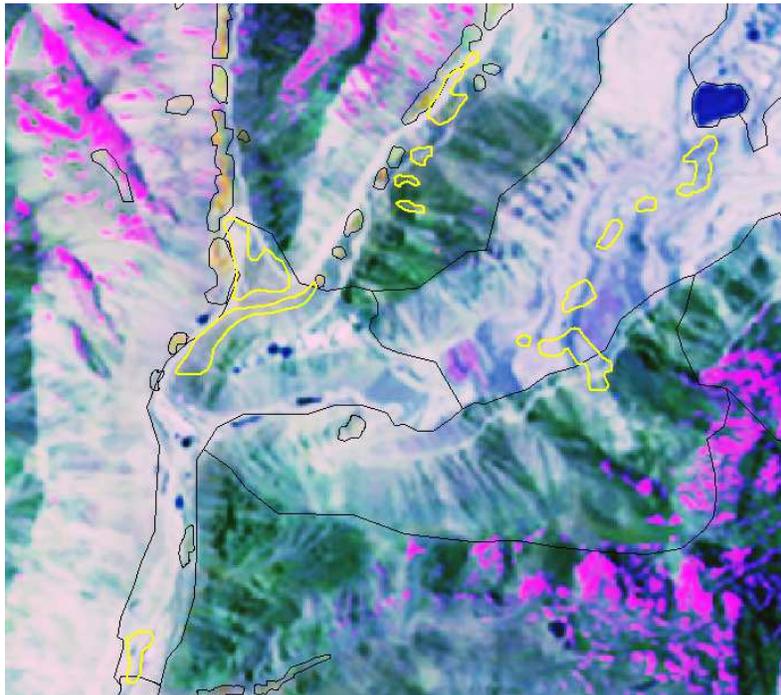


Figura N° 51. Imagen TM año 2011 (17 noviembre), en amarillo vegetación azonal que se intervino en las subcuencas del Estero Dolores y el Plomo.



Figura N° 52. Imagen THEOS, 2012 (Abril). Área Los Bronces (Anglo América y CODELCO), detalle de caminos y de remoción de suelo en zonas de vegetación azonal, cuyas unidades fueron eliminadas o reducidas fuertemente la superficie (en amarillo vegetación azonal del año 1986).

La superficie total que se afectó entre el año 1986 y 2012 (abril) es de 70,4 ha, a las que se agregan 9,6 ha. del Estero Riecillo por faenas de Anglo América y 49,5 ha. por faenas de CODELCO, en la cuenca del Estero Río Blanco.

En total, la superficie de vegetación azonal eliminada por faenas mineras entre el año 1986 y 2012 (abril) es de 129,5 ha.

4.4 Obras e infraestructura asociada.

El análisis de los proyectos ingresados al SEA y el análisis de los datos satelitales permitieron determinar las áreas de influencia, obras e infraestructura asociada en el área de estudio, cuya cartografía se presenta a continuación (Figura N° 58) y el correspondiente shp se encuentra en los archivos digitales del SIG.

4.4.1. Resumen de los proyectos analizados.

Los antecedentes proporcionados por el Servicio de Evaluación Ambiental (1), entre los que se encuentran los Estudios de evaluación ambiental (EIA) y Declaraciones de impacto ambiental (DIA) permitieron conocer y describir, los potenciales impactos de la industria minera sobre la vegetación azonal en las cuencas estudiadas.

¹ Servicio de Evaluación ambiental: <http://www.sea.gob.cl/>

De acuerdo con las características de los Proyectos, se identificaron las áreas de influencias, actividades y obras que producen impactos sobre la vegetación y la flora azonal.

A continuación se describen los principales proyectos productivos que se desarrollan en el área de estudio.

a) Empresa: CODELCO División Andina.

Año: 2006

Nombre del Proyecto: Despacho de Drenajes de Botaderos para Utilización Externa.

Ubicación: Parte de las obras de conducción de drenajes se ubican en la Comuna de Lo Barnechea, Provincia de Santiago, Región Metropolitana, específicamente en el área de la faena minera Los Bronces, de Minera Sur Andes Ltda. en la cuenca alta del Estero San Francisco, a una cota aproximada de 3.500 m.s.n.m. y en el entorno de las coordenadas UTM 6.333.000 N y 380.500 E.

Área de influencia:

El Área de Influencia del Proyecto se ha definido en relación a la localización de las obras y a la extensión espacial que puede alcanzar la manifestación de los diversos impactos generados por él. Dado que el tipo de impacto generado, su magnitud y extensión, entre otras variables, en general difieren entre los diversos componentes del medio, es necesario definir áreas de influencia específicas para cada uno de ellos. A continuación se establecen las áreas de influencia en las cuales se estima se manifestarán los impactos del Proyecto, y por tanto en ellas se centra posteriormente la caracterización de la línea de base.

Cuenca afectada: Río Blanco, estero Riecillos.

El Proyecto tiene incidencia en las siguientes áreas geográficas:

Área Río Blanco Superior: corresponde al área de la cuenca alta del río Blanco ubicada sobre los 3.500 m.s.n.m., en la cual se ejecutarán las obras de bocatomas, sifón y túnel. Esta área se inserta dentro de la actual faena de División Andina, es decir, en un sector de actividad minera y por tanto intervenida.

Área Los Bronces: corresponde al área donde se ubica la faena minera de MSA en la cuenca alta del estero San Francisco, Región Metropolitana, sobre los 3.500 m.s.n.m. (sector Este); en esta área se ejecutarán las obras de salida del túnel y cámara de despacho de drenajes a MSA. Al igual que el área anterior, ésta se encuentra intervenida por actividad minera.

Área Riecillos Medio: corresponde al tramo ubicado entre las cotas 2.400 y 2.700 m.s.n.m. en la ladera Este del estero Riecillos, en el cual se instalará la tubería de devolución de aguas. En este tramo de ladera no existen obras en la actualidad.

Área Río Blanco Medio: corresponde al tramo del río Blanco ubicado entre el sector de bocatomas del Proyecto y el punto de devolución de aguas desde el estero Riecillos (entre las cotas 2.450 y 3.500 m.s.n.m.); este tramo del río experimentará una reducción de caudal mientras se esté despachando drenajes a MSA, y se ubica completamente dentro de los terrenos en que desarrolla sus actividades División Andina.

Área Río Blanco Inferior: corresponde al tramo del río Blanco que verá mejorada su calidad cuando se despachen drenajes a MSA, y se ubica bajo el punto de devolución de aguas (bajo la cota 2.450 m.s.n.m.).

b) Empresa: CODELCO División Andina.

Año: 2005

Nombre del Proyecto: EIA, Obras complementarias Proyecto Expansión División Andina, para la ampliación intermedia a 92 ktpd.

Ubicación: El área Mina-Planta Cordillera se ubica en el valle del Río Blanco a 60 Km al sureste de la comuna de los Andes, V región.

Área de influencia: Río Blanco, en su porción; superior, medio e inferior

Cuenca afectada: Río Blanco

El proyecto tiene incidencia en las siguientes áreas geográficas:

Área mina, Planta - Cordillera: Se ubica en la comuna de los Andes, provincia de Los Andes, V Región de Valparaíso y se encuentra conformada por la cuenca alta del Río Blanco, el cual para este proyecto fue dividido en tres porciones:

Área Río Blanco Superior: corresponde al área de la cuenca alta del río Blanco ubicada sobre los 3.500 m.s.n.m. Esta área está inserta dentro de la actual faena de División Andina, sector altamente intervenido por las actividades mineras.

Área Río Blanco Medio: corresponde al tramo del río Blanco ubicado entre el sector de bocatomas del proyecto y punto de devolución de aguas desde el estero Riecillos (entre las cotas 2.450, 3.500 m.s.n.m.). Este tramo se ubica completamente dentro de los terrenos en que se desarrolla la actividad minera.

Área Río Blanco inferior: se ubica bajo el punto de devolución de aguas (bajo la cota 2.450 msnm).

Cabe destacar que en esta área se involucran para el proyecto las zonas de la mina, el botadero y la planta de procesos.

Otra área de influencia es el Área STP (Sistema de Transporte de Pulpas): la cual se inicia en la comuna de los Andes, provincia de los Andes y corresponde a una franja de aproximadamente 60 metros la cual se extiende en un trayecto de 86 Km entre el área Mina Planta Cordillera (3.000 msnm) y el área planta Ovejería (800 msnm).

c) Empresa: CODELCO División Andina.

Año: 2011

Nombre del Proyecto: Proyecto Expansión Andina 244

Ubicación: Las obras asociadas a la mina y a la nueva planta concentradora se encuentran emplazadas en la Provincia de Los Andes, Región de Valparaíso, en tanto el tranque de relaves y la nueva planta de filtros se ubican en la comuna de Til Til, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana. La canaleta para el transporte de relaves, el sistema de recirculación de agua, las líneas de transmisión eléctrica de 220 kV y 33 kV, y la tubería para el transporte de concentrado atraviesan, la comuna de Colina.

Área de influencia: Río Blanco, en su porción; superior, medio e inferior y Riecillos en su parte alta.

Cuenca afectada: Río Blanco, Estero Riecillos

Cordillera, Nueva Planta Concentradora y Ovejería

Adicionalmente, se han definido dos sectores intermedios, en las cuales se emplazarán las obras lineales que conectan las instalaciones ubicadas en las áreas anteriormente señaladas. Estos sectores intermedios se denominan

Cordillera: Este sector se encuentra ubicado en el valle del Río Blanco donde se ubican, entre otras instalaciones, la mina rajo, la mina subterránea, el Nodo 3.500, el depósito de lastre norte (DLN) y el sistema de manejo de aguas de contacto y aguas de escorrentía superficial. Adicionalmente, en este sector también se ubican los portales de ingreso al túnel de transporte de mineral que se inicia en el sector del Nodo 3.500.

Sector Cordillera – Nueva Planta Concentradora: en este sector encuentra ubicado el túnel de transporte de mineral el cual continúa hacia el sector de la Nueva Planta Concentradora, atravesando los cordones montañosos que dan origen a los valles de Río Blanco, por el oriente y del estero Riecillos, por el

poniente. Este sector se extiende por aproximadamente 26 kilómetros - medidos linealmente.

d) Empresa: CODELCO División Andina.

Año: 2010

Nombre del Proyecto: Disposición de Lastre y Sistema de manejo de drenajes

Ubicación: Las obras del proyecto se encuentran dentro del área industrial de División Andina, en un tramo del valle del Río Blanco, V Región de Valparaíso.

e) Empresa: CODELCO

Año: 2011

Nombre del Proyecto: Planta de recuperación de cobre y molibdeno desde relaves

Ubicación: El Proyecto se localiza en la Región Metropolitana, Provincia de Chacabuco, Comuna de Til-Til, aproximadamente a 50 kilómetros al norte de la ciudad de Santiago, específicamente al interior del sector de Ovejería de División Andina de Codelco-Chile, específicamente al noreste del tranque de relaves

Área de influencia: Al Proyecto se accede tanto desde la Ruta 5 Norte como desde la Ruta CH-57, tomando luego la Ruta G-71 hasta el camino de desvío que llega hasta la localidad de Huechún, para finalmente acceder al sector de Ovejería de División Andina de Codelco.

f) Empresa: Anglo American

Año: 2006

Nombre del Proyecto: Proyecto de Desarrollo los Bronces.

Ubicación: El proyecto corresponde a un proyecto birregional, entre la Región Metropolitana y la V región de Valparaíso.

Área de influencia: Zona los Bronces: Zona cordillerana RM, Sector Riecillos V región.

Zona las Tórtolas; valle Central región Metropolitana.

Zona sistema de transporte de pulpa; trayecto entre valles de estero Arrayan y Colina.

Los Bronces: Zona cordillerana de Santiago: 6.635.600- 6.328.000 m Norte y 375.700 — 382.200 m Este

Sector Riecillos Norte 6.6.336.800 – este 374.500 y Norte 6.352.500 y Este 374.800

Las Tórtolas: Valle central RM: 6.336.000 - 6.329.900 m Norte y 335.000 — 342.200 m Este.

g) Empresa: Anglo American

Año: 2008

Nombre del Proyecto: Línea de Transmisión Eléctrica 220 kV Polpaico – Confluencia.

Ubicación: El proyecto considera la instalación de una línea de transmisión eléctrica de 220 kV entre la subestación Polpaico ubicada en la comuna de Lampa, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana y el área de Confluencia II de la faena minera Los Bronces ubicada en la comuna de Lo Barnechea, Provincia de Santiago, Región Metropolitana

Área de influencia: El trazado se inicia en la subestación Polpaico, a 540 m.s.n.m., unos 35 kilómetros al norte de la ciudad de Santiago y 18 km al oeste de la localidad de Colina, extendiéndose en dirección al este para internarse por el cajón del estero Colina, siguiendo aproximadamente el trazado del mineroducto y camino de servicio existentes de la faena Los Bronces. El trazado continúa en dirección al este atravesando el cordón montañoso Los Españoles y el tramo alto del estero El Arrayán, para luego orientarse en dirección al noreste, por el cajón del estero Ortigas. Posteriormente, el trazado asciende hasta la divisoria de aguas de los esteros Ortigas y San Francisco, alcanzando una elevación de 3.200 m.s.n.m, recorriendo de sur a norte unos 5 kilómetros por dicha divisoria, para finalmente cruzar el estero El Plomo hasta el área Confluencia II, donde la línea se conecta con la subestación eléctrica Confluencia, perteneciente al Proyecto Desarrollo Los Bronces, a unos 3.100 m.s.n.m.

h) Empresa: Anglo American.

AÑO: 2009

NOMBRE PROYECTO: DIA- Optimización y mejoramiento al sistema de transporte de pulpa del proyecto desarrollo los Bronces

UBICACIÓN: El Proyecto se desarrollará en una extensión lineal de aproximadamente 57 km entre la denominada "Área Los Bronces", ubicada en la zona cordillerana de la Región Metropolitana y el "Área Las Tórtolas", ubicada en el valle central de la Región Metropolitana, en la provincia de Chacabuco, comuna de Colina.

AREA DE INFLUENCIA: El emplazamiento del STP se extiende entre la planta de molienda Confluencia (Los Bronces), comuna de Lo Barnechea y la planta de flotación Las Tórtolas en la Comuna de Colina, en un recorrido de aproximadamente 57 km de longitud y una diferencia en cota de 2.650 m. El

área de Los Bronces se localiza a unos 65 km al noreste de la ciudad de Santiago en la cordillera de la Región Metropolitana y el Área de Las Tórtolas se localiza a unos 30 km al norte de Santiago en el Valle Central de la Región Metropolitana.

CUENCA AFECTADA: San Francisco, Arrayan y Colina.

i) Empresa: Anglo American.

AÑO: 2008

NOMBRE PROYECTO: DIA – Línea de Transmisión Eléctrica 220 kV Maitenes-Confluencia

UBICACIÓN: El Proyecto se localiza en la Región Metropolitana, Provincia de Santiago, comuna de Lo Barnechea.

AREA DE INFLUENCIA: El trazado se inicia en la subestación Maitenes (existente) a 1.600 m.s.n.m. extendiéndose en dirección al norte a lo largo del valle del estero San Francisco (principalmente por la parte baja y media de su ladera Este y dentro de la misma franja de servidumbre de la línea de transmisión N°1 de 66 kV (existente) hasta alcanzar una elevación de 3.100 m.s.n.m. y empalmar con la subestación eléctrica Confluencia perteneciente al Proyecto Desarrollo Los Bronces.

El trazado de la línea de transmisión eléctrica cubre un trayecto aproximado de 17 kilómetros entre la subestación Maitenes y la nueva subestación Confluencia, quedando comprendido en su totalidad dentro del área industrial de la faena.

CUENCA AFECTADA: San Francisco

4.4.2. Espacialización de áreas de influencia, mineroducto, línea de transmisión eléctrica y principales faenas.

Mineroducto.

El mineroducto fue construido por CODELCO y ampliado por Anglo Américan a un ducto de 28 pulgadas en un trayecto de 52 Km que va desde la zona de operaciones de la Mina Los Bronces a Planta las Tórtolas.

El mineroducto cruza de este a oeste el área de estudio produciendo impacto directo en un área de influencia de a lo menos un km. a ambos lados del eje (Figura N° 53).

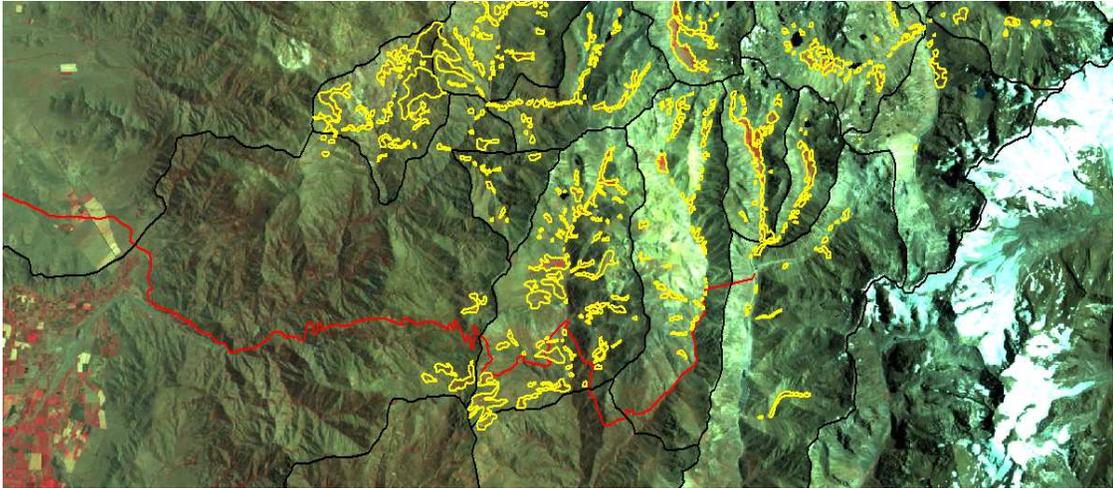


Figura N° 53. Trazado del mineroducto sobre imagen Tm el año 1986.

El mineroducto no existía al 28 de noviembre del año 1986. En amarillo las unidades de vegetación azonal identificadas en dicho año.

La siguiente figura (Figura N° 54), presenta el mineroducto en la imagen del año 2012.



Figura N° 54. Mineroducto 24 de abril 2012.

Tendido eléctrico.

El trazado de la Línea de Transmisión Eléctrica 220 kV Polpaico – Confluencia (Figura N° 55) corresponde a la zona cordillerana de la Región Metropolitana, emplazada aproximadamente a 70 km al nororiente de la ciudad de Santiago, en la comuna de Lo Barnechea. Luego continúa por el sector de confluencia de los esteros El Plomo y San Francisco (3.100 m.s.n.m.) y se extiende a lo largo del trazado del mineroducto existente, hasta la cota 1.930 m.s.n.m. El acceso

se realiza por el camino Santiago-Farellones (Ruta G-21) hasta aproximadamente Corral Quemado (km 17), donde comienza el camino hacia Paso Marchant y Los Bronces (Ruta G-245). El acceso al sector oeste de Confluencia se efectúa cruzando el túnel ortiga, ubicado en las inmediaciones de la faena minera Los Bronces.

La zona alta se caracteriza por la ausencia de vegetación arbórea y la dominancia de sectores desprovistos de vegetación, en la parte media se presenta bosque nativo en laderas y fondos de quebradas, lo que la diferencia de la Zona Alta, finalmente en la zona baja, donde se extiende desde el límite este de la Zona Intermedia hasta la subestación Polpaico, emplazada aproximadamente a 35 km al norte de Santiago (cota 540 m.s.n.m), en la comuna de Lampa, existe dominancia de vegetación de matorral espinoso y presencia de actividades agrícolas.

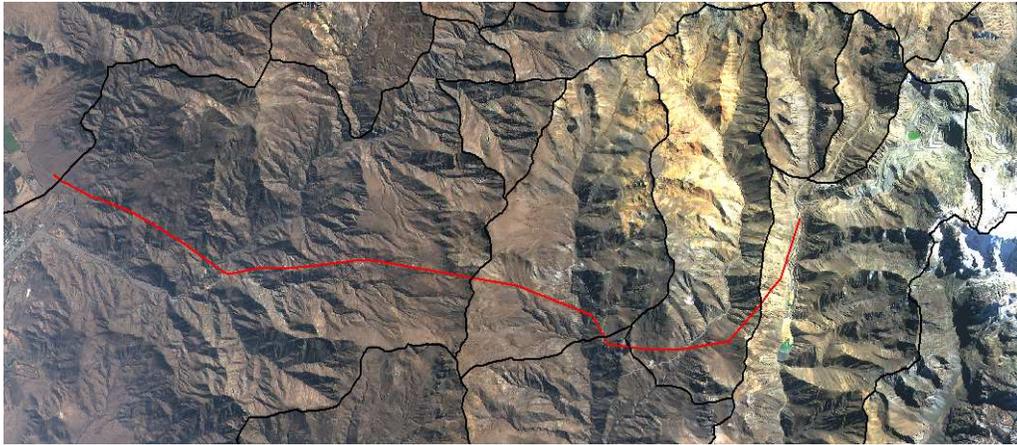


Figura N° 55. Espaciaización del tendido eléctrico, fondo imagen 2012 (THEOS).

