



**SAG CENTRAL - DIPROREN**

## **Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada de Villalobos, altiplano Región de Atacama.**

**ID: 612-11-LE14. DPR SC 16**



### **INFORME FINAL**

**Autores:** Roberto Castro Ríos; Ingeniero Forestal. Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental.

Catalina Verdugo; Bióloga. Máster en Cs. Biológicas, mención Ecología de Zonas Áridas

**Noviembre, 2014**



## Contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. OBJETIVOS .....	5
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
3. METODOLOGÍA .....	7
3.1 Recopilación de antecedentes, adquisición de datos satelitales y espacialización de la información. ....	8
3.1.1 Cartografía base.....	9
3.1.2 Corrección de imágenes .....	9
3.1.3 Cartografía derivada de pendiente, exposición, altitud.....	9
3.1.4 Caracterización de las cuencas.....	9
3.2 Identificación, análisis de proyectos en ejecución y obras existentes en el área de estudio.....	13
3.3 Análisis de tendencia de la disponibilidad de agua en el humedal .....	14
3.4 Levantamiento vegetacional – Terreno .....	14
3.4.1 Diseño de muestreo y cartografía preliminar .....	14
3.4.2 Caracterización florística .....	17
3.4.3 Estimación de Cobertura Vegetacional .....	18
3.4.4 Caracterización de la estructura comunitaria .....	19
3.4.5 Diversidad florística y estado de conservación.....	19
3.4.6 Cartografía actual de humedal quebrada de Villalobos.....	19
3.5 Elaboración de índices espectrales y análisis de tendencia y cambios anuales.....	20
3.5.1 Índice de vegetación (humedad).....	20
3.5.2 Análisis multitemporal y cambios entre años críticos.....	20
3.6 Análisis de vulnerabilidad del humedal.....	21
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	23
5. ANTECEDENTES SOBRE TRABAJOS EN EL ÁREA.....	28

6	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA.....	30
6.1	Precipitación.....	31
6.2	Superficie de nieve.....	33
6.3	Características topográficas e hídricas.....	35
7.	CAUDALES ANUALES .....	38
8	DESCRIPCIÓN VEGETACIONAL Y CARTOGRAFÍA.....	39
8.5.1	Clasificación supervisada.....	55
8.5.2	Clasificación final.....	56
9	ANÁLISIS DE TENDENCIA Y CAMBIOS EN EL HUMEDAL.....	59
9.1	Análisis multitemporal de la serie (1995-2013).....	60
9.2	Análisis de cambios de superficie.....	62
10.	VULNERABILIDAD DEL HUMEDAL .....	66
11.	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES .....	69
	REFERENCIAS.....	73
	ANEXO.....	79
	Anexo. Índices de humedad de la vegetación (IHUMV).....	80
	Fichas de vegetación.....	- 85 -

## 1. INTRODUCCIÓN

Los humedales altoandinos forman parte de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres (SVAHT), los cuales tienen una alta relevancia por los servicios ambientales que entregan y por la conservación de la biodiversidad. A su vez, son sistemas frágiles tanto por causas naturales producto del cambio en el régimen pluviométrico y también por causas antrópicas, como las actividades de extracción de agua para minería y/o pastoreo excesivo.

El humedal de Quebrada Villalobos es representativo de lo anterior, se ubica entorno de la quebrada del mismo nombre, tributaria de la quebrada Ciénaga Redonda vinculada a la cuenca del Salar Maricunga, se ve afectado por la disminución de la escorrentía subterránea y superficial que en las últimas décadas en la zona tiene una tendencia a disminuir y al mismo tiempo se inserta en un polo actividades mineras, específicamente se encuentra en el área de influencia del proyecto minero Lobo Marte, a lo que se suma el pastoreo de la fauna, especialmente guanacos y vicuñas de forma poco controlada, todo lo cual constituye una amenaza para la sostenibilidad del humedal.

Estos sistemas, representan unidades pequeñas (en relación a los grandes cuerpos de agua andinos), dispersas, asociadas a cursos de agua, los que constituyen un buen indicador de la estabilidad de los regímenes hídricos que le dan sostenibilidad, pudiéndose establecer una relación directa entre la condición, estado y tendencia del humedal con las capacidades productoras de agua de las cuencas y la intervención antrópica en dichas cuencas.

En este contexto, el presente estudio, mediante análisis multitemporal, tomando como referencia la estación de verano, en una serie de tiempo que va del año 1995 al año 2013 y variables del estado vegetacional actual, evalúa el comportamiento vegetacional del humedal de la cuenca de quebrada Villalobos.

El humedal de quebrada Villalobos comprende una superficie total, de acuerdo al presente estudio de 45,5 hectáreas, presentes en dos zonas, una en la parte baja de la cuenca en sentido oeste-este (Zona 1) de 39,8 hectáreas y una segunda zona en sentido norte sur ubicada en la parte media de la cuenca en sentido sur-norte de 5,7 hectáreas (Zona 2).

El informe aborda la metodología desarrollada, los resultados y conclusiones obtenidos, en función de las características de la cuenca, del estado de la vegetacional actual, la tendencia de la actividad fotosintética y dinámica espacial del humedal en la serie de años en estudio. Se adjuntan las bases de datos correspondientes debidamente georreferenciadas en WGS84, UTM Huso 19.

## **2. OBJETIVOS.**

Los objetivos del estudio son los que se indican a continuación.

### **2.1 Objetivo general**

Analizar la tendencia de la condición hídrica de la vegetación y el estado actual del humedal Quebrada Villalobos, desde el año 1995 al año 2014.

### **2.2 Objetivos específicos.**

- a) Describir estructura y composición de la vegetación asociada al humedal Quebrada Villalobos. Asimismo, determinar las unidades o formaciones vegetacionales presentes en el humedal, el grado de articializalización, identificar las especies dominantes y estado de conservación.

- b) Comparar y relacionar la tendencia y dinámicas de cambios naturales y artificiales del humedal bajo estudio.
- c) Identificar zonas con mayor tasa de cambio (sea esta positiva o negativa) asociadas a superficie e índice de vigor o verdor de las diferentes formaciones vegetacionales.
- d) Analizar, con base en imágenes satelitales anuales (entre el año 1995 y 2014) la actividad fotosintética de los humedales, zonificarla y describir la composición general de Unidades de Paisaje Homogéneas (UPH).
- e) Realizar un análisis de vulnerabilidad de las UPH del humedal.
- f) Espacializar los resultados en un SIG.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología general planteada para el estudio comprende tres etapas, una de recopilación y pre tratamiento de datos, la segunda correspondiente a terreno y una tercera, de procesamiento, las que se presentan en el diagrama de la Figura N° 1.