Detalle de de subestaciones en el trayecto (Figura N° 56 y 57).



Figura N° 56. Torres y tendido eléctrico, zonas alteradas en torno de torres. (Fondo de imagen Digital Globe, Google Earth).



Figura N° 57. Torres de estaciones del tendido eléctrico. (Fondo de imagen Digital Globe, Google Earth).

Obras.

Las áreas de influencia y obras espacializadas, según los datos de los proyectos indicados, se muestran en la siguiente figura (Figura N° 58) y en la Figura 58.1 sólo las obras y áreas industriales directas.

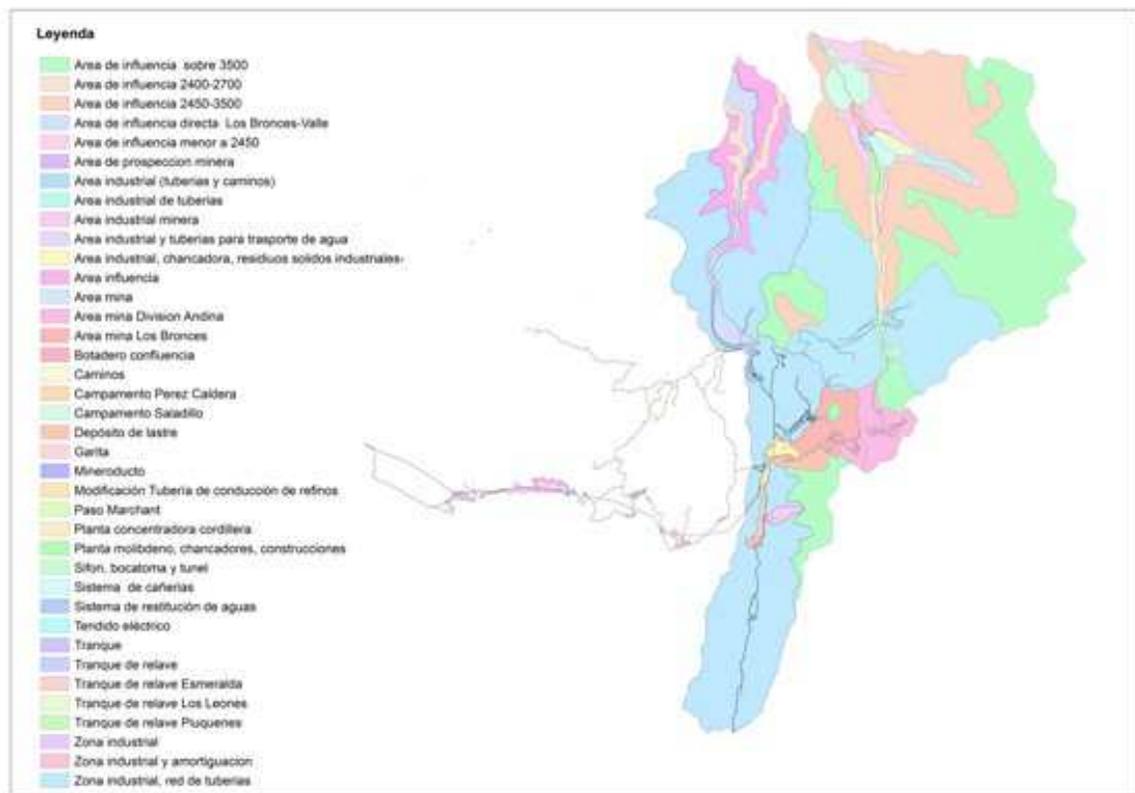


Figura N° 58. Obras mineras en el área de estudio.

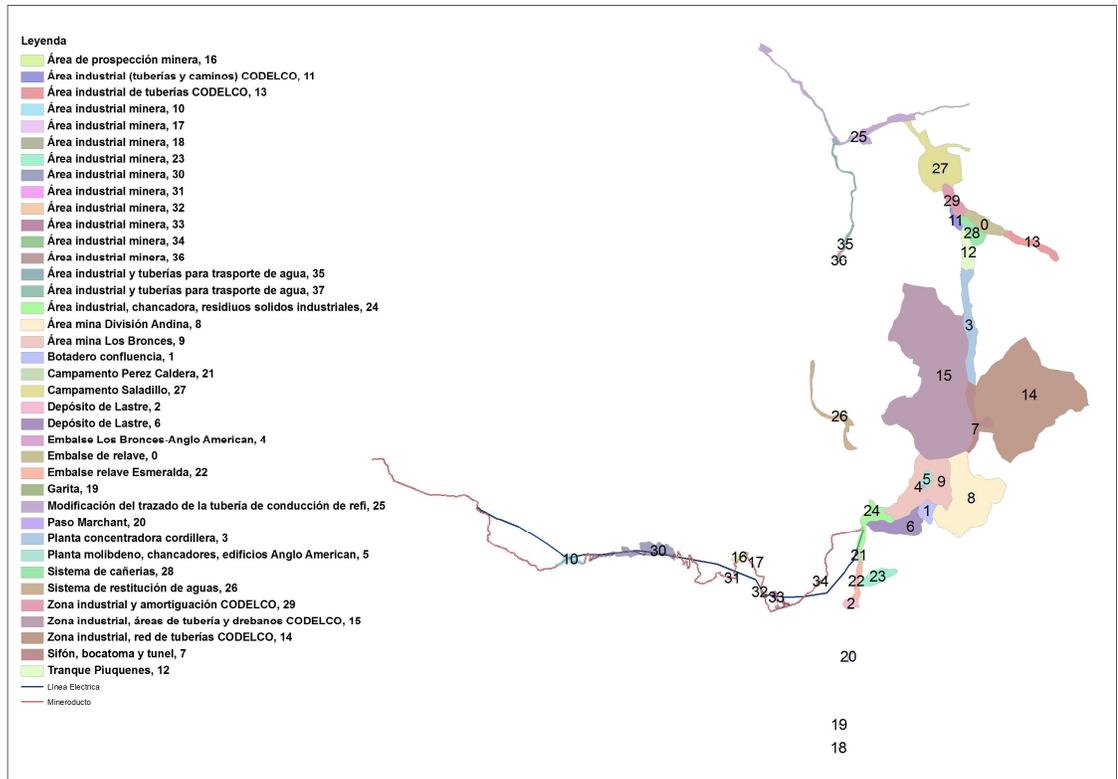


Figura N° 58.1 Obras mineras en el área de estudio.

La información detallada se encuentra en la tabla asociada de la capa "faena_minwgs84.shp" y a la capa areas-influ-obras.shp.

Detalle de obras en trayecto del mineroducto (Figura N° 59).



Figura N° 59. Piscinas de relave, construcciones y remoción de terrenos. (Imagen Digital Globe, Google Earth).

4.5 Análisis de vulnerabilidad y riesgo de la vegetación azonal.

De acuerdo a la metodología aplicada, el riesgo, en este caso, consideró la vulnerabilidad a partir de las variables biológicas, como el índice de decremento de verdor de la serie (para cada unidad de vegetación azonal) y el índice de singularidad de los grupos fisionómicos. Las variables ambientales, disponibilidad de agua (superficie de nieve promedio y superficie de cuerpos de agua) y el índice de agresividad y escurrimiento superficial de las subcuencas, más la variable de tamaño de cada unidad vegetacional. Todas, variables descritas en los puntos anteriores. A todo, se sumó la amenaza determinada a partir de las áreas de influencias de las obras, caminos y tendido eléctrico en el área de estudio, tal como se describe a continuación.

4.5.1 Amenaza, naturalidad asignada a cada unidad de vegetación azonal.

La naturalidad (amenaza antrópica) asignada a las unidades de vegetación entregan como resultado la distribución de la Figura N° 60, que se relaciona con las áreas de influencia de las actividades antrópicas que se indican en la Figura N° 61. Las superficies por clases y número de unidades se presentan en la Tabla N° 18.

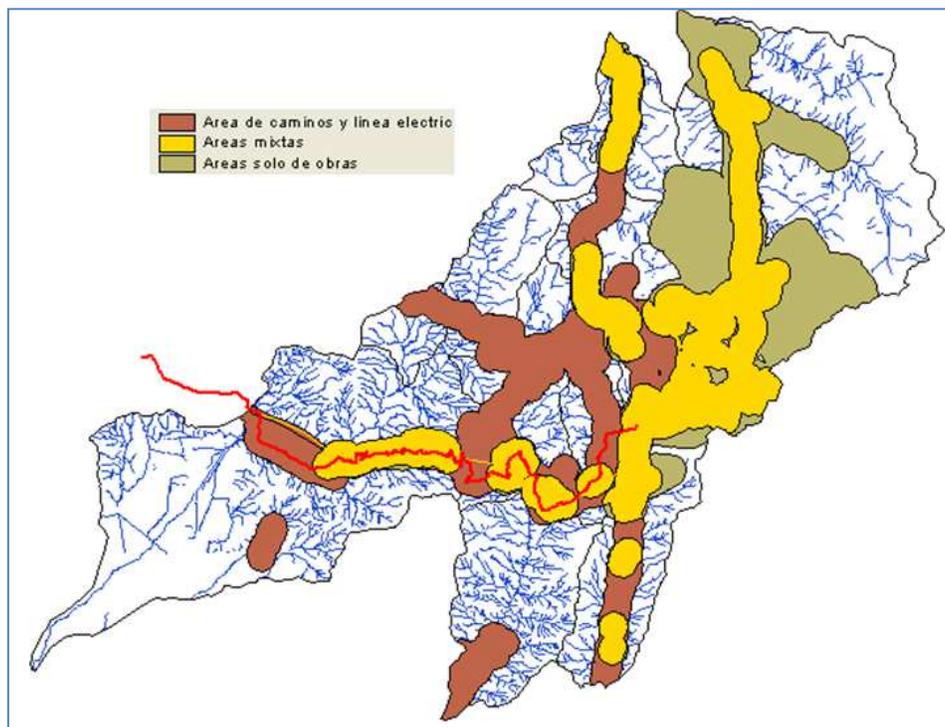


Figura N° 60. Áreas de influencia de las actividades antrópicas en el área de estudio en las zonas de distribución de la vegetación azonal. Las áreas mixtas, corresponden la sobreposición de buffer de influencia de obras y de caminos y representan las zonas con mayor amenaza sobre la vegetación azonal, luego las áreas de obras y finalmente las de caminos y tendido eléctrico.

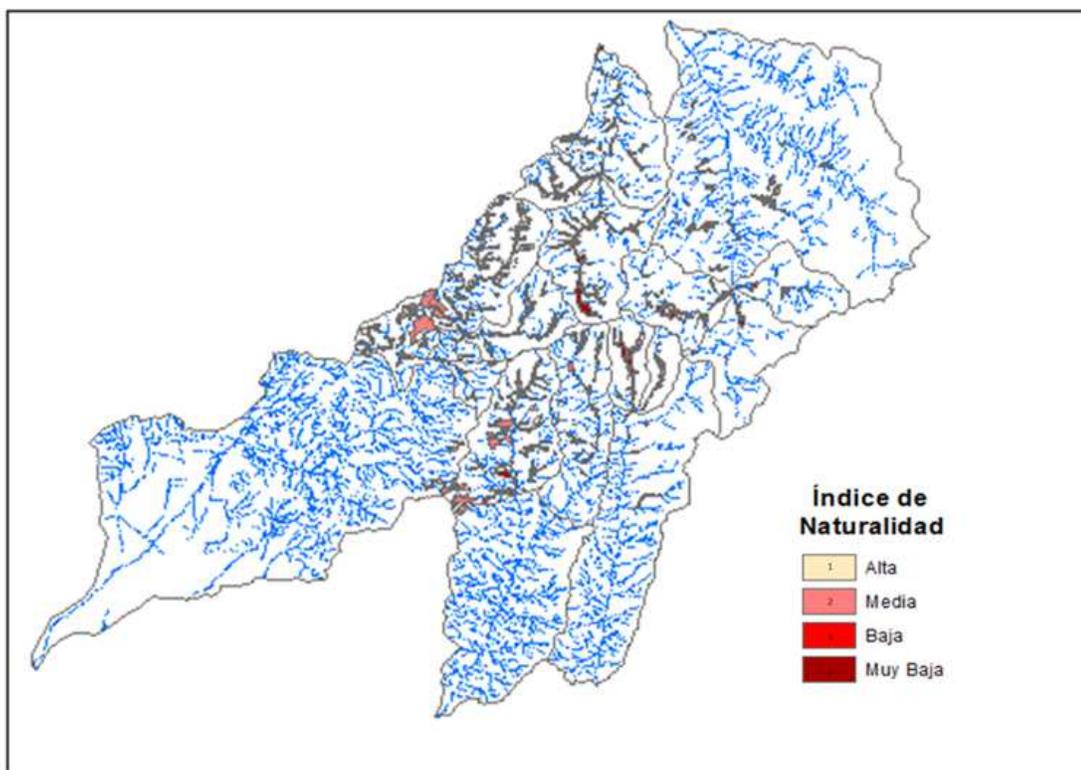


Figura N° 61. Naturalidad, grado de amenaza asignado a las unidades de vegetación azonal en el área de estudio.

Tabla N° 18. Superficie y unidades por clases de naturalidad.

Clas naturalidad	Indice	Unidades	Superf_ha	% sup
Alta	1	188	1173,1	34,5
Media	2	154	1211,5	38,8
Baja	3	36	221,8	5,5
Muy baja	4	133	838,8	21,2
	Total	511	3445,2	100

De la tabla se concluye que existen 169 unidades con una superficie equivalente al 26,7 % del total, que se encuentran alteradas por las obras mineras que se desarrollan en el área de estudio.

4.5.2 Índice total de vulnerabilidad de la vegetación azonal.

El resultado obtenido de la expresión indicada en la metodología, que integra la vulnerabilidad dada por el Índice de decremento del verdor (IDV) como indicador del estado de la vegetación, la vulnerabilidad por singularidad de los grupos fisionómicos (ISIN), la vulnerabilidad de disponibilidad de agua (IDA), la vulnerabilidad potencial de cuencas (Ippc) y la vulnerabilidad por tamaño (IS) de las unidades de vegetación azonal, se presenta en la Figura 61.1.

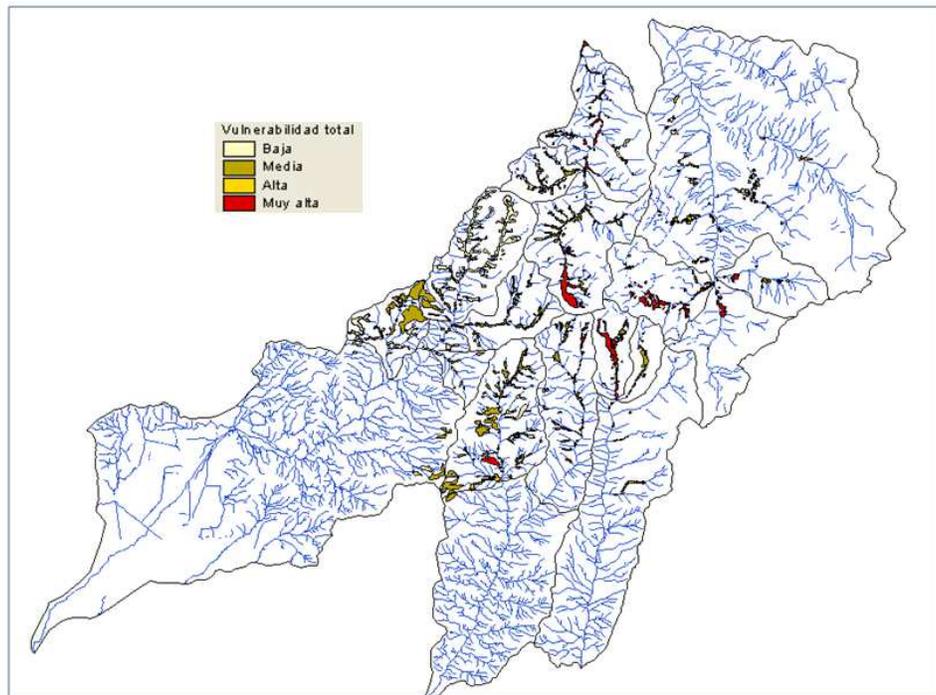


Figura N°61.1 Vulnerabilidad total de la vegetación azonal.

4.5.3 Riesgo de la vegetación azonal

El resultado del riesgo se expresa en la Figura N°62 y en la Tabla N° 19.

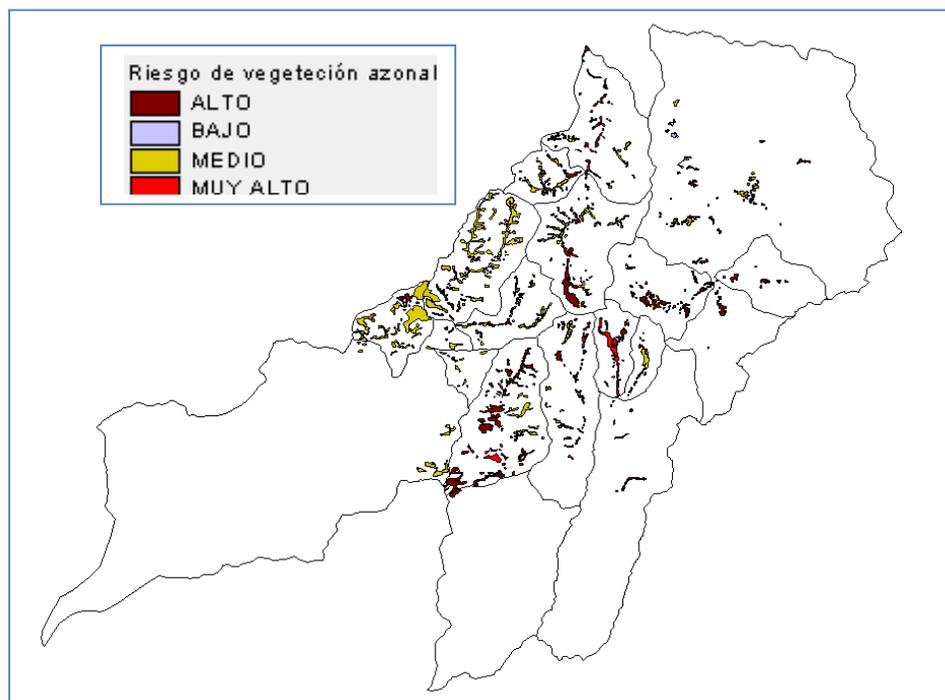


Figura N° 62. Riesgo de la vegetación azonal.

Las unidades vegetacionales azonales con mayor riesgo se ubican mayoritariamente en la subcuenca alta del estero Riecillo, la subcuenca alta del río Blanco, las subcuencas (El Plomo y Dolores) altas del río San Francisco y la subcuenca alta – oeste del estero Arrayán. Ver catografía en anexo 4.

Tabla N° 19. Riesgo por grupo fisionómico de vegetación azonal.

Riesgo	Matorral hidrico		Matorral ripariano		Vega cojin		Vega plana		Total sup.	Total N° Poli
	Sup. (ha)	N° poli	Sup. (ha)	N° poli	Sup. (ha)	N° poli	Sup. (ha)	N° poli		
ALTO	59,9	19	13,2	2	1032,7	139	295,5	50	1401,3	210
BAJO	24,6	4							24,6	4
MEDIO	385,4	47			1000,7	158	290,8	26	1676,9	231
MUY ALTO					340,6	65	1,8	1	342,4	66
Total	469,9	70	13,2	2	2374	362	588,1	77	3445,2	511

El grupo de Vegas en cojín es el que se encuentra en mayor riesgo (alto y muy alto), con 204 unidades y una superficie de 1.373,3 ha. que representa el 39,8 % del total de vegetación azonal del área de estudio.

4.6 Análisis de impactos en unidades de vegetación azonal.

Este análisis corresponde a impactos actuales, que no están considerados en los respectivos EIA, por consiguiente son impactos no previstos.