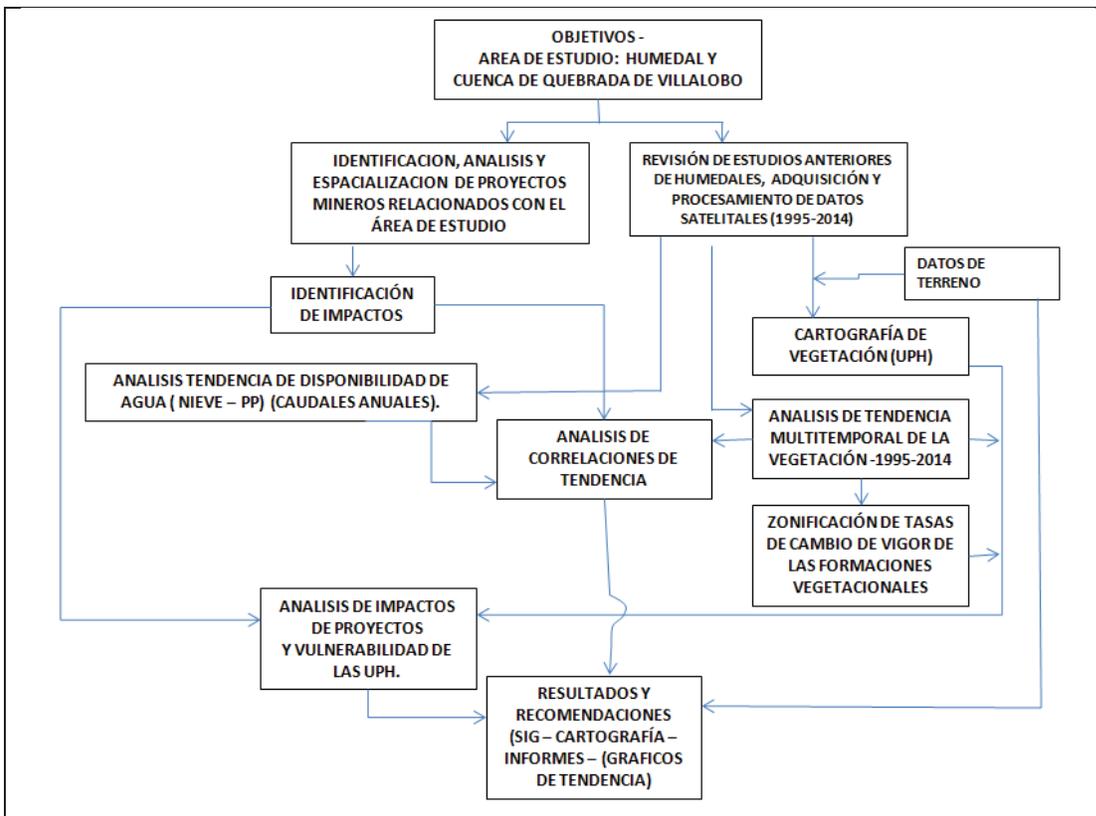


Figura N° 1. Diagrama metodológico general.

A partir de las imágenes satelitales y datos de terreno se realizó la cartografía de las formaciones de los humedales, definiéndose las Unidades de Paisaje Homogéneas (UPH). Posteriormente, mediante el levantamiento de terreno se realizó la descripción y caracterización de la vegetación, con las consiguientes métricas de

cobertura, en base a los métodos tradicionales como la COT y muestreo mediante transectos.

De igual forma, con la serie de imágenes satelitales (constituida por imágenes desde el año 1995 al año 2014) y previa obtención del indicador de vegetación denominado Índice de Humedad de la vegetación (IHUMV), se determinó y analizó la tendencia de la serie, lo que se complementó con un análisis de cambios entre el año 2001 y 2012, como años críticos de tendencia del humedal.

También, a partir de la data satelital de invierno, datos de precipitación anuales y superficie de nieve caída se obtuvo la tendencia de la disponibilidad de agua para la cuenca de quebrada Villalobos, que se validó con los caudales anuales, variable que posteriormente se correlacionó con los indicadores del estado hídrico y de vigor de la vegetación azonal.

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

El desarrollo de este punto comprendió la recopilación de los estudios de humedales existentes, el análisis de los estudios ingresados al Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) tanto los EIA, los DIA y las respectivas RCA, los resultados obtenidos por el proyecto SITHA (CIREN, 2013) y los del “Estudio de los sistemas azonales hídricos del altiplano” (SAG, 2007).

De la misma forma se adquirieron y se procesaron datos satelitales históricos del sensor TM del LANDSAT correspondientes a la serie del año 1995 a 2012 y a LANDSAT 8 del año 2013 y 2014, incluyendo por cada año una imagen de verano y otra de invierno. Se agregaron datos correspondientes al satélite RAPIDEYE (2012) con resolución espacial de 5 metros y una imagen de resolución submétrica (50 cm)

del satélite PLEIADES del 12 de noviembre del año 2012, adquirida para el presente estudio.

#### 3.1.1 Cartografía base.

La cartografía base se elaboró a partir de la data obtenida del DEM elaborado por la misión ASTER DEM, de donde se derivaron las curvas de nivel, la hidrografía y los caminos, en este caso con apoyo de la data del LANDSAT 8 del año 2014 y la imagen PLEIADES del año 2012. Toda la cartografía se desarrolló con base al DATUM WGS84, Huso 19.

#### 3.1.2 Corrección de imágenes

Las imágenes satelitales fueron debidamente georreferenciadas en función de la base cartográfica y puestas en concordancia entre sí, de tal forma que cada celda quedó en correspondencia con la misma superficie de terreno, en toda la serie. Se realizaron también las debidas correcciones radiométricas, incluyendo la corrección atmosférica de cada imagen y el paso de ND a reflectividad, 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.

#### 3.1.3 Cartografía derivada de pendiente, exposición, altitud.

A partir del DEM se obtuvo, en formato raster, la cartografía de pendiente, expresada en porcentaje, la de exposición y la de rangos altimétricos. De igual forma se delimitó la cuenca correspondiente a Quebrada de Villalobos.

#### 3.1.4 Caracterización de las cuencas.

Debido a la directa relación entre la característica de la cuenca y la vegetación azonal, se procedió a caracterizar la cuenca correspondiente al humedal, que se definió por los siguientes indicadores:

### 3.1.4.1 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 escurre, 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 (km<sup>2</sup>).

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

#### 3.1.4.2 Parámetros de Relieve

La influencia del relieve sobre el hidrograma es aún más evidente. A una mayor pendiente corresponderá una mayor duración de concentración de aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes al curso principal, influyendo directamente en la vegetación azonal asociada a los cursos de agua. Los parámetros utilizados son los siguientes:

*Altura Media.* Entrega información de la torrencialidad que puede tener la escorrentía superficial. Se obtiene partir del DEM de cada cuenca.

*Pendiente Media.* Es otro parámetro que define al relieve. Se calcula como la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales (píxeles) a obtener del DEM en porcentaje.

*Coefficiente de Masividad.* Se representa por  $tg\alpha$  y fue establecido por Martonne y su expresión es la siguiente:

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

donde:

h: altura media de la cuenca (m);

A: superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>).

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 aumentan proporcionalmente.

*Coefficiente Orográfico.* Se define como:

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

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.

#### 3.1.4.3 Parámetros Relativos a la Red Hidrográfica natural.

La red hidrográfica superficial se analizó 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<sup>-1</sup>);

$\sum L_i$ : suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km);

A: superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>).

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.

*Forma de red hídrica*, Para ello se analizó el conjunto de la red hídrica de cada cuenca, de acuerdo a los patrones de forma de drenaje que describen distintos autores.

*Caudales*. A partir de los datos existentes de caudales medios mensuales ( $m^3/s$ ) obtenidos de la estación de la Dirección General de Aguas (DGA) “Río Villalobos en Vertedero” ubicada en la parte baja de la cuenca, se estableció la tendencia de dichos datos y la relación con la tendencia de la vegetación.

### 3.2 Identificación, análisis de proyectos en ejecución y obras existentes en el área de estudio.

Del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) se obtuvieron los proyectos aprobados del año 1994 al presente, desarrollados en el área de estudio o colindantes a la cuenca, según se indica en Figura N° 2.



Figura N° 2. Ubicación de proyectos con EIA y DIA desde el año 1994.

La información se complementó con los datos obtenidos en terreno, donde se verificaron las obras existentes en el curso de agua y zona aledaña.

### **3.3 Análisis de tendencia de la disponibilidad de agua en el humedal.**

Para la cuenca de quebrada Villalobos se analizaron las coberturas de nieve mediante datos satelitales. De esta forma, se determinó el tiempo (meses) que cada año permaneció con nieve, considerando las fechas con máxima cobertura hasta el mes donde la cobertura fue mínima (menor a 2%). Por otro lado, a partir de los datos de precipitación (media anual) obtenidos de la estación Pastos Grandes de la DGA, ubicada a 57 Km al oeste del área de estudio, se analizó la tendencia de en la serie de años en estudio.

### **3.4 Levantamiento vegetacional – Terreno.**

El levantamiento de vegetación de terreno tuvo como finalidad determinar las características florísticas, las composiciones vegetacionales, estructuras y coberturas de las distintas especies en cada uno de los tipos de formaciones vegetacionales definidos por el estado ambiental de los sitios.

#### **3.4.1 Diseño de muestreo y cartografía preliminar**

En base a la data satelital del sensor PLEIADES se determinó mediante análisis digital y visual la cartografía preliminar de Unidades de Paisaje Homogéneas (UPH), material que debidamente impreso a escala 1: 2:500 permitió la distribución de las parcelas de muestreo, que fueron ajustadas a la realidad del terreno. De esta forma se determinaron dos tipos de formaciones vegetacionales que fueron el Pajonal hídrico y el Bofedal, dividiéndose de acuerdo a la condición hídrica actual del Pajonal en tres UPH distintas, según se indica a continuación:

- a) Pajonal hídrico salino seco (código PHSS).
- b) Pajonal hídrico hídrico salino intermedio (código PHSI)

- c) Pajonal hídrico salino con agua (código PHSA).
- d) Bofedal (BOF)

Tal como se indicó en la introducción, el humedal comprende dos zonas vegetacionales separadas, por consiguiente, la distribución de parcelas se realizó en función de la superficie y los tipos vegetacionales presentes en ambas zonas.

Las parcelas determinadas se indican en las Figuras N° 3, 4 y 5 y el posicionamiento mediante GPS (coordenadas UTM, WGS84) en la Tabla N° 1.

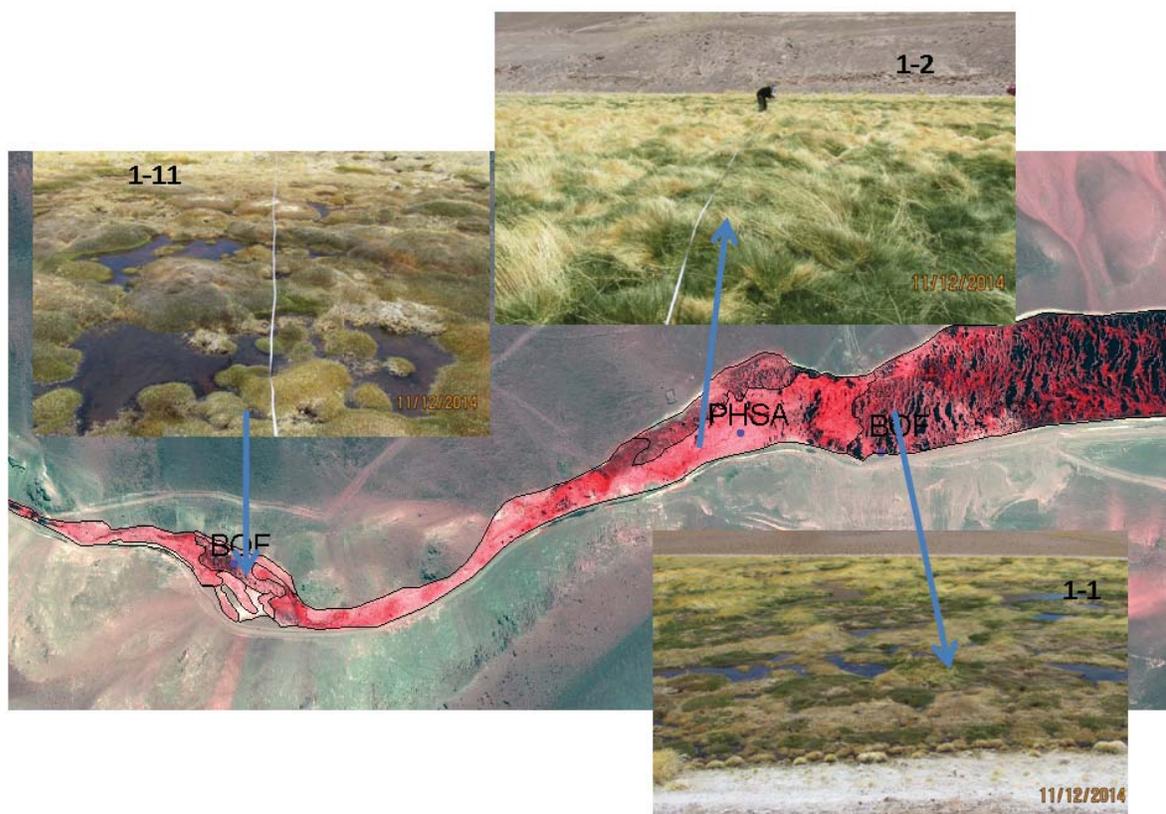


Figura N° 3. Ubicación de parcelas en Zona 1, sector este.

El levantamiento de la información en terreno se realizó en noviembre del presente año (2014), fecha de similar temporada a la data satelital del PLEAIDES.

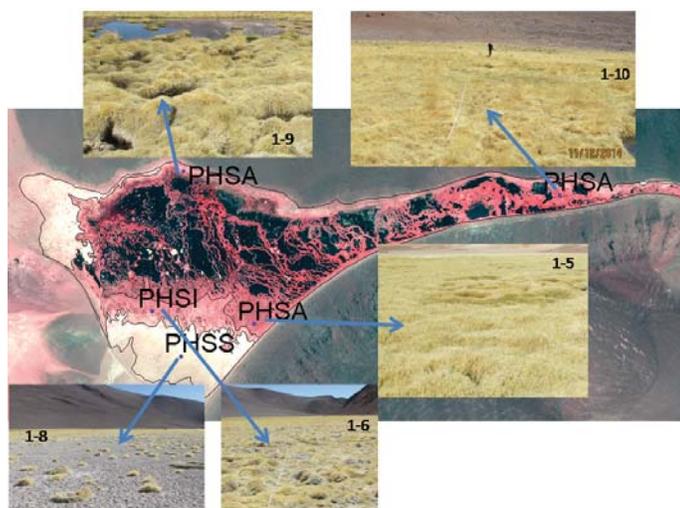


Figura N° 4. Ubicación de parcelas en Zona 1, sector oeste.

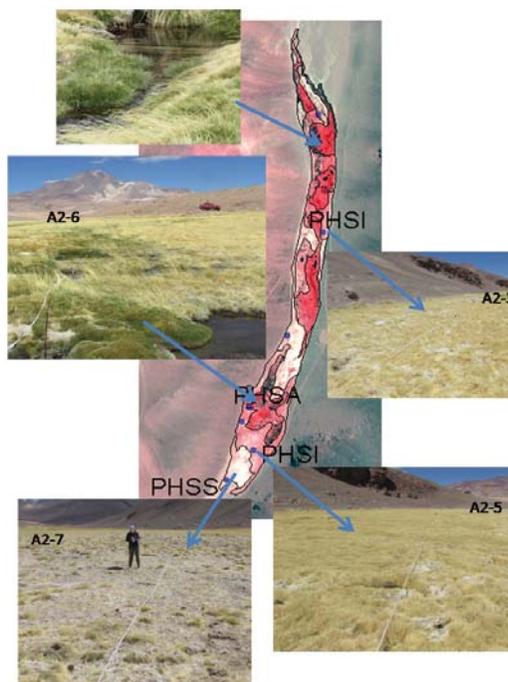


Figura N° 5. Ubicación de parcelas en Zona 2.

Tabla N° 1. Ubicación de parcelas de muestreo en humedal quebrada Villalobos.

Fecha	Código polígono	Coordenadas Este		Coordenadas Norte		Altitud	
		inicial	final	inicial	final	inicial	Final
12-11-2014	A2-7	494099	494125	6988304	6988344	4117	-
12-11-2014	A2-5	494159	494175	6988374	6988422	4135	4131
12-11-2014	A2-6	494151	494180	6938463	6988501	4133	4124
12-11-2014	A2-1	494296	494307	6988821	6988870	4125	4132
13-11-2014	01-ago	494846	494799	6990661	6990658	4100	4102
13-11-2014	01-may	494993	494974	6990726	6990772	4092	4099
13-11-2014	01-jun	494788	494742	6990752	6990731	4099	4100
13-11-2014	01-sep	494851	494804	6991033	6991047	4102	4104
13-11-2014	01-oct	495615	495615	6991020	6990969	4099	-
13-11-2014	01-nov	496980	496935	6990670	6990686	4059	4068
13-11-2014	01-feb	497473	497465	6990805	6990828	4034	4043
13-11-2014	01-ene	497611	497612	6990787	6990786	4010	4010

Las parcelas 1-2, 1-5, 1-9, 1-10 y A2-6 corresponden a Pajonal hídrico salino. Las 1-8 y A2-7 a Pajonal hídrico salino seco. Las 1-6, A2-5 y A2-1 a Pajonal hídrico salino intermedio y las 1-11 y 1-1 a Bofedal.