4.6.1 Cuenca: Estero Riecillo

Obras: Caminos, ductos de agua, remoción y extracción de material. Proyecto CODELCO "Despacho de drenajes de botadero"

Característica de la obra: Camino estabilizado que recorre la totalidad de la cuenca, en forma paralela al curso hídrico principal de la cuenca y al ducto de agua de captación y transporte a las obras centrales de Los Bronces.

Polígono impactado: 251

Formación: Vega cojín.

Índice de riesgo: Alto.

Ubicación: Parte alta de la cuenca, entorno del curso hídrico principal.

Altitud promedio: 3.285 m.s.n.m.

Características: Humedal fragmentado que recibe agua directamente de las laderas y quebradas que drenan al curso principal.

Principales especies: Patosia, Juncus, Zameioscirpus y Deyeuxia.

Impactos: camino y ducto produce efecto barrera en el humedal, con efecto de fragmentación y disminución de disponibilidad de agua directa. Transito

continuo de vehículos mineros (camionetas, camiones) aumentan polvo en suspensión y depositación en la vegetación, con efecto de disminución de la actividad fotosintética. Deslizamiento y aporte de material de los taludes de caminos. (Figura N° 63).

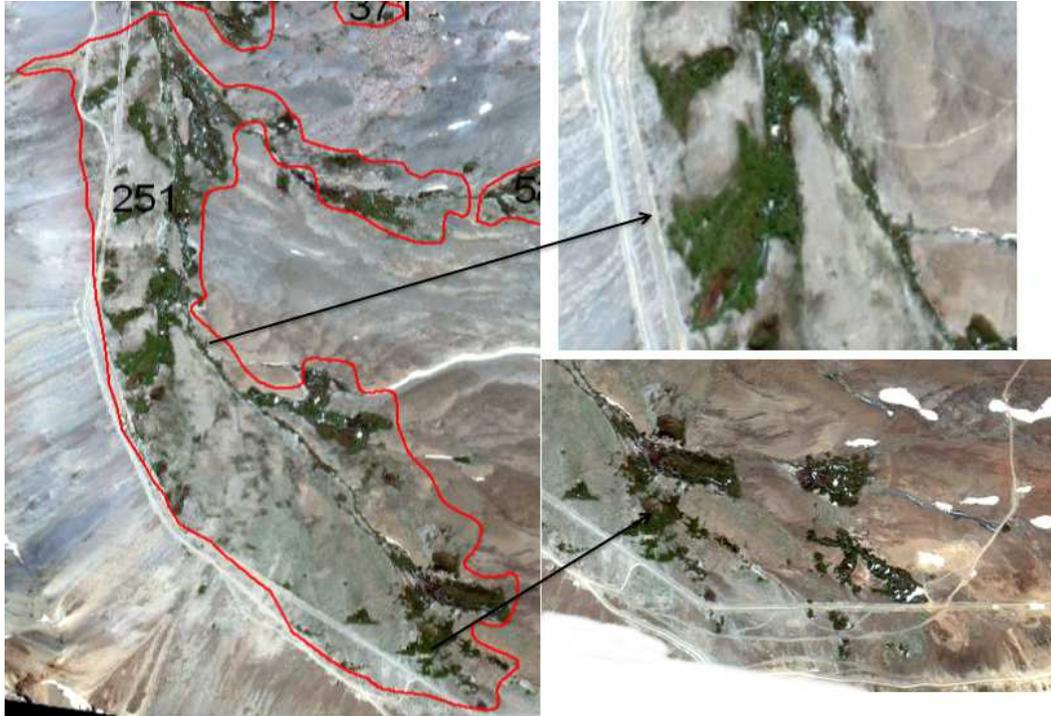


Figura N° 63. Impacto en polígono 251. Fragmentación, efecto barrera y aporte de material desde taludes.

Mitigación: estabilizar taludes de caminos, obras de arte para permitir la continuidad de los drenes naturales, humedecimiento permanente de caminos. Cerrar accesos a la vegetación de vehículos.

Polígonos impactados: 104, 105 (Figura N°64).

Riesgo: Muy alto.

Altitud promedio: 3.455 m.s.n.m.

Impacto: Efecto barrera en la cabecera del dren vinculado al humedal (polígono 104), fragmentación por caminos (105).



Figura N° 64. Humedales 105 y 104. Fragmentación y efecto barrera

Mitigación: Obras de arte en caminos que permitan la continuación del agua, humedecimiento de caminos en los tramos de los humedales, cierre de camino lateral que lleva bordea el humedal.

Polígono impactado: 583.

Formación: Vega cojín.

Ubicación: Parte alta de la cuenca, conectado a cuerpo de agua en parte superior.

Altitud promedio: 3.350 m.s.n.m

Índice de riesgo: medio.

Impacto: Efecto barrera de camino, entre el cuerpo de agua y el humedal, camino secundario que llega directamente al humedal y lo atraviesa en la parte superior (Figura N° 65).

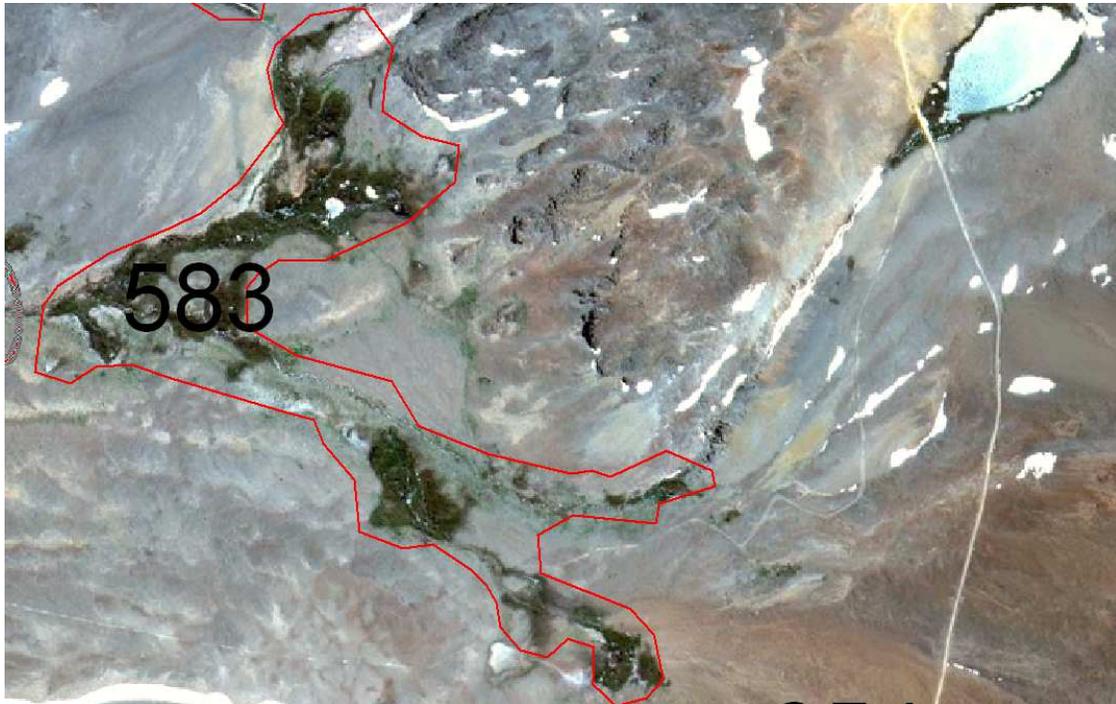


Figura N° 65. Polígono 583, efecto barrera de camino y disponibilidad de agua.

Polígono: 584

Formación: Vega cojín.

Ubicación: Parte alta de la cuenca, en torno del curso principal, con aportes de agua de las quebradas laterales.

Altitud promedio: 3.134 m.s.n.m.

Índice de riesgo: Alto.

Impacto: Camino y remoción de material y alteración de cursos de agua, con efectos en fragmentación, pérdida y disminución de disponibilidad de agua de la vegetación (Figura N° 66).

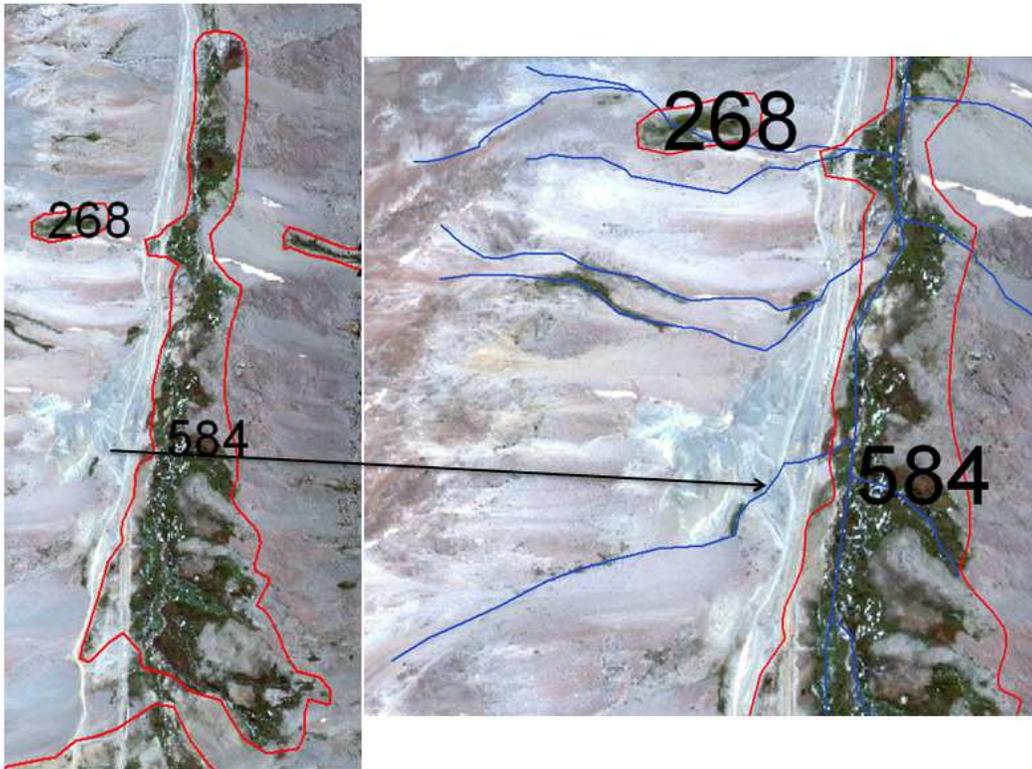


Figura N° 66. Polígono 584 y detalle de remoción y extracción de material con impacto en el humedal.

Mitigación: restablecer cursos de agua en las zonas de obstrucción del material removido, obras de arte y humedecimiento de caminos.

Polígono: 5.

Formación: Vega cojín.

Ubicación: Parte alta de la cuenca, en torno del curso principal, con aportes de agua de las quebradas laterales.

Altitud promedio: 3.046 m.s.n.m.

Índice de riesgo: Alto.

Impacto: Instalación de faenas, construcciones, remoción de material, camino principal y caminos alternos al interior del humedal y remoción de material y alteración de cursos de agua principal y laterales. Los efectos en el humedal son: efecto barrera, fragmentación, disminución de superficie, disminución de disponibilidad de agua de la vegetación, secamiento de individuos. (Figura N° 67).



Figura N° 67. Polígono 5. Construcciones, remoción, efecto barrera de camino principal y alteración del humedal de caminos secundarios.

Mitigación: Cierre de caminos secundarios, restaurar las superficies intervenidas, instalación y mantenimiento de alcantarillas para asegurar conectividad de los drenes de las laderas con el humedal.

Polígono: 265.

Formación: Vega cojín.

Ubicación: Parte alta de la cuenca, en torno del curso principal, con aportes de agua de las quebradas laterales.

Altitud promedio: 3.001 m.s.n.m.

Índice de riesgo: Alto.

Impacto: Camino, efecto barrera (Figura N° 68). En recuadro se muestra la zona de interrupción de la aguada superior, provocando alteración del humedal y efecto barrera en la zona, incluyendo remoción de material.



Figura N° 68. Polígono 265. En recuadro efecto barrera de camino principal y alteración del humedal.

Mitigación: verificar funcionamiento de alcantarillas y crearlas (si no estuvieran) con canaletas recolectoras. Restaurar zona removida.

4.6.2 Cuenca: Estero Arrayan.

Gran parte de esta cuenca se encuentra catalogada como Santuario de la Naturaleza, la cual se encuentra contemplada en la Ley 17.288 sobre Monumentos Nacionales de Chile.

Sin embargo al interior de esta cuenca se han producido grandes cambios, como construcciones para uso de la empresa minera Anglo American, los que han deteriorado la superficie de vegetación azonal. La vegetación mayormente afectada es del tipo vega cojín, con especies como *Patosia clandestina*, *Zameioscirpus gaimardioides*, *Juncus sp.*

Este tipo de formación vegetal (vegas y humedales altoandinos), se les encuentra asociada a humedad permanente. Poseen una alta productividad por lo que constituyen un sistema que alimenta y da refugio a variadas especies animales.

La productividad de estos ecosistemas, se ve también amenazada por sobrepastoreo, lo que se traduce en la pérdida de las especies más palatables e invasión de plantas exóticas y erosión del suelo. Es así, que gran parte de la vegetación identificada en esta cuenca, posee un alto índice de vulnerabilidad.

Obras: Camino y mineroducto.

Característica de la obra: Camino estabilizado que atraviesa la parte alta de la cuenca del estero Arrayán, paralelo al mineroducto.

Polígono impactado: 557

Formación: Vega cojín (Mosaico) junto a herbáceas y matorral leñoso bajo.

Índice de riesgo: Muy alto.

Ubicación: Parte media alta de la cuenca.

Altitud promedio: 2.342 m.s.n.m.

Características: Humedal (mosaico) de vegas que reciben agua de quebradas de laderas de la parte alta de la cuenca y drenan al curso principal.

Principales especies: *Patosia*, *Zameioscirpus* y *Juncus*.

Impactos: camino y mineroducto producen efecto barrera y de fragmentación en dos áreas de la parte alta de la zona del humedal. Caminos secundarios de exploración que altera y fragmenta la vegetación (Figura N° 69).



Figura N° 69. Polígono 557. Humedal fragmentado por caminos y mineroducto.

Mitigación:

Instalación de canaletas y alcantarillas para permitir paso de agua, cerrar paso de caminos de exploración.

Polígonos impactados: 175, 174, 189.

Formación: Las formaciones son vega plana y vega cojín, formando un mosaico en torno del estero, en su parte superior.

Índice de riesgo: Medio.

Ubicación: Parte alta de la cuenca.

Altitud promedio: 2.828 msnm.

Características: Conjunto de vegas que se ubican en torno del curso principal del estero Arrayán, prolongándose hacia los cursos laterales.

Principales especies: Patosía, Zameioscirpus, Gautheria y Empectrum.

Impactos: camino principal intersecta a los humedales en distintos tramos, produciendo un efecto barrera, se suma a lo anterior la remoción de material y la apertura de caminos laterales de prospección. Los humedales se afectan en su actividad fotosintética y en la biodiversidad, produciéndose una tendencia de secamiento de la vegetación (Figura N° 70).



Figura N° 70. Vegetación azonal correspondiente a los polígonos 175,174 y 189. vegas intersectadas por camino principal.

Mitigación sugerida: Mantenimiento de obras de arte, especialmente de alcantarillas y ductos de paso. Humedecimiento de caminos en transectos aledaños a los humedales.

Obra: Construcción de caminos. Proyecto: Ampliación área mina desarrollo Los Bronces.

Característica de la obra: Al generar caminos, estos son transitados por vehículos de carga mayor y menor, generando movimientos de tierra y aumento de material en suspensión.

Polígonos impactados: 520, 515,181, 182, 179, 180

Formación vegetal: Vega cojín

Índice de riesgo: 520; riesgo medio. 180: riesgo alto. 515, 181, 182, 179: Riesgo muy alto.

Ubicación: Fondo de quebrada y laderas medias.

Características: Humedales ubicados en fondo de quebrada reciben agua directamente de la naciente de la cuenca del Arrayan.

Principales especies: *Patosia clandestina*, *Zameioscirpus gaimardioides*, *Juncus stipulatus*

Impactos: Subdivisión de la unidad, con efecto barrera, disminución de la superficie por los propios caminos, aumento de la cantidad del polvo en suspensión que afecta directamente la actividad vegetacional (Figura N° 71).

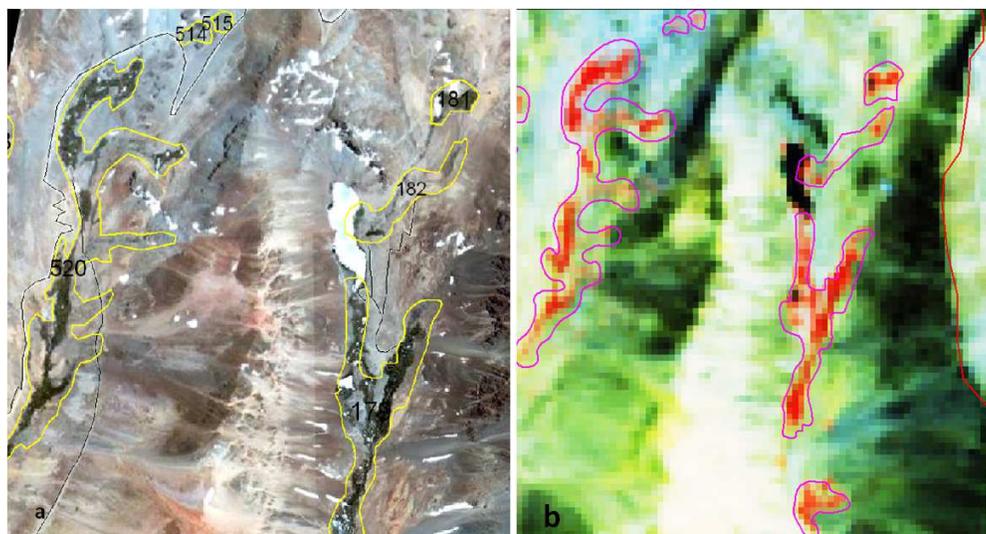


Figura N° 71. a: Imagen actual, en donde se observan los polígonos vegetacionales asociado a los caminos emplazados (líneas en negro). b: Imagen Landsat 1986, en donde se observan los mismos polígonos vegetacionales correspondientes, sin intervención.

Mitigación sugerida: Humedecimiento de carpeta del camino, verificar y de no existir, implementar obras de arte que mitiguen la fragmentación. Limitar el pastoreo. Implementar un plan de vigilancia de limpieza de residuos sólidos.

Obras: Construcción de caminos. Generación de caminos entre los humedales

Polígonos impactados: 563, 522, 523, 176 y 512 (Figura N° 72).

Formación vegetal: Vega cojín

Índice de riesgo: alto

Ubicación: fondo de quebradas

Características: Humedales ubicados en fondo de quebrada que reciben el agua de la parte alta de la cuenca Arrayan

Principales especies: *Patosia clandestina*, *Zameioscirpus gaimardioides*, *Juncus stipulatus*

Impactos: Al momento de generar caminos entre los polígonos vegetacionales, estos se fragmentan, alterando el normal ciclo hidrológico de los humedales. Así mismo, el paso constante de vehículos, mayores y menores, elevan el polvo en suspensión, degradando la vegetación. Los bordes de caminos con los humedales reciben residuos sólidos de distinta naturaleza.