### 3.4.2 Caracterización florística

Para la determinación y nomenclatura de las especies vegetales, se utilizó como fuente de información principal la “Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica” (Ahumada & Faúndez 2009), el Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Zuloaga et al. 2008a, 2008b, 2008c) y consulta a especialista del SAG (Ahumada, M). Asimismo, se consultó la base de datos del Jardín Botánico de Missouri (<http://www.tropicos.org>) y del Instituto de Botánica Darwiniana (<http://www2.darwin.edu.ar/>) para completar y corroborar la nomenclatura utilizada en terreno. Para el total de especies presentes en el humedal quebrada Villalobos se determinó su presencia-ausencia en cada uno de las unidades muestrales y se caracterizó la representatividad de cada una de las familias a las cuales pertenecían las especies identificadas.

### 3.4.3 Estimación de Cobertura Vegetacional

Para la cuantificación de la cobertura de plantas se utilizó la técnica por toques a lo largo de una línea. Las transectas en faja de 2 x 50 m levantadas en terreno representan parcelas de 100m<sup>2</sup>, en la cual en el eje de los 50 metros se dispone una cinta métrica y en cada metro sobre la misma se registra la presencia de las especies vegetales que tengan contacto con una vara cilíndrica de 1 cm de diámetro dispuesta verticalmente. Dentro de una superficie de 1 m a cada lado de la cinta métrica, se registran las presencias de todas las especies que no hayan sido tocadas por la vara en la longitud de los 50 m. (Figura N° 6).

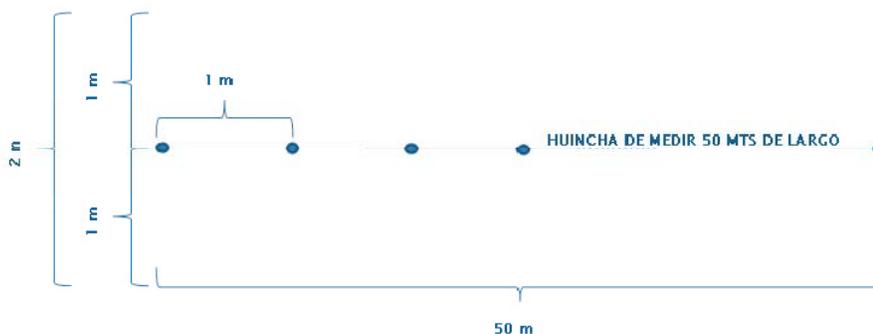


Figura N° 6. Diagrama de una transecta en faja que representa una parcela de 100m<sup>2</sup>.

El método se aplicó a cada unidad muestral, permitiendo representar de forma correcta la distribución de la vegetación y homogeneidad del sitio, en ambos polígonos del humedal.

Así, mediante la aplicación del método se estimó el porcentaje de cobertura de cada especie por cada una de las transectas en faja, dividiendo el número de toques totales de la especie por el número de toque totales posibles (50 o más), y el resultado se amplificó por 100. Para aquellas especies que no fueron tocadas por la vara cilíndrica, y que están presentes en el metro a cada lado de la línea de los 50m, se les asigna un valor de cobertura arbitraria de 0,2%, ya que estas especies en

general son raras o de muy baja cobertura por lo cual el método de toques tiene una probabilidad de muy baja ocurrencia para estas especies.

#### 3.4.4 Caracterización de la estructura comunitaria

Para resumir la complejidad y equidad comunitaria de la vegetación herbácea del humedal quebrada Villalobos se estimaron los siguientes parámetros comunitarios: riqueza (S), diversidad taxonómica ( $H'$ , Shannon 1948;  $1-\lambda$ , Simpson 1949), equidad de Pielou ( $J'$ , Pielou 1975) y la abundancia total para cada sector establecido dentro del humedal. Ahora bien, relacionado a la heterogeneidad de la composición vegetacional, para caracterizar la disimilitud entre cada uno de las parcelas establecidas, se calculo la diversidad beta entre las parcelas de muestreo, métricas que también fueron aplicadas a los tipos vegetacionales definidos.

#### 3.4.5 Diversidad florística y estado de conservación.

Para la caracterización de la composición y diversidad florística y la identificación de las especies dominantes del humedal se elaboró un listado con las especies presentes en todos los sectores del humedal y su estado de conservación de acuerdo al listado nacional de especies amenazadas del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y al libro rojo de CONAF.

#### 3.4.6 Cartografía actual de humedal quebrada de Villalobos.

Finalmente, se elaboró la cartografía vegetacional actual del humedal en base a los datos del satélite PLEIADES con resolución espacial de 0,5 m, aplicando análisis digital y visual.

### 3.5 Elaboración de índices espectrales y análisis de tendencia y cambios anuales.

#### 3.5.1 Índice de vegetación (humedad).

Para efectos de estudiar los cambios vegetacionales se aplicó el índice espectral NDWI, en concordancia con la metodología y resultados obtenidos en el estudio de los humedales de Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo (Castro y Altamirano, 2013).

Normalized Difference Water Index (NDWI) (Gao, 1996), modificado como IHUMV (Castro, 2012), es un índice cuyos valores varían con los contenidos de agua en la vegetación y en suelo. Utiliza las bandas del Infrarrojo Cercano (IRC, 860nm) e Infrarrojo Medio (SWIR, 1.240nm), esta última ubicada en el centro de la banda de absorción secundaria de la vegetación por agua (1200 nm), por lo que varía en función del contenido de agua de la planta. Escribano (2009) observó que los valores bajos (negativos) estaban asociados a la vegetación seca, mientras que los altos (positivos) a la vegetación fotosintéticamente activa. El índice responde a la siguiente expresión:

$$IHUMV = \left( \frac{\rho_{IRC} - \rho_{SWIR}}{\rho_{IRC} + \rho_{SWIR}} + 1 \right) * 100$$

Donde:

$\rho_{IRC}$ : reflectividad Infrarrojo cercano

$\rho_{SWIR}$ : reflectividad Infrarrojo medio

#### 3.5.2 Análisis multitemporal y cambios entre años críticos.

Los cambios de la vegetación azonal se obtuvo a partir del análisis multitemporal del índice IHUMV, obteniéndose los perfiles temporales de cambios tanto para las áreas de la zona 1, como para la Zona 2. Considerando los resultados obtenidos se realizó

un análisis de cambio del humedal, en ambas zonas, entre el año 2001, que resultó ser el año con mayor promedio de vigor vegetacional (zona 2) y el año 2013 para la zona 1 y 2012 para la zona 2, donde se excluyó el año 2013 por la radiometría irregular de la imagen para ésta zona.

### **3.6 Análisis de vulnerabilidad del humedal.**

La vulnerabilidad de los humedales altoandinos se entiende como la susceptibilidad del humedal a ser alterado o dañado (por una amenaza interna o externa que produce impacto) perdiendo las características naturales propias, tanto biológicas, físicas o como ecosistema acuático, por ende, las funciones que realiza en relación a la biodiversidad y conservación de la vegetación, fauna y como sistema socio ecológico altoandino.

Las aproximaciones, por consiguiente, para determinar la vulnerabilidad son complejas e incorporan múltiples variables, tal como lo propone el propio SAG (2006) que plantea la medición del grado de vulnerabilidad en base a medir los flujos de materia orgánica de origen antrópicos, la heterogeneidad espacial, la vegetación riparia, existencia de zona buffer, inundaciones, conectividad intersistémica y naturalidad.

Sin embargo, considerando que lo central es tener un acercamiento al grado de resiliencia o de salud del humedal para efectos de enfrentar los impactos, en este trabajo, la aproximación al grado de vulnerabilidad del humedal se obtuvo a partir del decremento de la humedad calculada mediante el Índice de Decremento Temporal (IDT) del IHUMV (Índice de Humedad de la Vegetación) definido entre el año 2001 (año de mayor vigor promedio del humedal) y 2012.

### **Índice de Decremento Temporal (IDT):**

$$IDT = \frac{\sum IHUMV_{ti} - IHUMV_{ti-1}}{ti - ti-1}$$

Por consiguiente, el IDT del IHUMV da cuenta de la condición de la vegetación del humedal a la fecha del último año (2012) de la serie analizada, como producto de los cambios que ha experimentado en los 11 años analizados, condición que puede ser considerada como la vulnerabilidad de la vegetación, toda vez que representa la resiliencia a los procesos naturales y antrópicos que han sucedido en el tiempo.



superficie de 30.869,4 ha y se extiende desde los 3.760 msnm y los 6.052 msnm, correspondiendo al salar una superficie de 1.200 ha. Los afluentes más importantes son las quebradas Barros Negros, Villalobos, Pantanillo, Valle Ancho, Lajitas, Los Patos y Carcanales. La quebrada Ciénaga Redonda es de una longitud de de 47 km, con las quebradas Villalobos y el río Barros Negros, presenta un curso de sur a norte hasta el llegar al sector de Vega Ciénaga Redonda, donde el curso es nor-poniente hasta el salar de Maricunga.

El humedal en estudio forma parte del conjunto de humedales altoandinos prioritarios de conservación de la Zona de Puna, caracterizados por una baja precipitación, en este caso del orden de 100 mm/año a los 4.000 msnm. La vegetación que caracteriza estos humedales son básicamente formaciones vegetacionales que corresponden a Bofedal Hídrico y Pajonal Hídrico, cuyas características más importantes que establecen la diferencia de formaciones vegetacionales y de cobertura, están relacionada con el contenido de agua del suelo y con afloramientos salinos. Se puede afirmar que mientras más superficial es el nivel freático o mientras más cercano se está del afloramiento de agua o de las lagunas con renovación de agua en forma permanente, la vegetación presente es de tipo hidrófila, en la que es posible encontrar especies como *Oxichloe andina* y como especies acompañantes gramíneas, las que también pueden estar presentes en condiciones menos hidromórficas. Por otro lado, los patrones de distribución de especies están condicionados a los afloramientos salinos permanente o estacional, generándose una relación inversa entre la disponibilidad de agua en el suelo y el porcentaje de cubrimiento y tiempo de permanencia de sales en la superficie. Existen algunas excepciones en que por la plasticidad de algunas especies herbáceas pueden presentarse en ambas condiciones de salinidad, como por ejemplo *Distichlis humilis* (Ahumada y Faúndez, 2001).

La cuenca de quebrada Villalobos que se presenta en la Figura N° 8, se caracteriza por una forma alargada, con aporte hídrico directo de la zona de nieve de la parte

alta del volcán Copiapó. La cuenca se subdivide en una subcuenca definida por el curso de agua que llega a la quebrada por el oeste y es de una superficie de 3.954 hectáreas.



Figura N° 8. Cuenca y humedal de Quebrada de Villalobos (Fondo, Imagen OLI, 2013).

El humedal se ubica a 5,7 Km al sur del Humedal Ciénaga Redonda y comprende dos partes separadas espacialmente pero conectadas por el cauce de la quebrada Villalobos. Tiene una extensión de 4,1 Km en sentido este – oeste y de 0,9 Km en sentido norte –sur, siguiendo el curso de la quebrada (Figura N°8).

La superficie total del humedal, definida en base a la imagen PLEIADES del 08 de noviembre de 2012 es de 45,5 hectáreas, de las cuales 41,8 hectáreas corresponden a la zona 1 (humedal de la parte baja de la cuenca) y 5,7 hectáreas a la zona 2 ubicada en la parte media de la cuenca. La parte baja del humedal (Zona 1), a diferencia de la parte media, recibe las aguas de la totalidad de la superficie de la cuenca (9.774 hectáreas), lo que hace una diferencia importante entre ambas zonas en cuanto a disponibilidad de agua.

La primera parte del humedal (Zona 1) se caracteriza por una franja variable, determinada por la geomorfología y topografía de la parte baja de la cuenca, produciéndose dos áreas de mayor amplitud, que en éste estudio se han denominado Área 1 y Área 2, las cuales se conectan por una zona angosta determinada por el encajonamiento de las cerranías que definen la cuenca en ésta parte. La segunda zona se ubica en la parte media de la cuenca en sentido sur-norte, donde el cauce y el plano del humedal es más amplio (Figura N°9).

Las zonas de menor variación del humedal corresponden a las dos partes extremas de la zona baja de la cuenca (Área 1 y Área 2) que por sus características topográficas almacenan un mayor volumen de agua.

De acuerdo al índice de vulnerabilidad aplicado a los humedales de la región por el SITHA (CIREN, 2013), elaborado en base los criterios de evaluación de humedales propuesta por el SAG en el informe “Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales”, el humedal quebrada de Villalobos es el sexto con mayor vulnerabilidad de la región (Figura N°10).

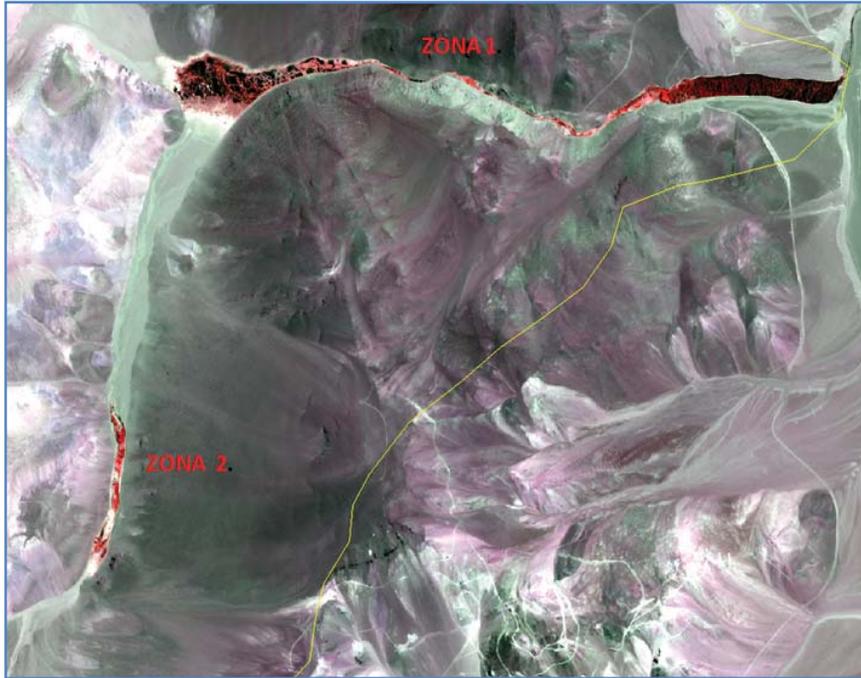


Figura N° 9. La imagen PLEIADES muestra el detalle de las dos zonas que integran el humedal de quebrada Villalobos (en rojo la vegetación), los tonos negros corresponden a las zonas que al 12 de noviembre del 2012 estaban saturadas con agua y las zonas blancas entorno del humedal la predominancia de afloramientos salinos. Los lineamientos blancos corresponden a caminos. La línea amarilla es la divisoria de la cuenca.

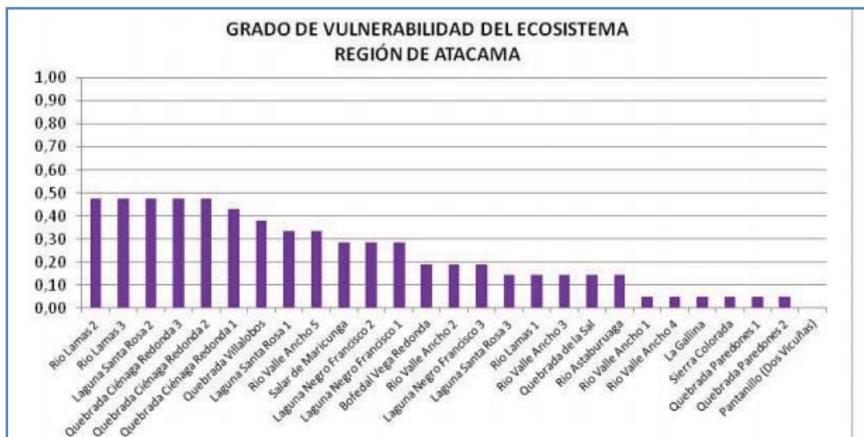


Figura N° 10. Grado de vulnerabilidad ambiental de los humedales de la III Región (SITHA, 2013).

## 5. ANTECEDENTES SOBRE TRABAJOS EN EL ÁREA.

El área de estudio, considerada como la cuenca correspondiente a la quebrada Villalobos, en general se encuentra poco afectada, siendo el proyecto Minero Lobo Marte (AMEC, 2011) el que se encuentra presente, tanto con obras como con caminos, específicamente en la parte baja de la cuenca y en la zona alta del límite este de la cuenca (Figura N° 11).