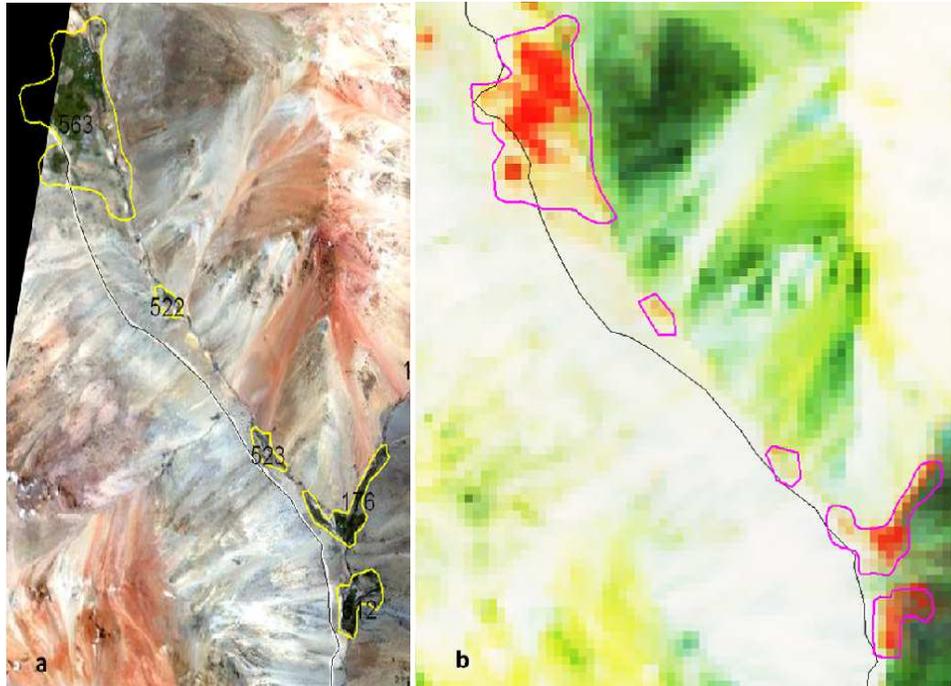


Figura N°72. a: Imagen actual, muestra los polígonos afectados. b: Imagen Landsat 1986, muestra los mismo polígonos pero sin intervención.

Mitigación: Medidas similares a las descritas en el caso anterior.

4.6.3 Cuenca: Río San Francisco.

En la cuenca del río San Francisco las subcuencas del estero Dolores y El Plomo han sido afectadas con la generación de obras mineras, con una red de caminos de permanente tránsito. Estas construcciones se encuentran insertas en el proyecto de Desarrollo los Bronces, han impactado fuertemente la vegetación azonal.

Las formaciones existentes en estas subcuencas se encuentran representadas en su mayoría como formaciones de vega cojín, siendo las especies dominantes, *Patosia clandestina* y *Zameioscirpus gaimardiodes*, las que tienen un muy alto índice de riesgo.

Del mismo modo, el área de la mina de división los Bronces, experimento un aumento considerable (Figura N° 74) con un cambio en las propia geoforma.

Obras: Construcción de caminos. Camino que une las sub cuencas de Dolores y el Plomo, con el camino central de la cuenca San Francisco.

Polígonos impactados: 234, 237, 226, 87, 88, 20, 14, 19, 18, 17, 15, 16

Formación: Los polígonos 234-237, 20-19-18-17-16 se identifican como Vega cojín y el polígono 88, 226, 15, 88, 87, 241, se identifica como Matorral hídrico.

Índice de riesgo: Muy alto, alto y medio.

Ubicación: Todos los polígonos identificados se ubican en el fondo de las quebradas, entorno del curso de agua

Características: Humedal fragmentado que recibe el agua provenientes de las partes altas de las cuencas Dolores y el Plomo encontrándose entre los 3.000 y 3.150 msnm.

Especies dominantes: *Patosia clandestina*, *Werneria pygmaea*, *Carex macloviana*, *Zameioscirpus gaimardioides*.

Impactos: La construcción de caminos que une las sub cuencas Dolores y El Plomo, con fines de prospección, generó una disminución de la superficie y una pérdida de polígonos correspondientes a la vegetación (Figura N° 73). Las obras de construcción junto con el paso constante de camiones y el aumento a la vez del polvo en suspensión contribuyen permanentemente a una disminución significativa de la actividad vegetacional y a la propia destrucción.

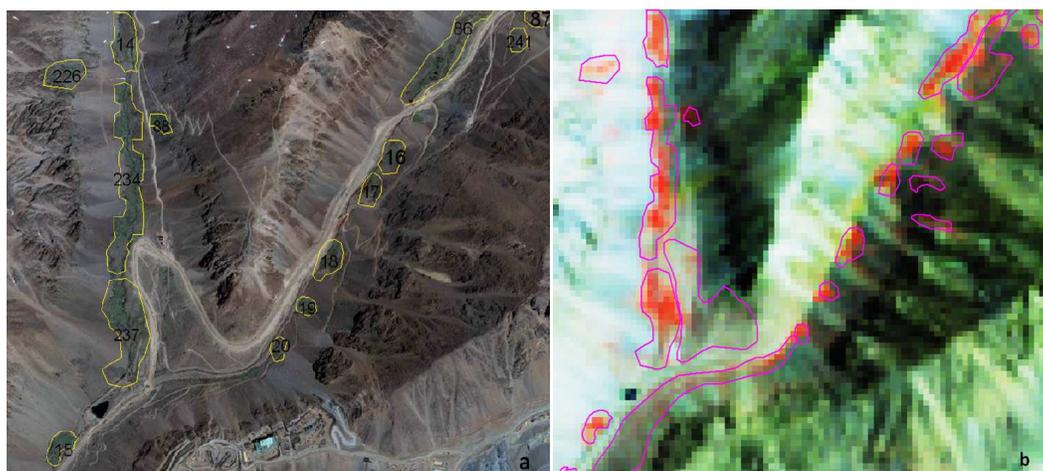


Figura 1: a: Imagen actual muestra los polígonos correspondientes a la vegetación en el área de confluencia de las sub cuencas el Plomo y Dolores. b: Imagen LANDSAT 1986, en el cual se muestra los polígonos existentes. La comparación de ambas indica los polígonos que desaparecieron.

Mitigación sugerida: Humedecimiento permanente de caminos, ubicación de pantallas de protección, disminuir velocidades de tránsito, vigilancia de residuos sólidos y de vertidos líquidos, implementar obras de artes que mitiguen la fragmentación.

Obras: Ampliación área mina (Desarrollo Los Bronces).

Características de la obra: aumento de la tasa de extracción de mineral y lastre en la mina, lo que llevó a la destrucción de los humedales y generó un nuevo modelamiento geomorfológico.

Polígono impactados: Polígonos eliminados por el proyecto.

Formación vegetal: Vega cojín

Ubicación: Fondo de quebrada y laderas.

Características: Al analizar la imagen del 1986, estos humedales existían, no obstante al analizar la imagen del año 2009 y 2012, los humedales desaparecen.

Principales especies: *Patosia clandestina*, *Werneria pygmaea*, *Carex macloviana*, *Zameioscirpus gaimardioides*.

Impactos: Con el objetivo de aumentar la capacidad de producción de la Mina Los Bronces, se realizó un modelamiento de las geoformas, extrayendo material y acopiándolos. Al realizar esta extracción de material se destruyeron los humedales que se indican en Figura N° 74.

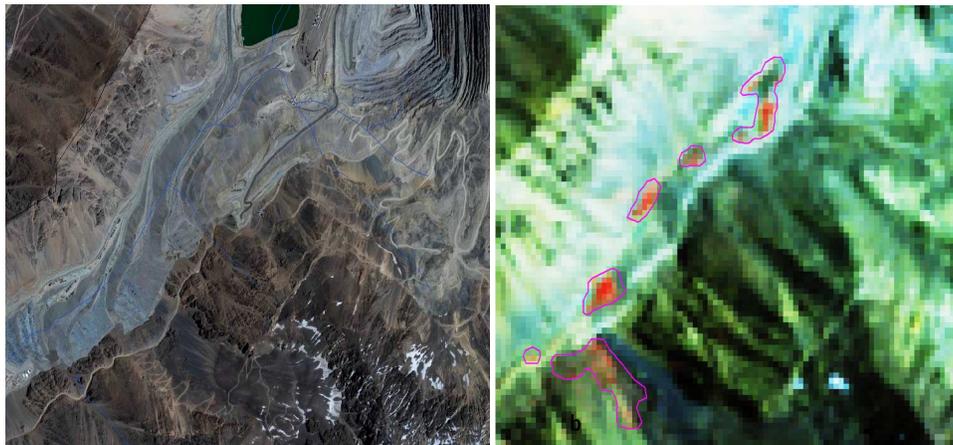


Figura N° 74 a) Imagen actual sin humedales. b) Imagen 1986, en color rojo humedales existentes en el área.

Obras: Caminos y generación de sitios de residuos sólidos industriales. Ampliación área mina desarrollo Los Bronces

Característica de la obra: Construcción de camino y sitio de residuos sólidos industriales.

Polígonos impactados: 229, 230, 232.

Formación vegetal: matorral ripariano

Índice de riesgo: Alto

Ubicación: los humedales impactados se encontraban ubicados en el fondo de la quebrada y a orillas de la ladera.

Características:

Principales especies: *Escallonia myrtoidea*, *Aristotelia chilensis*, *Baccharis salicifolia*

Impactos: Producto de la construcción y operación del Proyecto aumentarán las cantidades generadas de residuos industriales los que ocuparan parte del terreno en donde se encontraba vegetación. Así mismo la construcción de caminos generó un fuerte impacto en la vegetación, fragmentando parte de ellos, disminuyendo su superficie y eliminando un polígono (Figura N° 75)

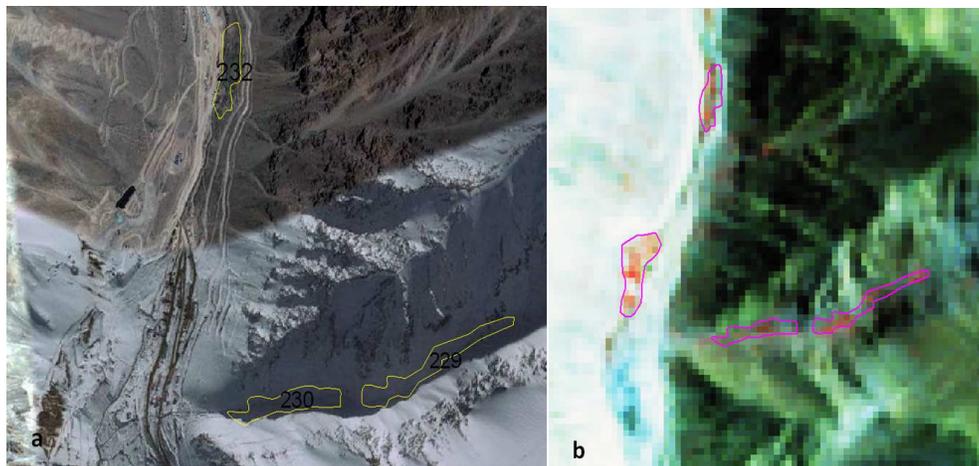


Figura N° 75. a: Imagen actual en donde se indican la no existencia de vegetación de polígonos del año 1986. b: Imagen 1986 con polígonos vegetacionales.

Obras: Construcción de caminos. Ampliación área mina desarrollo Los Bronces

Característica de la obra: Durante la fase de construcción de los caminos, se generaron altas cargas de emisiones de material particulado. Así mismo el

tránsito de vehículos y los movimientos de tierra generaron aumento en suspensión y alteración de la vegetación azonal.

Polígonos impactados: 86, 241 y 87

Formación vegetal: Vega cojín

Índice de riesgo: Alto

Ubicación: fondo de quebrada

Principales especies: *Patosia clandestina*, *Werneria pygmaea*, *Carex macloviana*, *Zameioscirpus gaimardioides*.

Impactos: Al comenzar la construcción de caminos sobre vegas, este provocó una fragmentación del paisaje, impidiendo el flujo constante de agua y nutrientes eliminando gran parte de esta formación (Figura N° 76). Del mismo modo, la circulación de camiones (cargados y descargados) provoca una alta emisión de particulado (PM10), lo que provoca una acumulación del material sobre la vegetación impidiendo su normal funcionamiento.



Figura N° 76. a) Imagen actual muestra los polígonos correspondiente a vegas altamente alteradas por los caminos. b: Imagen Landsat 1986 muestra los polígonos correspondientes a la vegetación existente, sin alteración.

Mitigación sugerida: Implementar obras de arte que permitan restaurar la conectividad hídrica del humedal. Disminuir velocidad del tránsito, humedecer caminos, proteger el actual humedal con pantallas para disminuir depositación de particulado. Señalizar para impedir botar residuos sólidos o vertidos líquidos. Cerrar paso a caminos secundarios que se encuentran en el humedal.

Obras: Construcción de caminos. Ampliación área mina desarrollo Los Bronces.

Polígonos impactados: 12, 247, 248, 249, 250

Formación vegetal: Vega cojín, Matorral hídrico, Vega plana

Índice de riesgo: muy alto, alto y medio

Ubicación: Ladera baja y fondo de quebrada.

Características: Humedales ubicados en fondo de quebradas que reciben el agua provenientes de la parte alta de la cuenca del Plomo.

Principales especies: Vega cojín: *Patosia clandestina*, *Werneria pygmaea*, *Carex macloviana*, *Zameioscirpus gaimardioides*.

Matorral hídrico: *Azorella madreporica*, *Rytidosperma virescens*, *Nassauvia pyramidalis*

Vega plana: *Deyeuxia velutina*, *Patosia clandestina*, *Zameioscirpus gaimardioides*

Impactos: Los polígonos son afectados por la depositación de material particulado, disminuyendo la actividad fotosintética y favoreciendo el secamiento de la vegetación y muerte de individuos (Figura N° 77).

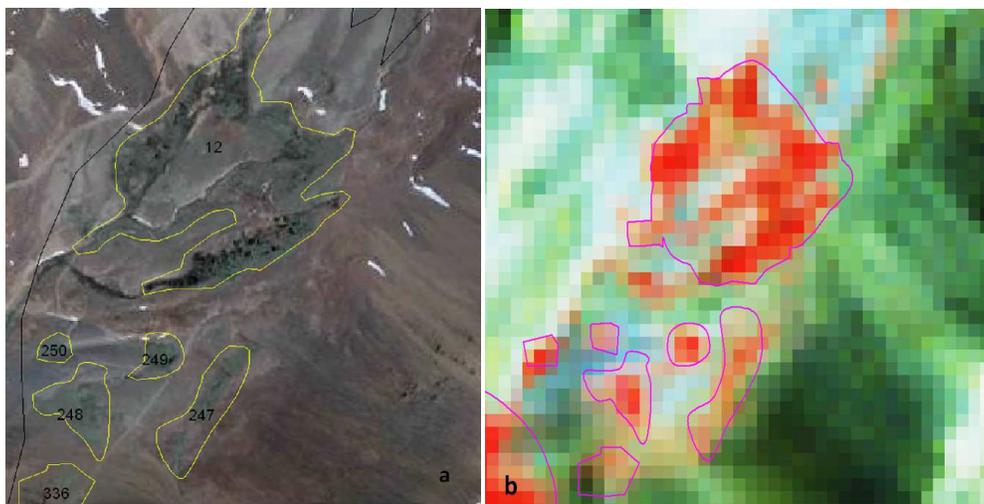


Figura N° 77. a) Imagen actual con polígonos de vegetación azonal. b) Imagen Lansat 1986, en rojo vegetación sin intervención.

Mitigación sugerida: Huemedar los caminos, cerrar acceso a las unidades vegetacionales, programa de vigilancia y señalítica para evitar ingreso, botar residuos sólidos y vertidos.

Obras: Construcción de caminos y construcción de sistema de restitución de aguas. Proyecto Despacho de Drenajes de Botaderos para Utilización Externa

Característica de la obra: Conducción de aguas desde el estero Riecillos para restituir los derechos de agua que requiere el Proyecto en el río Blanco. Estas aguas serán proporcionadas por MSA (Minera SUR Ltda) desde el sistema de suministro de agua de proceso que opera en dicho estero. Además se considera la restitución de aguas a partir derechos de aprovechamiento que División Andina posee en el río Blanco.

Polígonos impactados: 569, 338, 192 y 191

Formación vegetal: Vega cojín

Índice de riesgo: muy alto

Ubicación: Ladera media y fondo de quebrada.

Características: Humedales ubicados en fondo de quebradas que reciben el agua provenientes de la parte alta de la subcuenca del estero el Plomo.

Formación: Vega cojín

Principales especies: *Patosia clandestina*, *Werneria pygmaea*, *Carex macloviana*, *Zameioscirpus gaimardioides*.

Impactos: La construcción de caminos y tránsito de vehículos depositan en la vegetación particulado en suspensión que disminuyen la capacidad de fotosíntesis, de igual forma la disminución de los flujos de agua disminuyen la actividad del humedal (Figura N° 78).

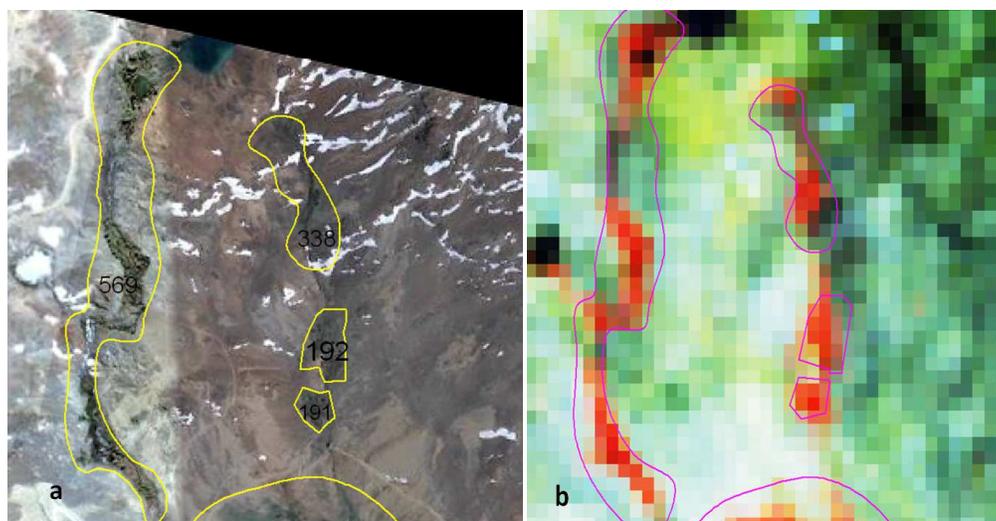


Figura N° 78. a) Imagen actual muestra el humedal y la posición alemana de caminos (tono blanco). b) Imagen 1986 en rojo los humedales, sin intervención.

Mitigación sugerida: medidas similares a las indicadas para el caso anterior.

4.6.4 Cuenca: Río Blanco

La cuenca del Río Blanco ha sido impactada en su totalidad por las obras de CODELCO- División Andina. Estas obras han sido principalmente la construcción de caminos y la construcción o ampliación de los tranques de relave.

Obras: Construcción de caminos

Característica de la obra: Construcción de caminos.

Polígonos impactados: Destrucción de polígonos existentes (1986).

Formación vegetal: Vega cojin

Ubicación: fondo de valle.

Características: Humedales ubicados en fondo de quebrada que reciben el agua de la parte alta de la cuenca del Río Blanco

Impactos: Destrucción de unidades vegetacionales (Figura N° 79).

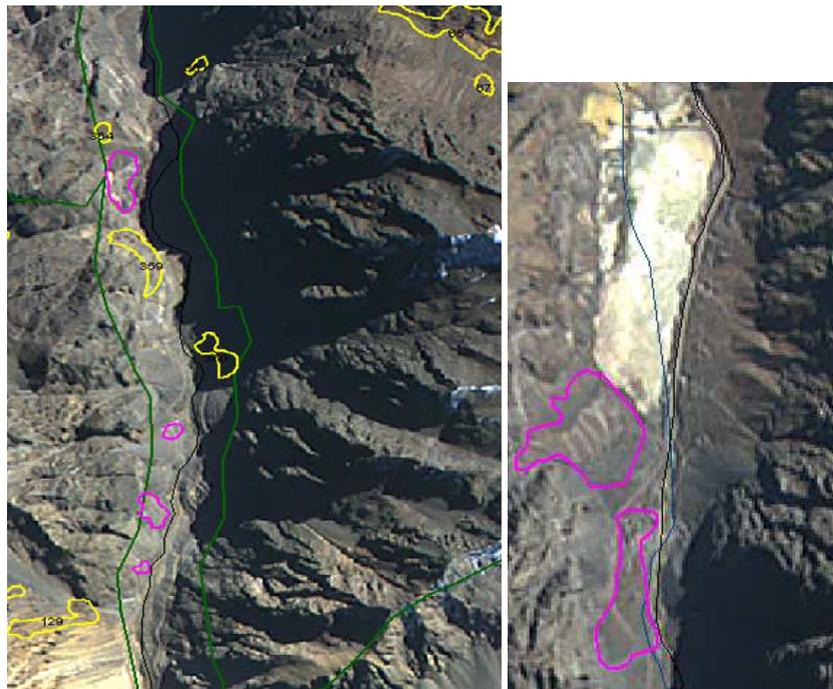


Figura 79. En la imagen THEOS 2012 se indican en magenta las unidades vegetacionales identificadas en el año 1986, que fueron destruidas por la construcción de caminos.

Obras: Construcción de caminos y actividades de CODELCO.

Polígonos impactados: 107, 108, 120, 124, 125, 343, 350.

Formación vegetal: Vega

Características: Humedales ubicados en fondo de quebrada y laderas que reciben el agua de la parte alta de la cuenca del Río Blanco

Impactos: Todos los humedales que se indican en la Figura N° 80 y N° 81 han sido afectados en su producción, verificándose una tendencia a disminución significativa y encontrándose en riesgo alto o muy alto.

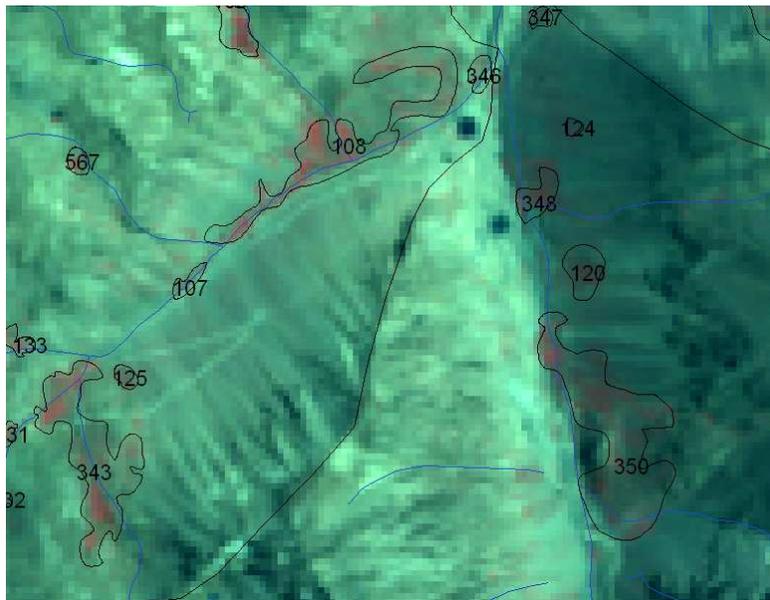


Figura N°80. Imagen correspondiente al año 1986, en rojo humedales.

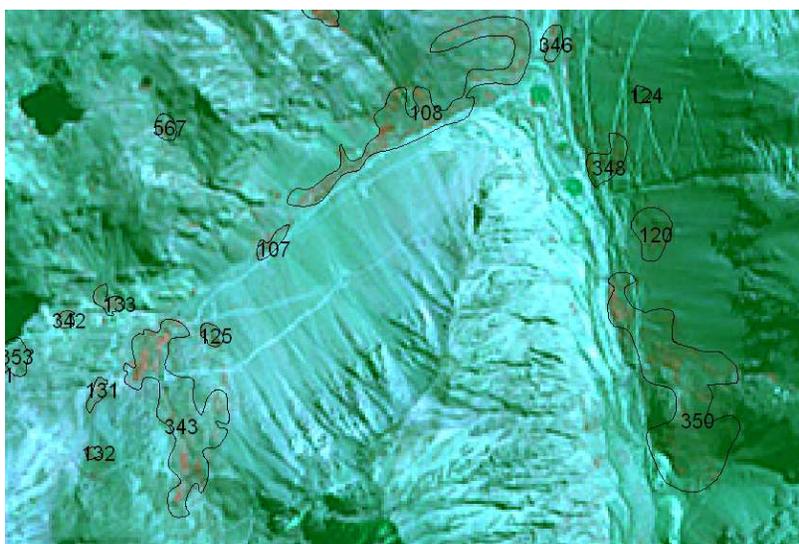


Figura N° 81. Humedales con fondo de imagen THEOS año 2012. Se muestra la mayor alteración en torno de los humedales, que explica el impacto.

4.7 Análisis de las medidas de seguimiento de los proyectos ingresados al SEA, relacionadas al territorio en estudio.

Las actividades mineras son las principales fuentes de alteración del Uso y del espacio territorial en las cuencas estudiadas y en menor medida se encuentra la ganadería. De los todos los proyectos realizados en los últimos años (2002-2008), nueve (Tabla N° 20) se encuentran ingresados al Sistema de Evaluación Ambiental y cuyas medidas de mitigación referidas a vegetación y flora se analizan a continuación.

Tabla N° 20. Proyectos de EIA y DIA ingresados al SEA.

Proyecto	Año de ingreso al sistema	Cuenca Impactada	Estado
Expansión De División Andina – Codelco (EIA) 244.	2002	Río Blanco Riecillo, Colina,	Aprobado
Desarrollo Los Bronces – Angloamerican Sur S.A. (EIA)	2008	Estero San Francisco, Esteros Arrayán y Colina.	Aprobado
Línea De Transmisión Eléctrica 220 KV Maitenes-Confluencia ANGLO AMERICAN NORTE S.A (DIA)	2008	Valle estero San Francisco	Aprobado
Modificación De Capacidad De Almacenamiento De Combustible Diesel– Los Bronces (DIA)	2010	Estero San Francisco	Aprobado (Sin impactos)
Obras Complementarias Proyecto Expansión División Andina Para Ampliación Intermedia A 92 Ktpd (EIA)	2006	Río Blanco, Riecillo, Colina	Aprobado
Disposición de Lastre y Sistema de Manejo de Drenajes.	2008	Río Blanco	Desistido
Línea De Transmisión Eléctrica 220 Kv Polpaico – Confluencia - Anglo American Sur S.A.	2008	Estero Arrayán y Estero Colina	No Admitido a Tramitación
Optimización y mejoramiento al Sistema de Transporte de Pulpa del Proyecto Desarrollo. Los Bronces. (EIA).	2009	Estero Arrayán y Estero Colina	Aprobado
Despacho de Drenajes de Botaderos para Utilización Externa (EIA).	2006	Río Blanco y Riecillo.	Aprobado.

En una primera apreciación se puede indicar que los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y DIA), entregan información referente a las obras y los lugares en donde se emplazarán los proyectos, sin embargo esta información se entrega de forma desagregada, es decir cada capítulo es independiente del otro y no existe una integración de los impactos al ambiente y a la salud de las distintas actividades que se detallan.

Las sinergias entre diversos impactos no se encuentran consideradas en los EIA. En particular, no hay una consideración; por ejemplo: del efecto de las emisiones atmosféricas sobre la lluvia ácida, y su efecto sobre la vegetación o de forma más general sobre la biota.

4.7.1 PROYECTO: Desarrollo los Bronces.

La mayor parte de las medidas de mitigación expuestas por este proyecto se implementaron al inicio de la etapa de construcción para evitar o minimizar los impactos ambientales evaluados para los primeros años. Así mismo, como bien lo indica el Informe Consolidado de evaluación del Proyecto Los Bronces realizado por la Comisión de Medio Ambiente (CONAMA, 2007): "La necesidad de aumentar, mantener o reducir las medidas de mitigación se definirá durante la vida útil del Proyecto, en función de los resultados que arroje el seguimiento y monitoreo de variables ambientales, todo ello en coordinación con la Autoridad Ambiental"

En algunos casos las medidas de mitigación corresponden a la extensión o ampliación de medición que son aplicables al proyecto "Desarrollo Los Bronces".

Para el caso preciso de los impactos relacionados con el recurso flora y vegetación, este indica: "Que las obras y el área de emplazamiento a utilizar por el proyecto implicará la pérdida irreversible de hábitat y especies de flora y fauna que actualmente habitan en el área. En particular se perderán 542,7 hectáreas de vegetación, 1.191 individuos de Guayacán, especie de árbol pequeño de lento crecimiento y considerado como Vulnerable. Además se perderán 208 árboles de Algarrobo y varios otros de espinos y otras especies" Encontrándose solo dos especies catalogadas en algún estado de conservación.

Para este impacto la empresa Anglo American se compromete a generar una medida de compensación el cual incluye la forestación de una superficie equivalente a la que será intervenida (183,5 ha), conforme a un Plan Integral de Manejo de Recursos Nativos en el área Las Tórtolas aprobado por CONAF. El área a forestar estará compuesta de varios paños independientes, definidos en conjunto con la Municipalidad de Colina, posiblemente por emplazar en sector de Reina Norte. Así mismo se compromete a generar una forestación con especies impactadas. No obstante estas medidas de compensación no compensan el daño realizado por la compañía minera ya que como ellos bien indican "el proyecto implicará la pérdida irreversible de hábitat y de especies de flora y fauna que actualmente habitan en el área". Así mismo, según la ficha del proyecto que se encuentra publicada en la página web SEIA (www.sea.org.cl), estas medidas de compensación no se encuentran en seguimiento.

Con el objetivo de minimizar los efectos adversos de las construcciones sobre la vegetación, se propuso prohibir la entrada de animales domésticos a los sectores de emplazamiento del proyecto. Estas acciones son ejecutadas durante un periodo permanente. Así mismo se prohíbe la extracción de

especies vegetales. Estas medidas solo son monitoreadas por la empresa, ya que deben generar educación a sus trabajadores.

No obstante, en el Estudio de Evaluación de Los impactos no se menciona el requerimiento de planes de contingencia o de mitigación para sectores en donde existan lagunas, cauces y vegas, siendo estos lugares sensibles a la modificación de sus flujos.

Del mismo modo, se hace una crítica al proyecto "Depósito de Estériles Donoso" proyecto mencionado en este EIA, ya que este es evaluado y calificado mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) en circunstancias que, en conformidad a la Ley 19,300, art. 11 b) debió ser objeto de un Estudio de Impacto Ambiental, particularmente por los efectos adversos significativos sobre los recursos hídricos que presenta. El depósito de lastre Donoso afectará una serie de lagunas y vegas existentes en el sector donde Anglo American Sur S.A. pretende emplazarlo".

4.7.2 PROYECTO: Evaluación de Impacto ambiental Expansión División Andina. CODELCO.

Las medidas de mitigación o reparación que se incluyen en el EIA, en relación a los impactos generados por el proyecto como lo son, la pérdida temporal y permanente de la vegetación que se realizaran durante las fases de Operación y Construcción de las obras, se realizara en primera instancia la delimitación de las áreas a intervenir mediante la asesoría de un botánico, cuyo seguimiento será de forma trimestral para luego entregar los informes de forma semestral al SEIA y SAG. Del mismo modo, como medida del monitoreo se elaborara una Guía Práctica de Manejo y Protección de la vegetación y flora, cuyo seguimiento considera la evaluación de la correcta implementación de la Guía Práctica de manejo y Protección de la Vegetación y la Flora a través de campañas de terreno semestrales durante la construcción y operación del Proyecto. Se enviarán informes al SEA con una frecuencia semestral (construcción) y anual (operación).

Como programa de compensación durante las fases de construcción y operación al impacto de pérdida de temporal y permanente de la vegetación; se realizara un Plan de reforestación. Así mismo el seguimiento consistirá en entregas de informes anuales a CONAF y SEIA.

Respecto a la vegetación azonal, el proyecto menciona un impacto sobre las vegas alto-andinas el cual CODELCO se compromete a realizar un Estudio de identificación y caracterización de las vegas que se encuentren emplazadas sobre los 2.000 m.s.n.m. Como medida de seguimiento la empresa verificará la elaboración y enviara informes semestrales al SEA y CONAF .

Como medida de compensación al impacto de la pérdida temporal y permanente de la vegetación, la empresa prestara apoyo al desarrollo del Parque Andino "el Juncal", manteniendo un seguimiento a través del monitoreo de la protección, conservación y restauración de los recursos naturales físicos y biológicos que conforman este Sitio. Así mismo, se enviarán

al SEA informes con una frecuencia semestral y anual durante la etapa de construcción y operación, respectivamente.

Siguiendo con las medidas de mitigación que ha propuesto la empresa, CODELCO, desarrollo el proyecto integral "Reserva y Parque Ecológico el Sauce" en las cercanías del tranque Ovejería, el cual cuenta con un plan de seguimiento, que consta la elaboración de un reporte indicando los principales hitos de implementación de estas medidas, el cual se enviara con una frecuencia semestral al SEA y Autoridades Regionales.

CODELCO se compromete al Desarrollo de una publicación sobre flora nativa alto andina de la Región de Valparaíso, en el que el seguimiento considera la elaboración de un reporte indicando las acciones de difusión de estas medidas el cual se enviará con una frecuencia semestral al SEIA y CONAF.

Finalmente como medida de reparación a la vegetación la empresa implementará un Plan de Restauración de sitios con formaciones vegetales que serán afectadas durante la etapa de Construcción. Cuyo seguimiento se verificara a través de informes SEIA y CONAF con una frecuencia semestral

En consecuencia, el proyecto cuenta con un débil plan de mitigación, restauración y seguimiento sobre la vegetación azonal, no encontrándose los resultados de estos en la ficha del proyecto de evaluación ambiental, siendo la ultima fecha de seguimiento y fiscalización del año 2007.

El proyecto debería mostrar un plan de mitigación a los impactos en la vegetación azonal de forma más específica., no hace referencia a la importancia ecosistémica de los humedales y su vegetación. Así mismo, el Informe Consolidado de Evaluación del Proyecto menciona "que el proyecto debe realizar una exhaustiva caracterización de la flora y fauna existente en la zona y recomienda realizar un estudio más preciso y más detallado del patrimonio ambiental, a fin de prevenir riesgos y asegurar su protección. Mencionando, finalmente, que cualquier proyecto productivo debe tener en cuenta las características del patrimonio ambiental donde se inserta, para asegurar su sustentabilidad.

4.7.3 PROYECTO: EIA- "Disposición de Lastre y Sistema de Manejo de Drenajes. CODELCO División Andina.

De acuerdo al impacto que realizaría el proyecto "Disposición de Lastre" durante la etapa de operación sobre la vegetación azonal alto andina ubicada en la parte alta de la cuenca Rio Blanco, el proyecto menciona que los impactos no muestran relevancia ya que describe a la vegetación como formaciones alteradas y de pequeña superficie y que no presentan especies de flora en categoría de conservación. Mencionando que este tipo de vegetación (vegas altoandinas), se encuentra ampliamente distribuida en sectores ubicados a similares alturas entre la IV y VI región y también tienen representación en Argentina. Del mismo modo, se menciona que esta vegas no conforman un hábitat relevante para la fauna al encontrarse separadas entre sí y cercanas a la actividad minera.

Si bien, el documento menciona que el impacto que producirá en las vegas altoandinas es de carácter negativo y se califica moderado e irreversible, el proyecto no declara medidas de mitigación pero si de compensación. Dado lo anterior el Proyecto ha considerado la siguiente medida de compensación; un estudio de composición florística de vegas altoandinas de la V Región de Valparaíso. Este estudio considerará la evaluación florística de la vegetación azonal en dos pisos altitudinales (andino y sub – andino) con muestreos en las cuencas de los ríos Aconcagua, La Ligua y Petorca. Dicho documento será enviado por periodo de muestreo (Estival-Nival).

Así mismo, el proyecto no evalúa el valor ecosistémico de las vegas altoandinas, como refugio y sitio de alimentación de fauna, por ello se sugiere solicitar medidas de mitigación complementarias, las que deberían tomar en consideración por ejemplo: el aporte de agua durante los periodos de excedencia o crecidas del río Blanco y su aporte potencial a las vegas.

Según la ICSARA N° 1; se realizan observaciones sobre la vegetación azonal; como por ejemplo; Incluir la determinación de la capacidad talajera de las vegas (carga animal).

En relación a la medidas de compensación del impacto ambiental sobre el sector de las vegas, el titular deberá precisar la metodología a utilizar en los estudio de línea base de las vegetacionales azonales y flora de vegas altoandinas. Precizando la zona geográfica que abarcará el estudio (orden que define el nivel de cuenca o su superficie), el período en el que se realizarán los levantamientos de información, la escala de trabajo. Esta última debe ser de detalle, de modo que permita hacer comparaciones en el tiempo para verificar la evolución de la vegetación (COT no es apropiada), metodologías no logradas en la EIA.

Como bien se menciona anteriormente, el titular del proyecto plantea como medida de compensación asociada el impacto de Pérdida de Vegetación Azonal (vegas), la generación de un Estudio de composición florística de vegas alto andina de la Región de Valparaíso. Al respecto cabe señalar que según la Ley N° 19.300 de LBGMA Art. 60 establece que las medidas de compensación tienen por finalidad producir o generar un impacto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso. De acuerdo a lo anterior, la Dirección General de Aguas de la Región de Valparaíso, solicita replantear y reevaluar las medidas de Compensación, Mitigación y Reparación propuesta dado a que no se cumple con los objetivos indicados en el citado cuerpo legal. Finalmente este proyecto en el año 2010 fue desistido por parte de la empresa.

4.7.4 PROYECTO: Proyecto Línea Transmisión Eléctrica 220 kV Polpaico – Confluencia

El Proyecto considera la instalación de una línea de transmisión eléctrica de 220 kV entre la subestación Polpaico, ubicada en la comuna de Lampa, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana, y el área Confluencia II de la faena minera Los Bronces, ubicada en la comuna de Lo Barnechea, Provincia de Santiago, Región Metropolitana.

De acuerdo al levantamiento de línea base efectuada a lo largo del trazado de la línea de transmisión eléctrica, este no afectara vegetación azonal, (vegas) sin embargo existe presencia de las siguientes especies de flora en estado de conservación:

Laretia acaulis (Vulnerable)
Puya berteroniana (Vulnerable)
Neopterteria curvispina (Vulnerable)
Eriogyne aureata (Vulnerable)
Porlieria chilensis, guayacán (Vulnerable)
Prosopis chilensis, algarrobo (Vulnerable).

Por tal motivo, el Proyecto propone compensar la afectación de estas especies arbóreas a través del Plan de Manejo Forestal señalado en la sección previa, considerando la inclusión de algarrobos y guayacanes en la forestación, en una cantidad tal que permita lograr una relación 10 a 1 respecto de la cantidad de ejemplares afectados (diez individuos plantados por cada individuo afectado).

Por otra parte para especies como *Laretia acaulis*, *Puya berteroniana* y *Eriogyne aureata*, se aplicara técnicas de Micro-ruteo y empleo de helicóptero para el replanteo o demarcación en terreno de los accesos secundarios y de las torres se realizará con participación de un especialista botánico a lo largo del trazado con el objetivo de no afectar a ningún individuo. Dicho especialista evaluará en terreno, mediante micro-ruteo, las alternativas o variantes de trazado que el Proyecto defina como técnicamente factibles para cada acceso secundario, determinando conjuntamente con el equipo técnico del Proyecto aquella ruta que: (a) no intervenga individuos de *Laretia acaulis*, *Puya berteroniana* y *Eriogyne aureata*; y (b) genere la menor afectación de individuos de *Neopterteria curvispina*, guayacán y algarrobo.

Los individuos de la especie *Neopterteria curvispina* que queden emplazados a lo largo de los trazados definitivos (replanteados en terreno) de los accesos secundarios de la zona intermedia de la línea, serán replantados en sectores adyacentes. Se estima la necesidad de y relocalización de un total de 10 ejemplares.

4.7.5 PROYECTO: Obras complementarias Proyecto Expansión División Andina para Ampliación Intermedia a 92 ktpd.

Las obras del proyecto no implican la afectación de suelos productivos o en los que se desarrollen hábitat de relevancia para la flora y fauna nativa. Las instalaciones se emplazarán en laderas de alta montaña con presencia de afloramientos rocosos y escombros de falda dentro de áreas consideradas para el Proyecto de Expansión. Solo un sector destinado al crecimiento de depósitos de estéril posee cierta vegetación, aunque con coberturas inferiores al 5% (este sector corresponde al emplazamiento del depósito N° 2 del proyecto). Las especies en esta formación son *Nassauvia pungens* (leñosa baja) y *Hordeum halophyllum* (herbacea). Ninguna de las especies de flora existentes en el área mina se encuentra en categoría de conservación. Por

este motivo, no existen medidas de mitigación para la vegetación en este proyecto.

4.7.6 PROYECTO: Optimización y mejoramiento al sistema de transporte de pulpa del proyecto Desarrollo Los Bronces.

El Proyecto se desarrollará en una extensión lineal de aproximadamente 57 km entre la denominada "Área Los Bronces", ubicada en la zona cordillerana de la Región Metropolitana y el "Área Las Tórtolas", ubicada en el valle central de la Región Metropolitana, en la provincia de Chacabuco, comuna de Colina. Este proyecto, entra al sistema mediante una Declaración de Impacto Ambiental.

De este modo, el proyecto no contempla la intervención y/o afectación sobre la vegetación azonal; mencionando en la DIA, que el proyecto no intervendrá, no habrá explotación de recursos hídricos en áreas o zonas de humedales, así como tampoco el proyecto considera la intervención y/o explotación de cuerpos de aguas subterráneos que contengan aguas milenarias y/o fósiles.