Figura N° 11. Área de influencia de Proyecto Lobo Marte (Adaptada de EIA, Cap. 2.011). La fotografía indica la ubicación del campamento del Proyecto en la parte baja de la Cuenca de quebrada Villalobos.

En la figura N° 9 se visualizan en el sector este de la cuenca los caminos del Proyecto Minero que se extiende en la cuenca de quebrada Villalobos. La

intervención del proyecto Lobo Marte en la cuenca al 08 de noviembre del año 2012 era de 5 km lineales y una superficie de 6,3 hectáreas.

Sin embargo otros proyectos ligados al sector del corredor biológico de Maricunga, como el proyecto Minero Volcán correspondiente al “Modelo Hidrogeológico de Barros Negros- Ciénaga Redonda”, el de “Exploración Minera del Distrito Pantanillo” (Gamonal 2007), el Proyecto Minero Aldebarán, el de Optimización Proceso Productivo Proyecto Refugio, el Proyecto Explotación de Minerales Can-Can, Proyecto de Prospección Minera Sierra La Sal, utilizan la cuenca como área de tránsito.

Se suma a lo anterior, obras de embalsamiento, zona de picnic, punto de aforo de la DGA, en la parte baja del cauce y ramoneo de la vegetación producto del pastoreo trashumante de animales, uso ancestral por parte de las comunidades Colla de pastoreo trashumante de animales, que disponen de corral en ladera adedaña a la quebrada (Figura N° 12)



Figura N° 12. Izquierda camino público que bordea humedal por el lado sur. Derecha parte media de ladera camino de minera Lobo Marte, parte baja corral.

## 6 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca de quebrada Villalobos (Figura N° 13) se extiende de norte a sur, en forma paralela al estero de Ciénaga Redonda, del cual es una subcuenca tributaria. Comprende una superficie de 9.774 hectáreas y un perímetro de 52 Km, con altitudes que fluctúan entre los 6.075 y 4.000 msnm.



Figura N° 13. Cuenca de quebrada Villalobos (Elaboración propia, base ASTER-DEM).

La cuenca se caracteriza por estructura de rocas y sedimentos estratificados de lavas andesíticas del Oligoceno y Mioceno Medio, con Coladas de lavas andesíticas de entre 5 y 10 m de espesor, provenientes del volcán Copiapó, se presentan escasamente fracturadas y muestran niveles brechosos entre las coladas (EIA proyecto Minero el Volcán, 2012).

## 6.1 Precipitación

La cuenca se caracteriza por un clima de Tundra por efecto de altura, el cual presenta características desérticas y una oscilación térmica amplia entre el día y la noche. El origen de las precipitaciones es principalmente frontal ocurriendo en invierno (de mayo a agosto). Los meses de verano (de octubre a marzo) son secos, con tormentas ocasionales correspondientes al “Invierno Altiplánico”.

El área presenta precipitaciones nivales de origen frontal abundantes, que se producen entre los meses de mayo a agosto. Esta precipitación sólida, especialmente la depositada en el volcán Copiapó, provee el recurso hídrico que alimenta a los cursos superficiales y los acuíferos hasta los meses de abril y mayo, tal como se aprecia en la Figura N° 14.

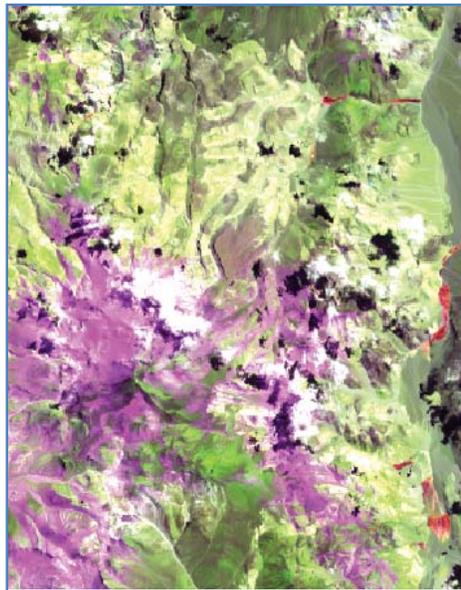


Figura N° 14. En color magenta la nieve del volcán Copiapó. Imagen OLI, 7 de marzo 2014.

La estación meteorológica más cercana con datos de precipitación corresponde a la estación de “Pastos Grandes” de la DGA, la que junto a la de “Las Vegas” permiten obtener datos de precipitación mensual (Figura N° 15).

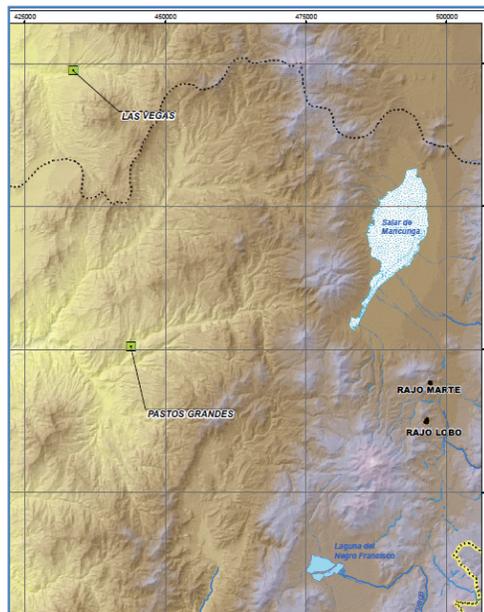


Figura N° 15. Ubicación de estaciones meteorológicas. (DGA).

La precipitación anual de la estación Pastos Grandes se muestra a continuación y en el gráfico de la Figura N° 16.

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
pp/año	19,5	10,7	144,5	25,5	21,5	36,5	19,5	76	0	11	32	26	20	3,5	8	44	47,2	9

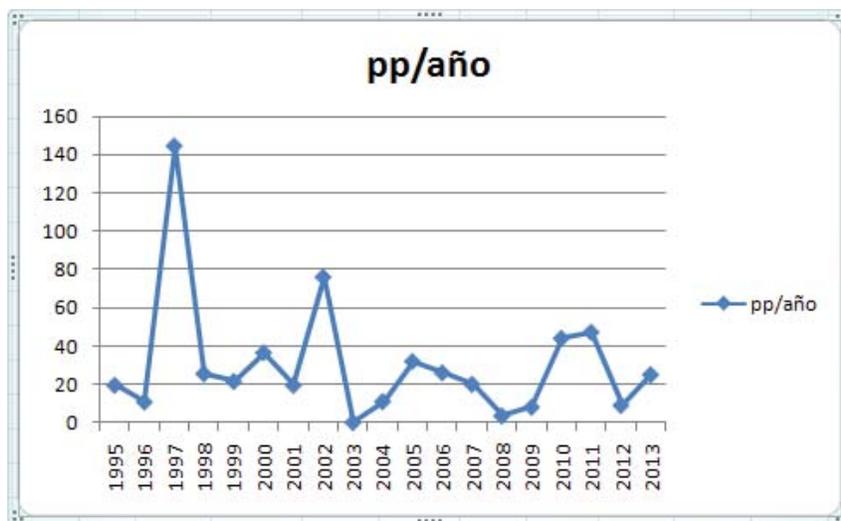


Figura N° 16. Precipitación anual por año. Estación Pastos Grandes.

## 6.2 Superficie de nieve.

La cobertura de nieve para la cuenca de quebrada Villalobos en términos de meses con nieve (hasta 2% de cobertura) es similar a la que se obtiene para la cuenca global de Maricunga, cuyas imágenes son las siguientes (Figura N° 17), y los resultados en la Tabla N° 2.