Sin embargo el proyecto si genera impacto sobre vegetación zonal, mencionando, que el área del proyecto corresponde a un área con intervención antrópica previa, no obstante la construcción de la Estación Disipadora N° 2-A afectará 8 ejemplares de Guayacán (*Porlieria chilensis*), especie catalogada como vulnerable, según el D.S. 51 del año 2008. Cabe destacar que el del proyecto "Desarrollo Los Bronces" (PDLB), impacta un total de 863 ejemplares de Guayacán, por lo que este no corresponde a un nuevo impacto y es de significancia menor al corresponder a menos del 1% del impacto del PDLB. Para esto, el Proyecto considera incluir la afectación de estos ejemplares al Plan de Manejo Forestal presentado a la autoridad.

4.7.7 PROYECTO: DIA-Línea de Transmisión Eléctrica 220 Kv Maitenes-Confluencia. Anglo American.

Este proyecto, se encuentra emplazado en la Cuenca del Rio San Francisco cuyo trazado se inicia en la subestación Maitenes (existente) a 1.600 m.s.n.m. extendiéndose en dirección al norte a lo largo del valle del estero San Francisco (principalmente por la parte baja media de su ladera Este y dentro de la misma franja de servidumbre de la línea de transmisión N°1 de 66 kV (existente) hasta alcanzar una elevación de 3.100 m.s.n.m. y empalmar con la subestación eléctrica Confluencia perteneciente al Proyecto Desarrollo Los Bronces.

Esta Declaración, asume que el Proyecto no contempla la explotación de vegetación nativa. Lo anterior se debe básicamente a que se utilizará un trazado existente y vértices ya constituidos. Así mismo declara que no intervendrá sobre vegetación azonal (vegas y bofedales).

La DIA declara que el área de intervención directa del Proyecto no existen especies de flora en estado de conservación; este tipo de especies se registraron en sectores aledaños a algunas de las torres, por lo que no serán afectadas.

No obstante, la empresa luego de recibir la ADENDA N°1, adquirió un compromiso ambiental voluntario, con el objetivo de asegurar la no afectación de especies de flora en estado de conservación. Este compromiso implica contar en terreno con la asesoría de un profesional especialista durante la fase de construcción, quien verificará mediante microruteo, previo a la intervención del terreno, que los sitios no presenten especies de flora en estado de conservación. En este mismo ámbito se verificará la no afectación de fauna.

4.7.8 PROYECTO: EIA- Proyecto Despacho de Drenajes de Botaderos para Utilización Externa.

La afectación de la flora y vegetación por el Proyecto se producirá durante la fase de construcción por el emplazamiento e instalación de las obras. En el área de Riecillos, el Proyecto afectará flora y vegetación a lo largo del trazado de la tubería de agua (sifón Riecillos) y camino de servicio (entre las cotas 2.300 y 2.700 m.s.n.m), en la ladera Este del valle.

De las unidades con cobertura vegetal, la de mayor afectación corresponde a la formación Matorral andino (leñoso bajo muy claro); posee una superficie de 0,9 hectárea y se afectará aproximadamente 0,07 hectárea (7,9% de afectación de superficie). Las especies dominantes en esta unidad son *Berberis empetrifolia*, *Chuquiraga oppositifolia*.

Por otra parte, en el trazado se constató la presencia de una especie de flora en categoría de conservación: *Laretia acaulis* (llareta), especie clasificada como Vulnerable

Según el EIA, los esfuerzos de trasplante de esta especie a raíz de otros proyectos han tenido un bajo nivel de éxito, siendo una de las principales razones lo difícil que resulta el traslado de arbustos añosos con raíces y tallos gruesos y leñosos, en los que se dificulta el estimular la generación de nuevas raíces. Asimismo, la fragmentación que se produce al desenterrar los arbustos dificultan enormemente la posibilidad de trasplante. Es por este motivo que la empresa CODELCO, propone como objetivo general financiar una investigación científica que aporte conocimiento la especie *Laretia acaulis*. La investigación estaría enfocada al estudio de la germinación de las semillas y del crecimiento, en el primer año, de plántulas de la especie. Se pretende, al cabo de dos años, obtener resultados que puedan aportar al conocimiento de la propagación de la especie por la vía de la obtención y trasplante de plantas jóvenes obtenidas en vivero. La investigación se realizaría en una institución o establecimiento a acordar con la autoridad. Para estos efectos se propone que el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de la V Región actúe como Órgano coordinador y receptor de los resultados de la investigación.

La ADENDA N°1, menciona que la empresa al cabo de tener éxitos en el estudio de germinación, estas plántulas deber replantadas en los lugares afectados. Luego de esta observación el proyecto fue aprobado.

De acuerdo a lo expresado en el EIA, la empresa generara una compensación sobre la vegetación impactada de forma irreversible por un estudio de investigación.

No existen antecedentes disponibles en el SEA que permita determinar el cumplimiento de este compromiso, por otro lado, si se considera que la Ley N° 19.300 de LBGMA Art. 60 establece que las medidas de compensación tienen por finalidad producir o generar un impacto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso, un estudio de investigación no se ajusta a una medida de compensación y menos a una de mitigación.

4.7.9 Análisis general.

Si bien, las Líneas Bases presentadas poseen elementos cuya descripción cumple con las exigencias básicas, los resultados en cuanto a las evaluaciones de los impactos, y la generación de las medidas de mitigación y seguimiento son componentes deficientes en términos de estudios ecológicos.

Con respecto a los estados de conservación, las medidas de mitigación solo se encuentran enfocadas a especies que se encuentren clasificadas en algún estado de conservación, tomando en cuenta que las especies que forman parte de vegas altoandinas, no se encuentran clasificadas, y se olvida, que las vegas y la flora que la componen poseen un valor fundamental a nivel ecosistémico.

Por otra parte, en los estudios analizados no se mencionan las consecuencias asociadas al polvo que generará el paso de vehículos menores y mayores y el polvo proveniente de las construcciones, movimientos de tierra, caminos de exploración y actividades cercanas a los humedales. Es importante destacar que el efecto del polvo y su posterior precipitación sobre la vegetación, posee elementos potencialmente tóxicos, afectando el funcionamiento normal de la fotosíntesis y crecimiento (Schulze et al. 1989i). Así mismo, no existe información sobre el efecto de la precipitación del material particulado sobre el suelo y el agua y el potencial efecto sobre la vegetación.

Respecto a los planes de mitigación y seguimiento, carecen de claridad. Generalmente son repetitivos, y no describen las actividades a desarrollar detalladamente. Así mismo, existen medidas de mitigación (publicación de difusión) que no se relaciona directamente con el impacto generado.

Por otra parte, sobre la evaluación de los impactos, cabe señalar que no se mencionan los protocolos para las medidas de mitigación. Por ejemplo en relación a extracción de la vegetación: no se señala métodos a utilizar, de qué manera se retirara. Una vez restablecida la vegetación, cuáles serán los factores o variables a monitorear.

Otro punto a destacar es que los impactos mencionados, en su mayoría son la pérdida de la vegetación y la flora o la alteración de esta, olvidándose por completo de los cambios que pudieran ocurrir a nivel de procesos ecosistémicos. Así mismo no existe una estimación de los impactos sobre el número de individuos o a nivel de población.

Así mismo, no existen medidas de mitigación, relacionadas a investigaciones a estos ecosistemas. La vegetación azonal que se ubica en las vegas altoandinas posee un alto potencial de investigación, tanto a nivel de ecología de poblaciones como ecología de comunidades, siendo estos ecosistemas un laboratorio.

4.8 Uso del suelo 1986 y 2012.

Analizados los datos de uso actual, de acuerdo a la metodología descrita, se obtuvieron los respectivos resultados para el año 1986 y 2012 y los cambios ocurridos entre ambos años en el área de estudio, los cuales se presentan en los siguientes puntos.

4.8.1 Uso del suelo 1986.

Los usos descritos, correspondientes a los determinados por el Catastro de Vegetación Nativa (CONAMA-CONAF, 1979) con leves modificaciones, se presentan en la Tabla N°21, con las superficies correspondientes y su distribución en la Figura N° 82, donde se indica la cartografía correspondiente que se adjunta en el SIG ("uso1986.shp").

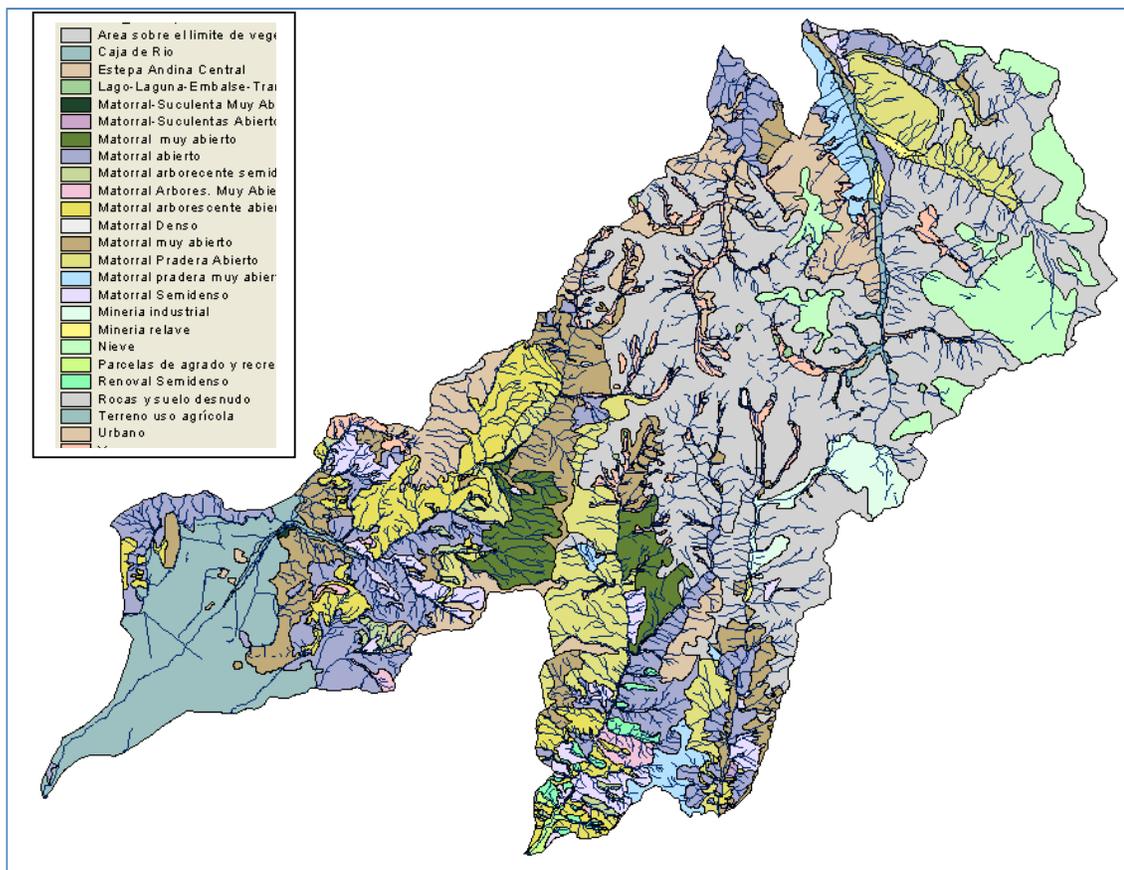


Figura N° 82. Uso del suelo 1986.

En uso del suelo de la clase agrícola se ubica en su totalidad en la parte baja de la cuenca del estero Colina, la cual es continua, con excepción de la presencia del emplazamiento urbano de Colina.

Tabla N° 21. Superficie por Uso del suelo en el año 1986.

	Clase de uso	superficie (hectárea)
1	Area sobre el limite de vegeta	41.304,8
2	Caja de Rio	1.390,5
3	Estepa Andina Central	9.966,4
4	Lago-Laguna-Embalse-Tranque	177,1
5	Matorral muy abierto	4.274,1
6	Matorral abierto	13.920,9
7	Matorral arborecente semidens	1.168,1
8	Matorral Arbores. Muy Abierto	780,8
9	Matorral arborescente abierto	7.365,3
10	Matorral Denso	229,7
11	Matorral muy abierto	10.300,2
12	Matorral Pradera Abierto	10.569,3
13	Matorral pradera muy abierto	2.609,4
14	Matorral Semidenso	3.770,6
15	Matorral-Suculenta Muy Abierto	34,6
16	Matorral-Suculentas Abierto	52,8
17	Mineria industrial	2.064,2
18	Mineria relave	360,2
19	Nieve	7.739,0
20	Parcelas de agrado y recreación	266,2
21	Renoval Semidenso	776,6
22	Rocas y suelo desnudo	2.612,6
23	Terreno uso agrícola	11.211,1
24	Urbano	87,0
25	Vegas	4.419,3
	Total general	137.450,8

4.8.2 Uso del suelo año 2012.

Las clases determinadas corresponden a las mismas clases del año 2006, las que se presentan en la siguiente tabla (Tabla N° 22) y su distribución en la Figura N° 83 (en el SIG, la capa corresponde "uso2012.shp").

Tabla N ° 22. Superficies por clases de uso año 2012.

	Clase de uso	Superficie (ha.)
1	Area sobre el limite de vegeta	39.998,2
2	Caja de Rio	1.208,0
3	Estepa Andina Central	9.966,4
4	Lago-Laguna-Embalse-Tranque	177,1
5	Matorral muy abierto	4.274,1
6	Matorral abierto	13.727,2
7	Matorral arborecente semidens	1.168,1
8	Matorral Arbores. Muy Abierto	780,8
9	Matorral arborescente abierto	7.238,2
10	Matorral Denso	229,7
11	Matorral muy abierto	10.027,2
12	Matorral Pradera Abierto	10.486,9
13	Matorral pradera muy abierto	2.609,4
14	Matorral Semidenso	3.666,2
15	Matorral-Suculenta Muy Abierto	34,6
16	Matorral-Suculentas Abierto	52,8
17	Mineria industrial	3.439,7
18	Mineria relave	449,2
19	Nieve	7.781,3
20	Parcelas de agrado y recreación	6.502,1
21	Renoval Semidenso	736,9
22	Rocas y suelo desnudo	2.612,6
23	Terreno uso agrícola	4.094,0
24	Urbano	1.808,9
25	Vegas	4.381,4
	Total general	137.450,8

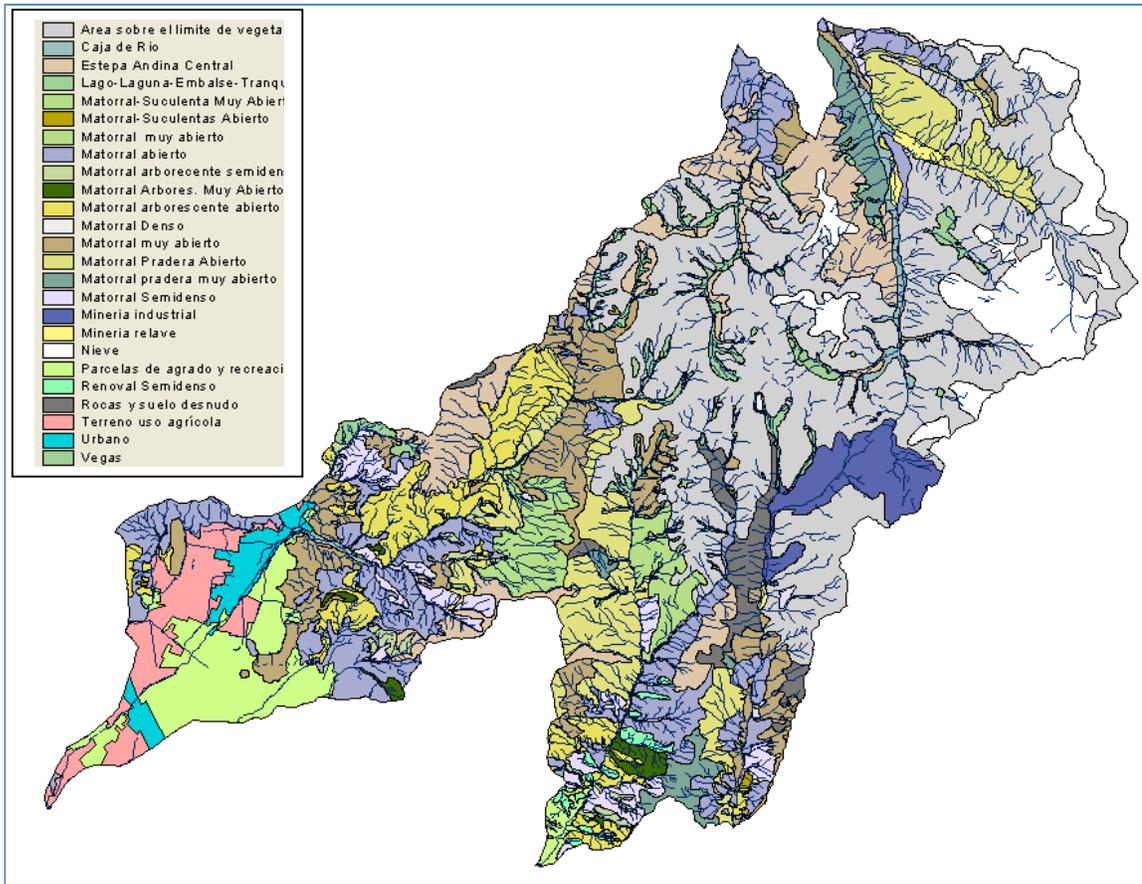


Figura 83. Uso actual del suelo 2012.

4.8.3 Cambios de uso del suelo entre el año 1986 y 2012.

Los cambios del uso del suelo entre los años 1986 y 2012 se presentan en la Tabla N° 23 y en la Figura N° 84.

Tabla N° 23. Dirección y cuantificación de cambios de uso entre el año 1986 y 2012.

Uso 2012	(1) Área sobre el límite de vegetación	(2) Caja de río	(8) Matorral Arbores. Muy Abierto	(9) Matorral arbores. abierto	(11) Matorral muy abierto	Uso 1986					(23) Terreno uso agrícola	(25) Vegas	Sup_total (ha)	
						(13) Matorral pradera muy abierto	(14) Matorral Semidenso	(16) Matorral-Suculentas Abierto	(21) Renoval Semidenso					
9 Matorral arborecente abierto					3,8									3,8
17 Minería industrial	1305,9					31,1							129,5	1.466,5
18 Minería relave		6,3					82,3							88,6
20 Parcelas de agrado y recreación			193,1	20,3	123,4	233,9		104,6	39,8	5537,5				6.252,6
24 Urbano		176,3				7,965				1537,5				1.721,8
Total	1.305,9	182,6	193,1	20,3	127,2	273,0	82,3	104,6	39,8	7.075,0	129,5		9.533,3	

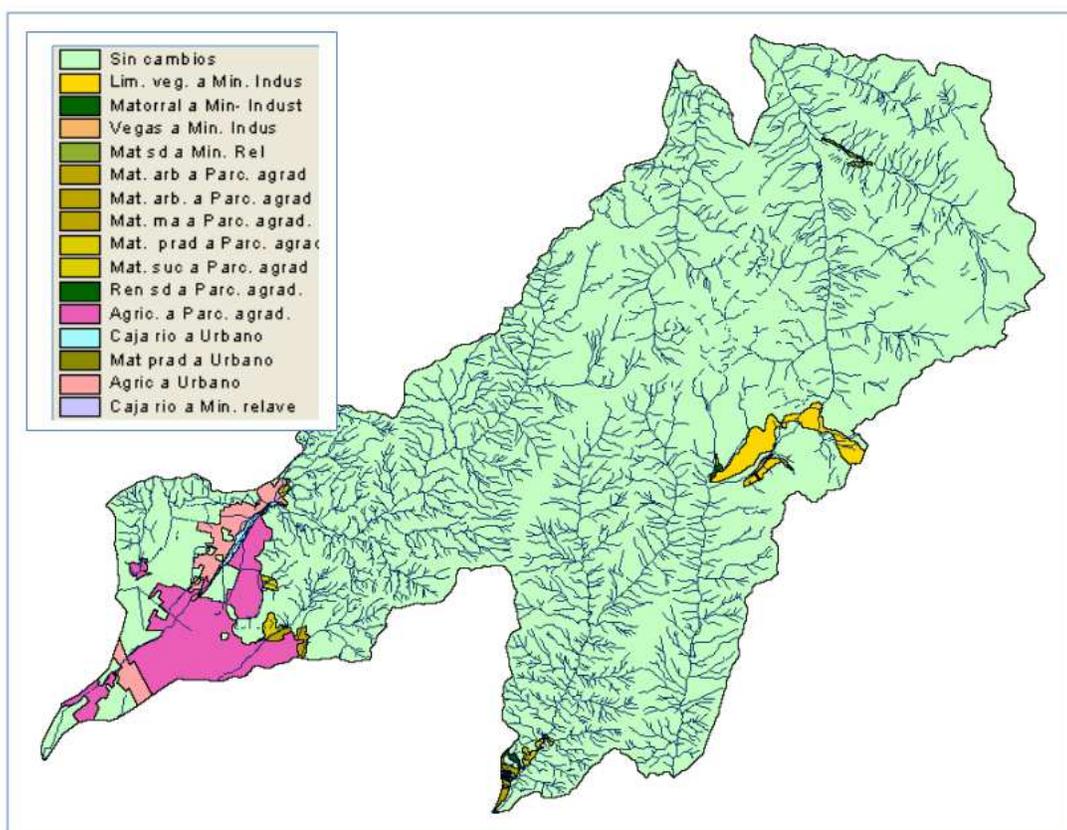


Figura N° 84. Cambios de uso del suelo entre 1986 y 2012.