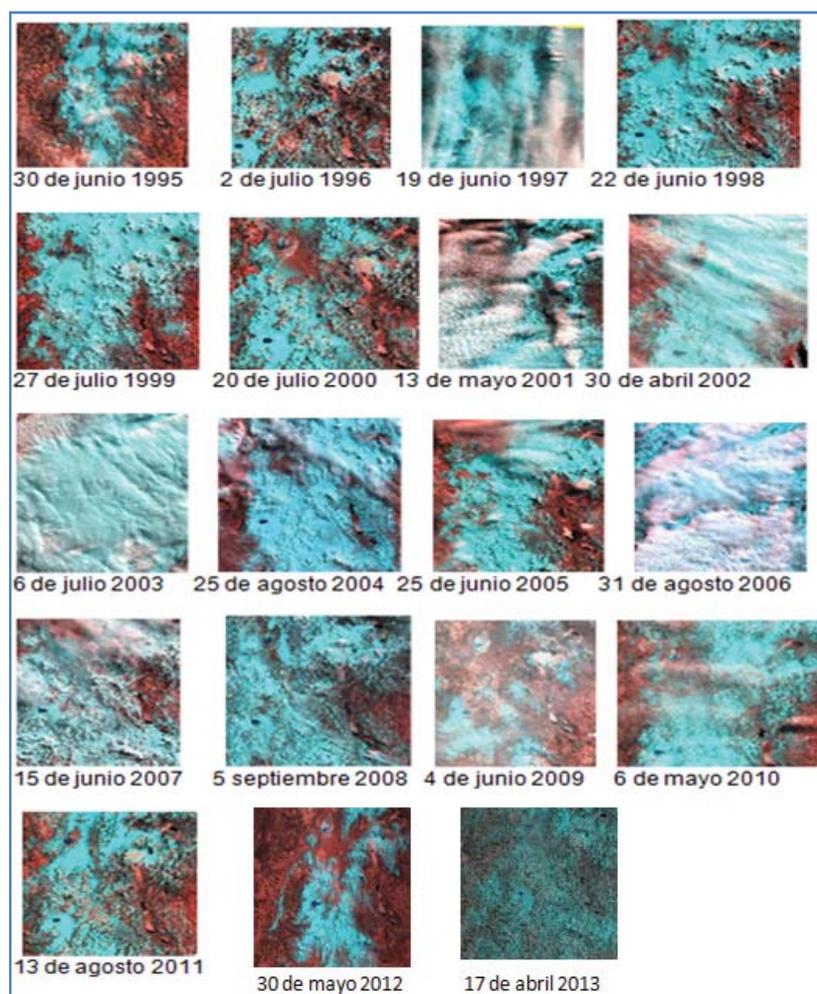


Figura N°17. Distribución de cobertura nival en periodo 1995 a 2013. (Fuente propia).

Tabla N° 2. Meses con nieve en la cuenca.

Año	Mes de Inicio	Término	Total de meses
1995	30-jun	octubre	4
1996	20-abr	septiembre	5
1997	19-jun	diciembre	6
1998	22-jun	octubre	4
1999	27-jul	septiembre	2
2000	27-abr	septiembre	5
2001	28-mar	agosto	5
2002	30-abr	septiembre	5
2003	30-abr	octubre	6
2004	08-jul	octubre	3
2005	08-may	octubre	5
2006	11-may	octubre	5
2007	28-abr	octubre	6
2008	05-sep	octubre	1
2009	30-jun	septiembre	3
2010	06-may	julio	2
2011	09-may	septiembre	4
2012	07-abr	agosto	4
2013	30-may	noviembre	6

Los años de mayor número de meses con presencia de nieve corresponden a 1997, 2003, 2007 y 2013 y la tendencia se ve en la Figura N° 18.

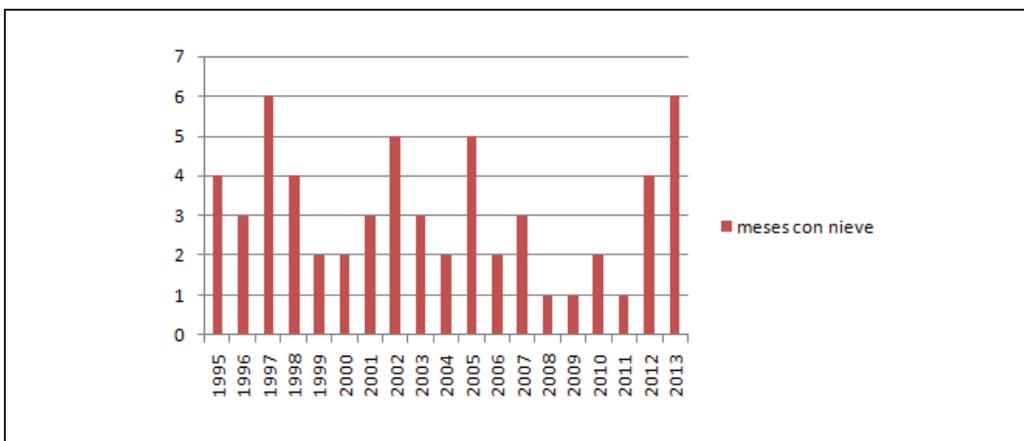


Figura N° 18. Meses con nieve por año, a partir del mes de 100% de cobertura de la cuenca.

### 6.3 Características topográficas e hídricas.

De acuerdo a la superficie de la cuenca y perímetro, al aplicar el coeficiente de forma, se obtiene que es igual a 0,53 lo que guarda relación con la forma alargada, donde la escurriencia tiene una mayor demora en recorrer la superficie hasta la zona de salida, comparativamente con similar superficie de forma circular, ayudando a mantener el agua en superficie del humedal que proviene de las napas freáticas, sustentando los niveles hídricos por mayor tiempo, especialmente en las zonas terminales del humedal donde se acumulan (por gravedad) en mayor volumen (Figura N° 19). Este dato se complementa con el índice de drenaje, el cual entrega para esta cuenca un valor de 1,6 Km/Km<sup>2</sup>, un valor bajo considerando que dicho índice toma valores entre 0,5 (cuencas mal drenadas) a 3,5 Km/Km<sup>2</sup> para cuencas bien drenadas.

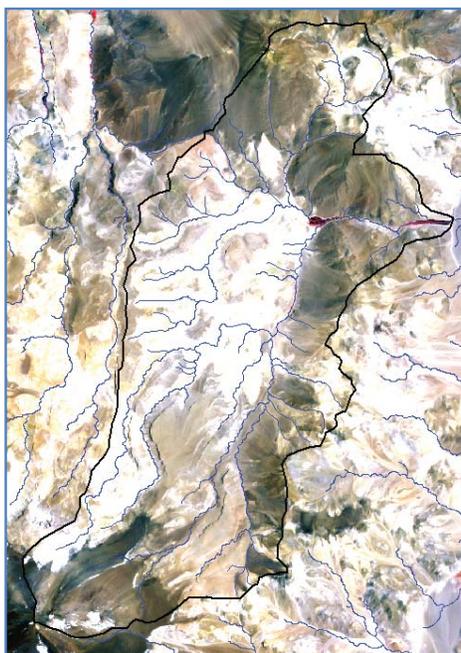


Figura N° 19. Forma y sistema hídrico superficial, cuenca quebrada Villalobos.

El sistema de drenaje, tal como se aprecia en la Figura N° 19, en la parte baja tiende a ser dendrítico y el sistema mayor que configura el cauce de la quebrada es una

red paralela debido a los estratos de superficie bien desarrollados, que fueron formados por las corrientes de lava provenientes del volcán Copiapó.

En relación a la topografía, la Figura N° 20 presenta la distribución de los distritos de pendiente y en la Tabla N° 3 las respectivas superficies.

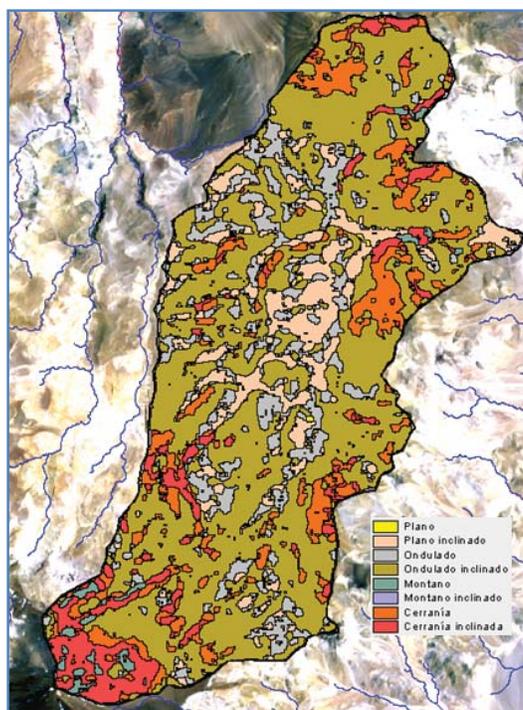


Figura N° 20. Distribución de distritos de pendiente en la cuenca.