Los cambios de uso del suelo entre el año 1986 y 2012 son básicamente de la clase de cultivos agrícolas y de áreas catalogadas "sobre el límite vegetacional" correspondiente a rocas y suelo desnudo con escasa vegetación a uso industrial minero. Lo primero en la cuenca del estero Colina y lo segundo en la cuenca del río Blanco y del río San Francisco.

En total la superficie que cambió de uso es de 9.533,3 ha, que representa el 7% de la superficie total del área de estudio.

La clase agrícola cambió al uso "parcelas de recreación" y a "urbano" con un total de 7.075 ha. y la clase de vegas cambió en 129,5 ha. a uso industrial minero.

4.9 Erosión.

La distribución de las clases de erosión en el área de estudio se muestra en la Figura N° 85. y las superficies respectivas a cada clase en la Tabla N° 24.

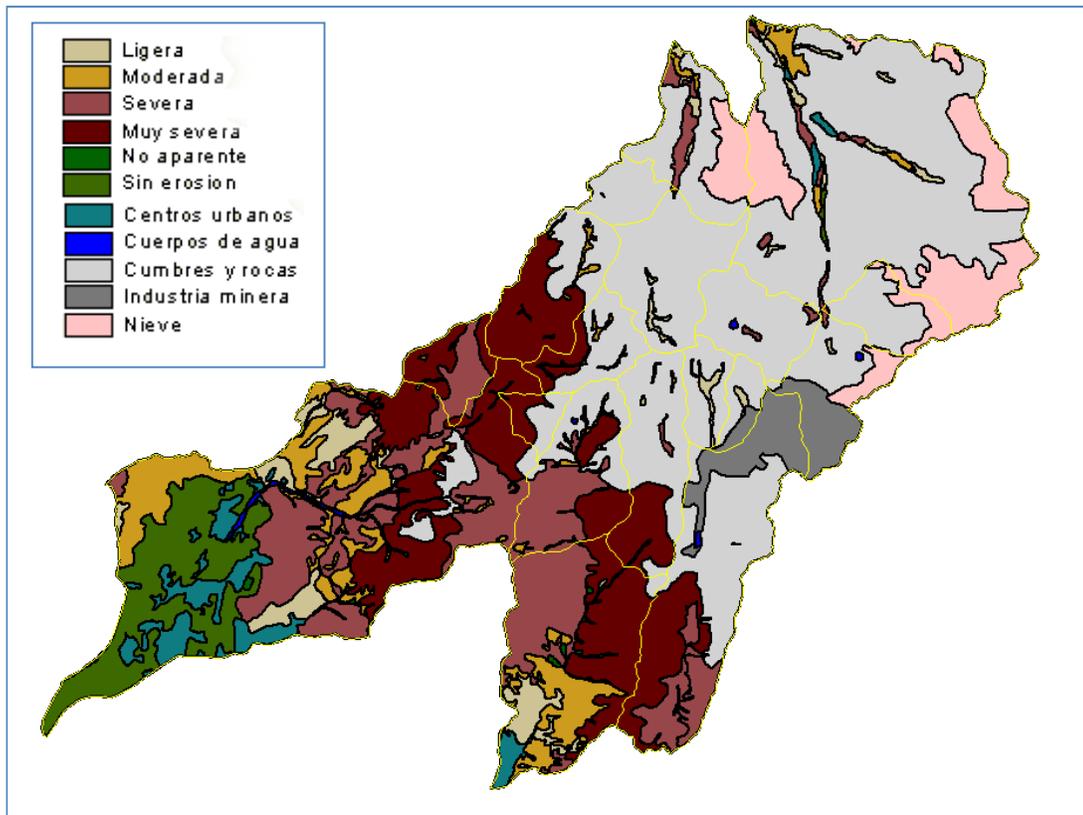


Figura N° 85. Erosión.

Tal como se muestra en la figura, la erosión de suelos se manifiesta desde la parte media a baja de las cuencas, influyendo escasamente en la vegetación azonal, no obstante se puede considerar esta variable como amenaza de las unidades de vegetación azonal, especialmente las categorías de severa y muy severa, dado que en el largo tiempo pueden modificar la base del sustrato.

Tabla N° 24. Superficie por clase de erosión.

Clase de erosión	Superficie (ha.)
Ligera	4877,8
Moderada	9109,8
Severa	19308,3
Muy severa	21449,6
Subtotal	54.745,50
Otras	82.745,50
Total	137.450,80

4.10 SIG.

El conjunto de datos presentados en el presente estudio se encuentran en el SIG estructurado en ARCGIS 9.3, proyecto GIS SAG Azonal.mxd.

Para ejecutar el proyector, que se encuentra almacenado en la carpeta

“SAG AZONAL”, copiarla al disco C.

Luego se ejecuta el archivo “GIS SAG AZONAL.mxd “, que se encuentra en el siguiente directorio: C:\SAG-AZONAL\Mxd\

Almacenado dentro de este archivo de trabajo, se encuentran las capas de información del proyecto, la cartografía base y temática, además de las imágenes satelitales utilizadas y el MED ASTER de área de estudio.

La información es la siguiente:

C:\SAG-AZONAL\Imágenes:

Nombre Archivo Original	Nombre GIS	Bandas Utilizadas
th12042012cor.img	THEOS 12/04/2012	1-2-3
wgs8417112011c3eq.img	TM 17/11/2011	4-3-2
corl5_30012010b123457_aj.img	TM 30/01/2010	4-3-2
tmwgs8412022009b123457_aj.img	TM 12/02/2009	4-3-2
subl5_0832008_b12345cor.img	TM 08/03/2008	4-3-2
corl507022007_b123457.img	TM 07/02/2007	4-3-2
corl508032006b123457.img	TM 08/03/2006	4-3-2
corl510012005_b23457.img	TM 10/01/2005	4-3-2
corl502032004b123457.img	TM 02/03/2004	4-3-2
corl5233083_08320011121_b1234.img	TM 08/03/2001	4-3-2
cortm29011998_b1234.img	TM 29/01/1998	4-3-2
subwgs84_28011986b1-7c1eq.img	TM 28/01/1986	4-3-2

C:\SA G-AZONAL\Temáticos\Cartografía Base:

Nombre Archivo	Nombre GIS	Campo Utilizado	Nombre Grupo de Archivos en GIS
caminos.shp	caminos	General	no
tx_hidrografia.shp	tx_hidrografía	text	Texto
tx_orografia.shp	tx_orografía	text	Texto
tx_poblados.shp	tx_poblados	text	Texto
cuerpos de agua.shp	cuerpos de agua	General	no
hidrografia.shp	Hidrografía	General	no
curvas_de_nivel.shp	Curvas	General	no
área de estudio.shp	área de estudio	General	no
cuencas.shp	Peligro de Agresividad Escurrimiento	IPPC	Cuencas y Subcuencas
cuencas.shp	Subcuencas	NOMSUBS_	Cuencas y Subcuencas
cuencas.shp	Cuencas	NOMCUEN	Cuencas y Subcuencas
cuencasf_v6.shp	Vulnerabilidad de Nieve + Agua	VULN_TOT	Vulnerabilidad Cuencas
cuencasf_v6.shp	Vulnerabilidad de Agua	VULN_AGUA	Vulnerabilidad Cuencas
cuencasf_v6.shp	Vulnerabilidad de Nieve	VULN_NIEVE	Vulnerabilidad Cuencas

C:\SAG-AZONAL\Temáticos\Cartografía Base\cartas:

Nombre Archivo	Nombre GIS	Campo Utilizado	Nombre Grupo de Archivos en GIS
carta1.shp	carta1	general	Cartas Ploteo
carta2.shp	carta2	general	Cartas Ploteo
carta3.shp	carta3	general	Cartas Ploteo
carta4.shp	carta4	general	Cartas Ploteo
carta5.shp	carta5	general	Cartas Ploteo
carta6.shp	carta6	general	Cartas Ploteo
carta7.shp	carta7	general	Cartas Ploteo
carta8.shp	carta8	general	Cartas Ploteo
carta9.shp	carta9	general	Cartas Ploteo
carta10.shp	carta10	general	Cartas Ploteo
carta11.shp	carta11	general	Cartas Ploteo
carta12.shp	carta12	general	Cartas Ploteo

C:\SAG-AZONAL\Temáticos\Cartografía Estudio:

Nombre Archivo	Nombre GIS	Campo Utilizado	Nombre Grupo de Archivos en GIS
mineroducto_lelectricat.shp	mineroducto_lelectricat	NOMBRE_PRO	Obras
faena_minwgs84.shp	faena_minwgs84	NOM_FAENA	Obras
Areas-influ-obras.shp	Areas de influencia y obras	NOM_FAENA	Obras
uso2012-v2.shp	Uso Suelo 2012	USO_ACTU_1	no
camb86012-v1.shp	Cambio Uso de suelo de 1986 a 2012	GRID_CODE	no
uso 1986_v16.shp	Uso Suelo 1986	USO_ACTU_1	no
humedales_ccas_v10.shp	Superficie de Nieve Promedio	indhumsn	Clasificación de Humedales
humedales_ccas_v10.shp	Disponibilidad de Agua Total	DISP_AG_T	Clasificación de Humedales
humedales_ccas_v10.shp	Disponibilidad de Agua	DISPO_AGUA	Clasificación de Humedales
humedales_v13.shp	Tendencia de Humedad	CLASHUM	Clasificación de Humedales
humedales_v13.shp	Por Rango de Altitud	RANGALTIT	Clasificación de Humedales
humedales_v13.shp	Por Rango de Pendiente	DESCR_PEND	Clasificación de Humedales
humedales_v13.shp	Tendencia de Verdor	DECRIIDVERD	Clasificación de Humedales
humedales_v13.shp	Por Exposición	DESCREXPO	Clasificación de Humedales
humedales_v13.shp	Índice de Naturalidad	INDICE_NAT	Clasificación de Humedales
humedales_v13.shp	Posición Topográfica	POSICION	Clasificación de Humedales
humedales_v13.shp	Clases Fisionómicas	GRUPO_FIS	Clasificación de Humedales
iriesgohum_v2.shp	Índice de Riesgo de Humedales	DECRRIESGO	Clasificación de Humedales
erosionaewgs84_v3.shp	Erosión	DESCEROS	no
astergdem15_aj.img	DEM Aster	raster	no
EXPOSICIONES.img	Exposición	raster	no
PENDIENTE_PORC.img	Pendiente	raster	no

5. CONCLUSIONES.

Del estudio realizado y resultados obtenidos se desprenden las siguientes conclusiones:

- a) El total de unidades de vegetación azonal existentes en el área de estudio es de 511 que corresponden a cuatro formaciones de vegetación azonal, que son: vega cojín, vega plana, matorral hídrico y matorral ripariano y en total alcanzan una superficie de 3.445,2 hectáreas.

La formación Vega cojín se encuentra representada en 362 unidades con una superficie de 2.374,0 ha, encontrándose en ellas un total de 20 especies. La formación Vega plana se encuentra en 77 unidades con una superficie de 588,1 ha, caracterizada por 12 especies. La formación de Matorral hídrico se encuentra en 70 unidades con un total de 469,9 ha, con presencia de un total de 12 especies y la formación Matorral ripariano se encuentra presente en 2 unidades con una superficie de 13,2 ha, caracterizada por 4 especies. Las formaciones predominantes, por consiguiente, son Vega cojín y Vega plana.

Las unidades de vegetación azonal se ubican preferencialmente en las zonas altas de las cuencas en estudio, siendo la cuenca con mayor presencia de humedales la correspondiente al Estero Colina, con 127 unidades y una superficie de 1.056,5 ha, con un promedio de superficie por unidad de 7,6 ha, luego se encuentra la cuenca del estero Riecillo con 124 unidades y una superficie de 765,4 ha y un promedio de superficie por unidad de 6,5 ha. Seguidamente, se encuentra el estero Arrayan con 113 unidades y una superficie de 828,8 ha y un promedio de superficie por unidad de 14,0 ha. Finalmente se ubican las cuencas de río Blanco con 101 unidades y 508,8 ha, con un promedio de superficie por unidad de 5 ha. y la cuenca del río San Francisco con 46 unidades y 291,7 ha y un promedio de superficie por unidad de 5,9 ha. La cuenca de San Francisco, sin embargo se puede considerar la de mayor riesgo por encontrarse en su parte superior el tajo abierto de la mina Los Bronces y el valle del río acoge la mayor actividad minera, se suma a lo anterior que los humedales se concentran en las subcuencas aledañas a la mina correspondientes a los esteros el Plomo y Dolores, que son presionadas fuertemente por las actividades permanentes de la mina.

- b) Tal como queda de manifiesto en los resultados obtenidos en relación a la espacialización de las actividades productivas, la actividad que representa la mayor amenaza a la existencia de la vegetación azonal es la minera, la cual ha alterado el paisaje y los cursos de agua que se relacionan con los humedales, fragmentándolos y afectando la

producción de biomasa y las superficies existentes. Las obras y actividades más relevantes que contribuyen a este propósito son las obras de tajo abierto, la construcción de caminos, los relaves, la mantención del mineroducto y de los ductos de captura de agua, el tendido de transmisión eléctrica, el tránsito permanente de vehículos pesados y livianos y las actividades de prospección.

En este mismo sentido, del análisis de las medidas de mitigación de los EIA de los respectivos proyectos mineros se concluye que no son suficientes para lograr la sustentabilidad de la vegetación azonal, es más no existen mitigaciones directas de los impactos en la vegetación azonal. De igual forma, no es posible conocer, a partir de la información disponible en el Sistema el estado actual del seguimiento de las medidas comprometidas que dicen relación, por ejemplo, con el Plan de Restauración de Sitios con formaciones vegetales afectadas durante la etapa de Construcción.

El presente estudio cuantificó un cambio de uso del suelo por esta actividad, entre los años 1986 y 2012, de 1.555,1 ha (ver Tabla N° 23), de las cuales 129,5 ha. corresponden a unidades de vegetación azonal que fueron directamente destruidas.

- c) De acuerdo al modelo de vulnerabilidad y riesgo aplicado la vegetación azonal del área de estudio se encuentra en riesgo alto y muy alto una superficie equivalente a 1.743,7 ha, que representa el 50,6% del total de la superficie de vegetación azonal del área de estudio, mientras que en riesgo medio se encuentran 1676,9 ha. que constituye el 48,7% del total.
- d) Del total de unidades de vegetación azonal, se encuentran en riesgo alto y muy alto un total de 276(54%), de las cuales 66 están en riesgo muy alto. La distribución de las unidades en las categorías señaladas se encuentran mayoritariamente en las cuencas del río San Francisco, río Blanco, estero Riecillo y estero Arrayán.
- e) De la evaluación de impactos realizada se concluye que en el transcurso del año 1986 al 2012 a desaparecido una superficie de 129,5 hectáreas correspondiente a vegetación azonal. Así también, la mayoría de los humedales en las categorías de riesgo alto y muy alto se encuentran afectados por fragmentación debido a caminos que o penetran a las zonas de humedales, lo que afecta directamente la disponibilidad de agua de la vegetación, por depositación de polvo en suspensión debido al tránsito permanente de diferentes tipos de vehículos, lo que afecta la actividad fotosintética, situación que se corroboró con los resultados obtenidos del análisis de tendencia del NDVI entre los años estudiados (1986-2010), los cuales indican que el

67% de las unidades de riesgo alto y muy alto tienen una tendencia a la disminución de la actividad vegetacional. Se agrega a lo anterior, el impacto directo de vertidos y acumulación de desechos sólidos en los bordes de las unidades que deslindan con los caminos. Finalmente la remoción de material de áridos ha modificado directamente algunas unidades y ha aumentado la fragmentación.

Las medidas de mitigación que se sugieren en general, son las siguientes: elaborar un plan de restitución de caudales a los humedales implementando obras de arte para restaurar conectividad, especialmente de los cursos de agua, cerrar accesos secundarios que penetran o dividen las unidades vegetacionales, implementar un plan de mitigación de la depositación de polvo en suspensión ubicando pantallas de protección, humedecimiento de caminos y reducción de velocidades del tránsito en todos los sectores que se seleccionen como críticos, de acuerdo a la dirección del viento y cercanía de los humedales, implementar un plan de limpieza de los humedales, recolectando los residuos sólidos y mitigando los derrames de vertidos líquidos, restaurar áreas removidas aledañas o al interior de humedales.

- f) En relación a los cambios de uso del suelo en el área en estudio se concluye, además del cambio de uso indicado correspondiente a la minería, el siguiente cambio de importancia es el de uso agrícola que se produce en la parte baja de la cuenca del estero Colina y estero Arrayán, cuya superficie en el año 1986 correspondía a un total de 11.211 hectáreas, de las cuales 7.075 ha. cambiaron a uso urbano-industrial y a parcelas de agrado y de recreación (clubes de golf), correspondiendo en total a un cambio general del 63%, del cual el 21,7% (1.537,5 ha.) es un cambio hacia el uso urbano industria, mientras que el complemento (78,3%, 5.537,5 ha) cambiaron a parcelas de agrado y recreación.
- g) Con todo lo expuesto, se evidencia la urgencia de actualizar los planes de seguimiento ambiental que se describen en los EIA y tomar medidas de mitigación respecto de los actuales impactos que se están produciendo en los humedales, especialmente en las unidades señaladas en el presente estudio, de tal forma de asegurar la sustentabilidad de la vegetación azonal, haciendo hincapié en los flujos de agua y disponibilidad de ella para el ecosistema involucrado.

Finalmente, se concluye, en base al conocimiento del terreno, que las metodologías aplicadas y los resultados obtenidos dan cuenta de la situación actual de la vegetación azonal, lográndose el cumplimiento de los resultados esperados y de los objetivos señalados, cubriéndose una superficie mayor a la comprometida, analizada con datos, exactitud y precisión mayor a la solicitada.

De la misma forma, el análisis multitemporal realizado en base a las 14 imágenes satelitales utilizadas dan cuenta de los cambios de la vegetación azonal entre el año 1986 y 2012 y la tendencia de la actividad vegetacional de las 511 unidades identificadas.

Se incluye en los resultados la información digital descrita, debidamente sistematizada en un proyecto mxd de ARCGIS.

REFERENCIAS

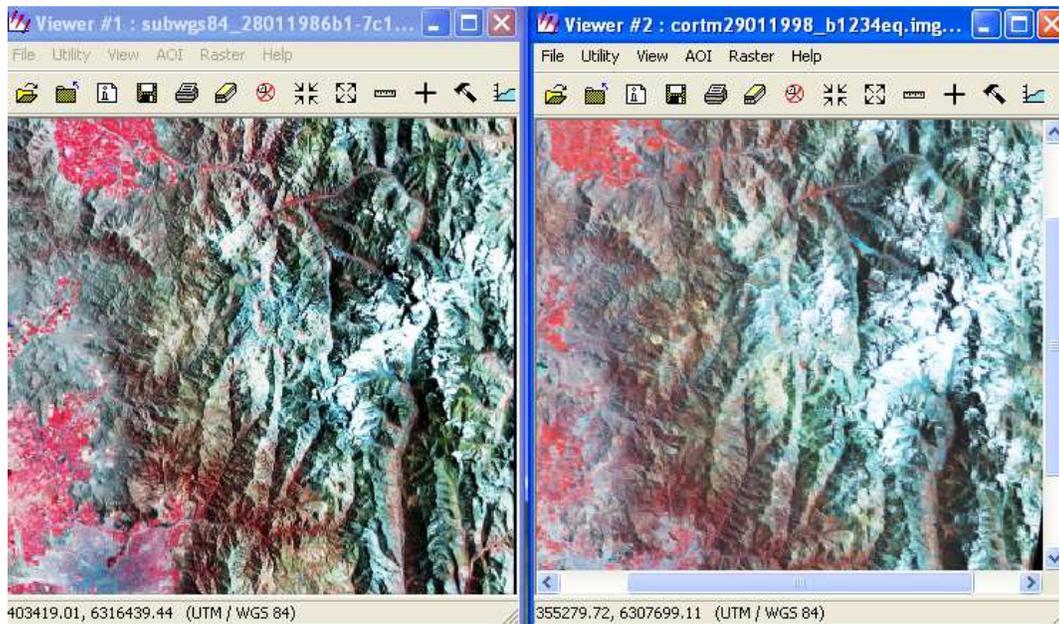
- ARCADIS GEOTECNIA. Estudio de Impacto Ambiental, (EIA), Obras Complementarias Proyecto Expansión División Andina para la Ampliación Intermedia a 92 ktpd.2005. CODELCO.
- ARCADIS GEOTECNIA. 2008. Disposición de Lastre y Sistema de Manejo de Drenajes. CODELCO.
- ARCADIS GEOTECNIA. 2006. Estudio de Impacto ambiental. Proyecto desarrollo Los Bronces. Anglo American.
- BIOTA, Gestión y Consultorías ambientales. 2007 Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del valle Central y pre cordillera de la región del Biobío". SAG-DIPROREN.
- Biota, Gestión y consultorías ambientales. 2007. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídrico de la alta cordillera" regiones V, VI y VII.
- CADE-IDEPE CONSULTORES EN INGENIERIA. 2004. Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad - cuenca del río Maipo.
- Calvo, J.F.; M.A. Esteve; F. López Bermúdez). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. España.
- Campo, Alicia M.; Peña, Oscar; Gandullo, Ricardo; de la Cal. 2011. Rodrigo. ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN DE UN HUMEDAL "MALLIN" LOCALIZADO EN UNA ZONA SEMIÁRIDA DE LA PROVINCIA DE NEUQUÉN (ARGENTINA). Papeles de Geografía, núm. 53-54. pp. 35-48. Universidad de Murcia. Murcia, España.
- Figueroa, R., Palma, A., Ruiz, V.H. & Niell, X. 2007 Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillan, VIII Región. Revista Chilena de Historia Natural 80 (2):225-242.
- Gasto, J. Cosio, F, Panario, D. 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición- Manual de aplicación a municipios y predios rurales. REEPAN. 253 p. Santiago-Chile.
- GESTION AMBIENTAL CONSULTORA.GAC.2011.Estudio de impacto ambiental (EIA) Proyecto expansión andina 244, CODELCO.
- Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink. 2000. Wetlands, 3rd Ed. John Wiley & Sons, New York. 920 p.
- PROUST CONSULTORES. 2008. EIA Proyecto Línea Transmisión Eléctrica 220 kV Polpaico – Confluencia, Anglo American.

- PROUST CONSULTORES. 2010. Estudio de Impacto Ambiental (EIA), Planta de Recuperación de Cobre y molibdeno desde Relaves. CODELCO.
- RAMSAR, 2005. 9º. "Los humedales y el agua: mantienen la vida, nos dan el sustento". Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales.
- SKM CONSULTORA. 2010. Declaración de Impacto ambiental (DIA), del proyecto "Modificación de capacidad de almacenamiento de combustible diesel los Bronces". Anglo American.
- Vidal-Abarca, M.R., Suárez, M.L. & Gómez, R. 2000. Los humedales: Ecosistemas para conservar. En: Biodiversidad. Contribución a su conocimiento y conservación en la Región de Murcia, pp. 149-162. Eds.

ANEXO 1. Campos de las principales coberturas.

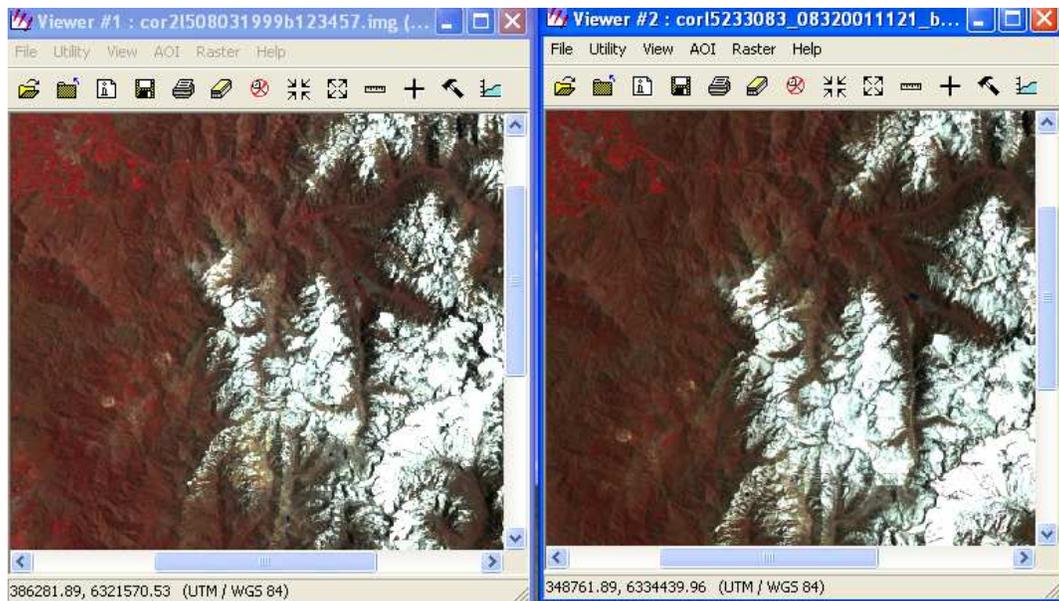
Campos	Descripción
ID HUM	Índice de las unidades vegetacionales azonales (UVA)(1..n)
COB_TOTAL	% cobertura de las UVA de terreno.
CUENCA	
ALTITUD	
INDICE NAT	Índice de naturalidad (amenaza antrópica).
NDVI010	Índice de vegetación (valor promedio por UVA)
NDVI09	
NDVI08	
NDVI07	
NDVI06	
NDVI05	
NDVI04	
NDVI98	
NDVI86	
IVERDOR8	Índice de verdor relativo promedio (desde 1986 a 2010)
CLASVIGOR8	clases de índice de verdor (86-2010)
IVERDOR9	índice de verdor relativo 1998 a 2010
CLASVIGOR9	clases de índice de verdor (98-2010)
IHUM010	Índice de humedad por UVA.
IHUM08	
IHUM07	
IHUM06	
IHUM04	
IDVERDORPR	Índice de decremento de verdor (IDV) por UVA.
CLASIDVERD	clases de índice de decremento de verdor
PENDPROM	pendiente promedio
ALTIPROM	altitud promedio
N_SP_DOM	numero de especies dominantes por UVA.
INDALTITUD	índice de altitud
INDPEND	índice de pendiente
DESCR_PEND	descripción de pendiente
INDEXPO	índice de exposición
DESCREXPO	descripción de exposición
RANGALTIT	rango de altitud
DECLIDVERD	descripción de las clases de tendencia del índice de decremento de verdor.
IHUM05	índice de humedad por UVA 2005-2010
IHUM09	índice de humedad por UVA 1998-2010
IHUM04010	índice de humedad por UVA 2004-2010
CLASHUM	clases del índice de humedad por UVA.
SUP_HA	superficie en hectáreas de cada UVA.
NUMERO	índice 1 para UVA y o para otros polígonos
NOMSUBS	Nombre de subcuencas
AREA	superficie en metros cuadrados
NOMCUEN	Nombre de la cuenca
LENGTH	
COD	codigo de las cuencas y subcuencas.
NOMSUBC	
ID_CUEN	
AREA_KM2	
NOMCUEN	
PERIM	
GRAV	índice de gravellius para las cuencas y subcuencas
FORMA	descripción de la forma d la cuenca según Gravellius.
ALTUMED	altitud media de las cuencas y subcuencas.
PENDMEDIA	pendiente media de la cuenca y subcuenca
CO_MASIV	coeficiente de masividad
CO_OROGRAF	coeficiente orográfico.
PENMEDCAU	pendiente media del cauce
TC	tiempo de concentración de las gaus por cuenca y subcuencas.
ALT_MAX	altitud máxima de la cuenca
ALT_MIN	altitud mínima de la cuenca
AMPLIT_RE	amplitud de relieve
LONG_DREN	longitud de total de drenaje por cuenca y subcuenca.
DENS_DREN	densidad de drenaje por cuenca y subcuenca.
LCAUCEPP	longitud del cauce principal por cuenca o subcuenca.
IPPC	índice de peligro potencial por cuenca
SNIEVE05	superficie de nieve año 2005.
SNIEVE06	
SNIEVE07	
SNIEVE08	
SNIEVE09	
SNIEVE10	
SNPROM	superficie de nieve promedio (2005 a 20010)
DISPO_AGUA	disponibilidad de agua
GRUPO_FIS	nombre grupo fisionómico de vegetaciónazonal.
SP_1	especie 1.
SP_2	
SP_3	
SP_4	
SP_5	
CUENCA	
POSICION	posición topográfica de la UVA
REF_BIBLIO	
APORTENIEV	índice de aporte de nieve promedio
DISP_AG_T	disponibilidad de agua total
ISUP	índice de tamaño de la UVA
IND_SING	Índice de singularidad de la UVA.
INDICE NAT	Índice de naturalidad.
CLASIDVERD	Clases de índice de decremento de verdor
IVULTOT	índice de vulnerabilidad total de las UVA
IRIESGO	índice de riesgo
DECRRIESGO	descripción d elas clases de riesgo.

ANEXO 2. Quick look de imágenes satelitales.



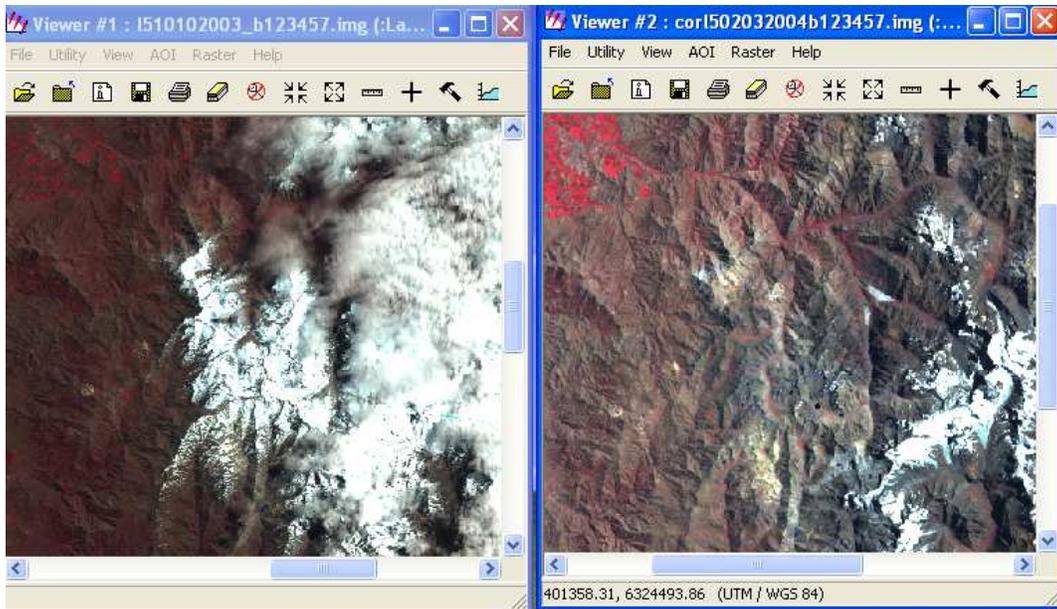
1986 TM

1998 TM



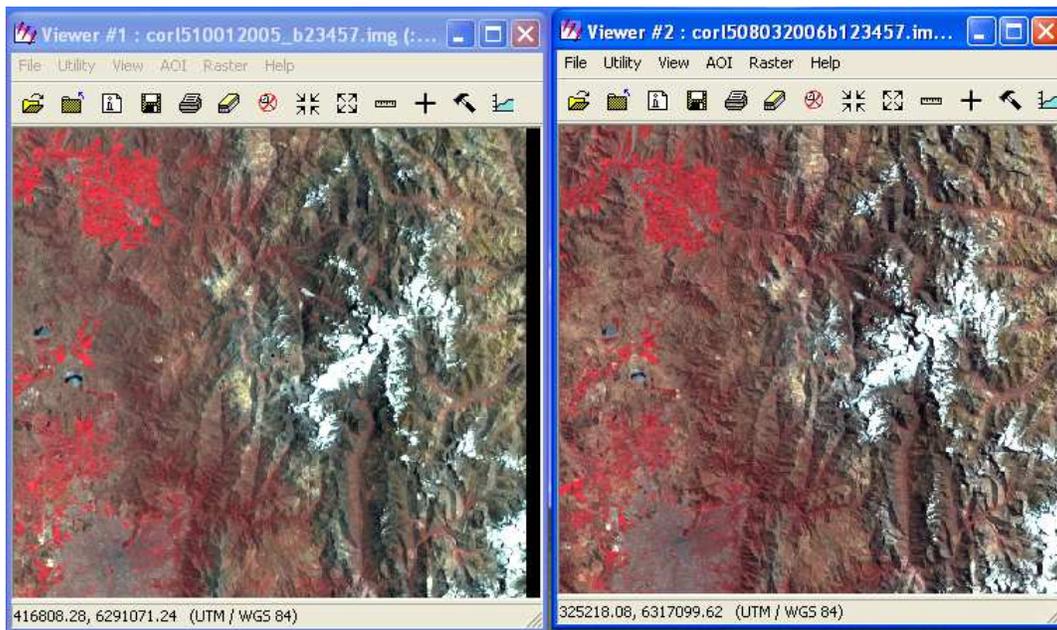
1999 TM

2001 TM



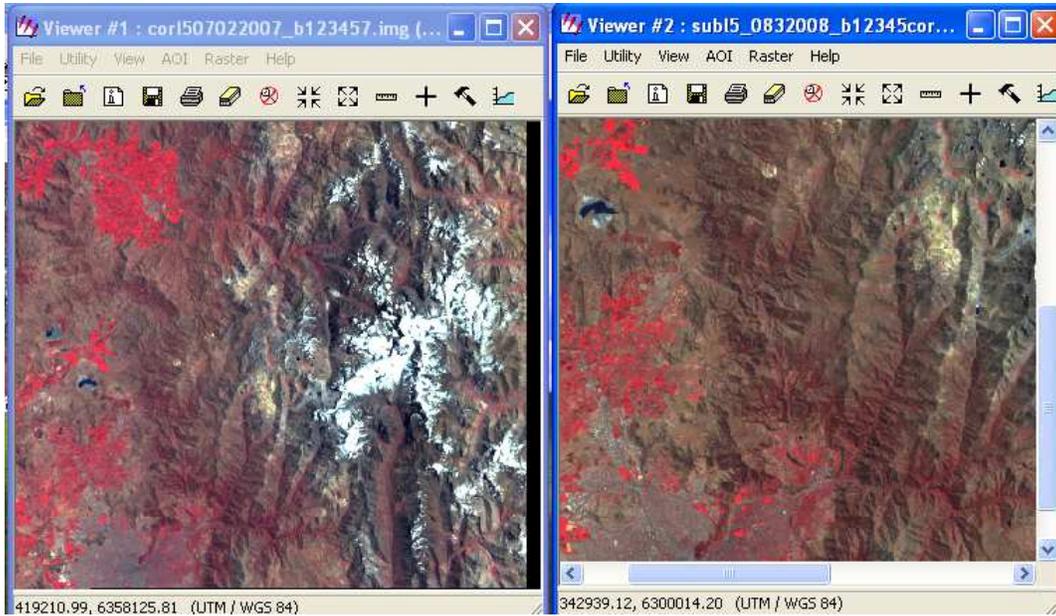
2003 TM

2004 TM



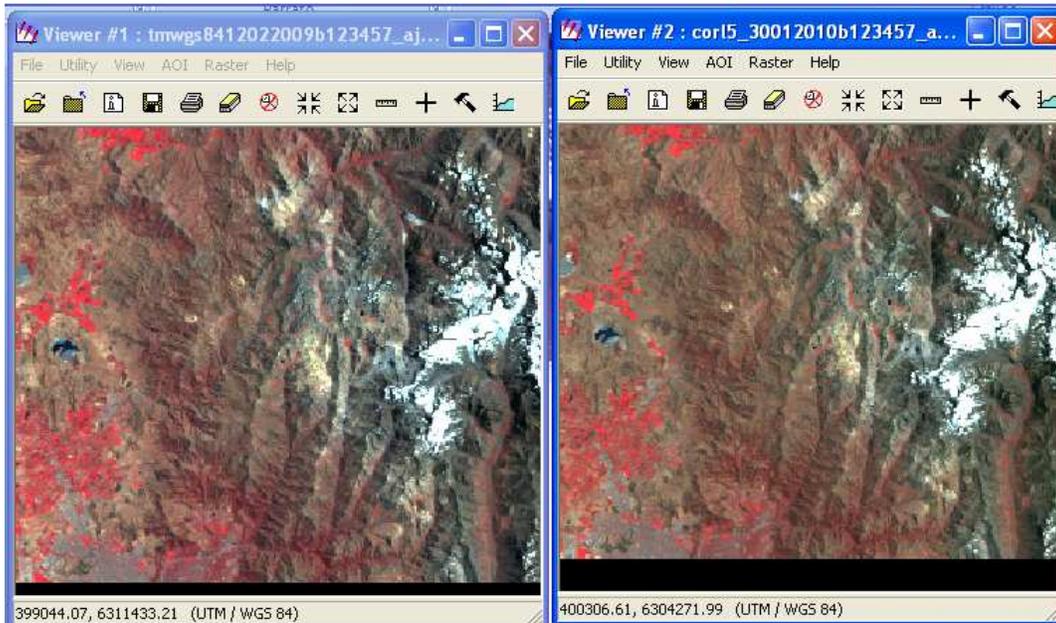
2005 TM

2006 TM



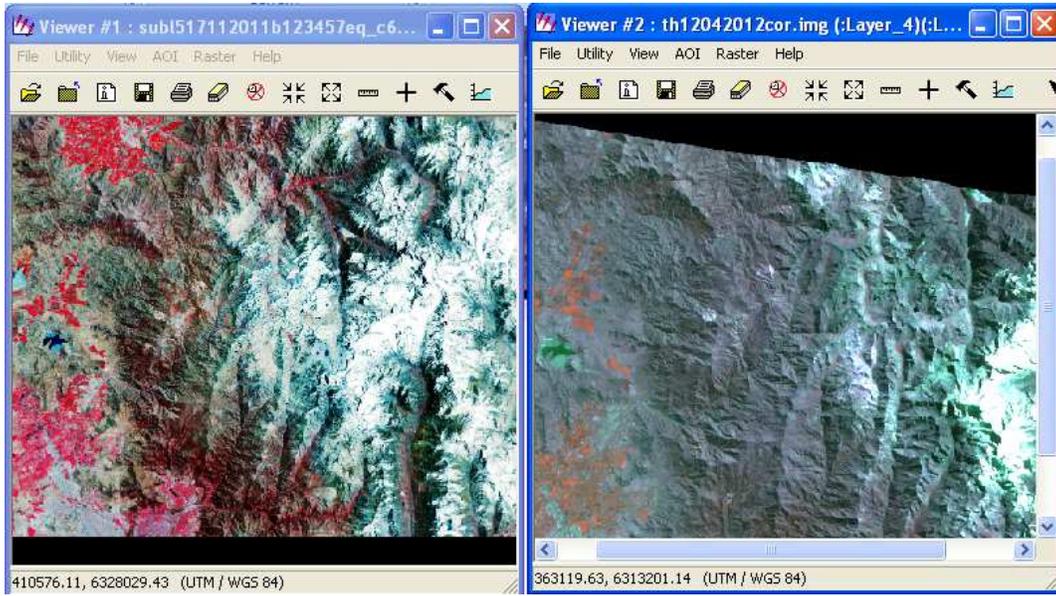
2007 TM

2008 TM



2009 TM

2010 TM



2011 TM

2012 (THEOS).

ANEXO 3. Cartografía de formaciones vegetacionales azonales.

ANEXO 4. Cartografía de riesgo de la vegetación azonal.