Tabla N° 3. Pendiente y superficie.

Pendiente (%)	Distrito	Superficie (ha).
0 -4,5	Plano	14
4,5-10,5	Plano inclinado	1050
10,5 - 17,5	Ondulado	1226,3
17,5 - 34,5	Ondulado inclinado	5454
34,5 - 47,5	Cerranía	1161,3
47,5 - 66,5	Cerranía inclinada	731,9
66,5-95,5	Montano	135
> 95,5	Montano inclinado	1,5
<b>Total</b>		<b>9774</b>

De acuerdo a los resultados, el distrito predominante es el ondulado-inclinado que representa el 55,8 % de la superficie total (9.774 ha), el plano y plano inclinado representa sólo el 10,8 % y el montano y montano inclinado el 1,4 %.

La altura promedio (Figura N° 21, hipsometría) de la cuenca es de 403 m y una pendiente media de 26,6%, parámetros que determinan un coeficiente de masividad bajo (0,9) al igual que el coeficiente orográfico (700), lo que la caracteriza como una cuenca de montaña de bajo riesgo de erosión.

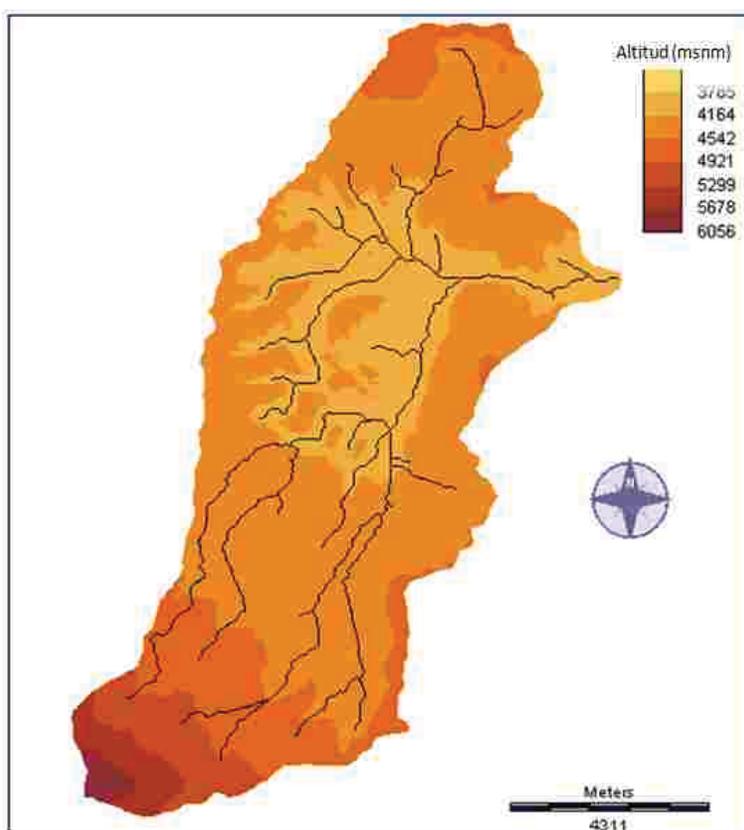


Figura N° 21. Hipsometría de la cuenca, con valores mínimos de 4.000 msnm y máximo de 6.075 msnm.

## 7. CAUDALES ANUALES

Los caudales son medidos a través de la DGA en río Villalobos en la estación Vertedero, ubicada a una altitud de 3.850 msnm y UTM (WGS84) Norte (m): 6991094, UTM Este (m): 497523, lo que la sitúa en el propio humedal.

Los registros obtenidos entre los años 1996 y 2013 se presentan en la Figura N° 22.

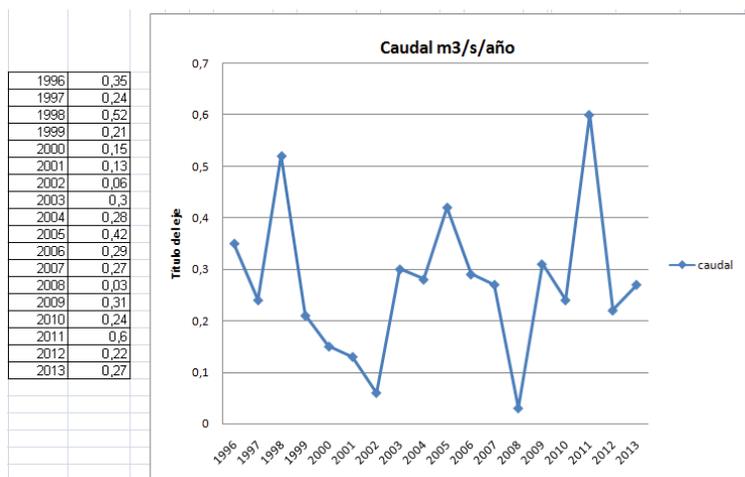


Figura N° 22. Caudales medios anuales en  $m^3/s$ . (Elaboración propia).

Del gráfico se obtiene que los años de mayor caudal corresponden a 1998, 2005 y 2011. Al revisarlos con los máximos de precipitación, que corresponden a los años 1997, 2002, 2005, 2010 y 2011 y al mismo tiempo, si se consideran los años con mayor número de meses con nieve que son 1997, 2002, 2005, 2010 y 2013, se tiene que existe coincidencia entre los años de mayor precipitación con los de caída de nieve (1997, 2002, 2005, y 2011), lo que indica una tendencia clara entre la precipitación pluvial y nival con los caudales y las características de infiltración de la cuenca, que es concordante con los indicadores obtenidos. Con todo, el caudal presenta un comportamiento cíclico y una tendencia leve a disminuir en el tiempo.

## 8 DESCRIPCIÓN VEGETACIONAL Y CARTOGRAFÍA.

De acuerdo a los datos levantados en terreno para cada unidad muestral (Fichas en anexo), el análisis de los datos satelitales se obtuvo la caracterización del estado actual de la vegetación y la respectiva cartografía, cuyos resultados se indican en los puntos siguientes.

### 8.1 Caracterización florística

Mediante la identificación y clasificación de la flora presente en cada una de las parcelas muestreadas se caracterizó la presencia-ausencia del total de especies (Riqueza total=9 especies dominantes) (Tabla N°4).

Tabla N°4. Caracterización de la composición florística mediante el método de presencia-ausencia

PARCELA	<i>Deyeuxia velutina</i>	<i>Deyeuxia curvula</i>	<i>Festuca deserticola</i>	<i>Deyeuxia eminens</i>	<i>Baccharis acaulis</i>	<i>Arenaria rivularis</i>	<i>Oxychloe andina</i>	<i>Carex gayana</i>	<i>Patosia clandestina</i>
A2-7	X								
A2-5		X		X			X	X	
A2-6	X			X			X		X
A2-1	X	X	X						
1-8	X								
1-5	X	X	X						
1-6	X	X							
1-9		X		X	X				
1-10	X	X	X	X		X			
1-11		X		X			X	X	
1-2	X			X					
1-1				X			X		

La cruz representa los sitios donde la especie se encuentra presente. Los recuadros vacíos indican la ausencia de la especie en cada una de las unidades muestreadas.

Las especies *Deyeuxia velutina* y *Deyeuxia eminens* estuvieron presentes en la mayor parte de las unidades muestreadas. Por el contrario, *Baccharis acaulis* y *Arenaria rivularis* estuvieron presentes sólo en un sector del humedal (parcelas '1-9' y '1-10', respectivamente). La parcela con un mayor número de presencias fue la '1-10' (N° especies dominantes=5), y con menor presencia la parcela 'A2-7' (N° especies dominantes=1).

La identificación en terreno del total de especies con distribución azonal (considerando las especies acompañantes), sólo 9 resultaron ser dominantes. Las especies corresponden a: *Deyeuxia velutina*, *Deyeuxia curvula*, *Festuca deserticola*, *Deyeuxia eminens*, *Baccharis acaulis*, *Arenaria rivularis*, *Oxychloe andina*, *Carex gayana* y *Patosia clandestina* (Figura N° 23)

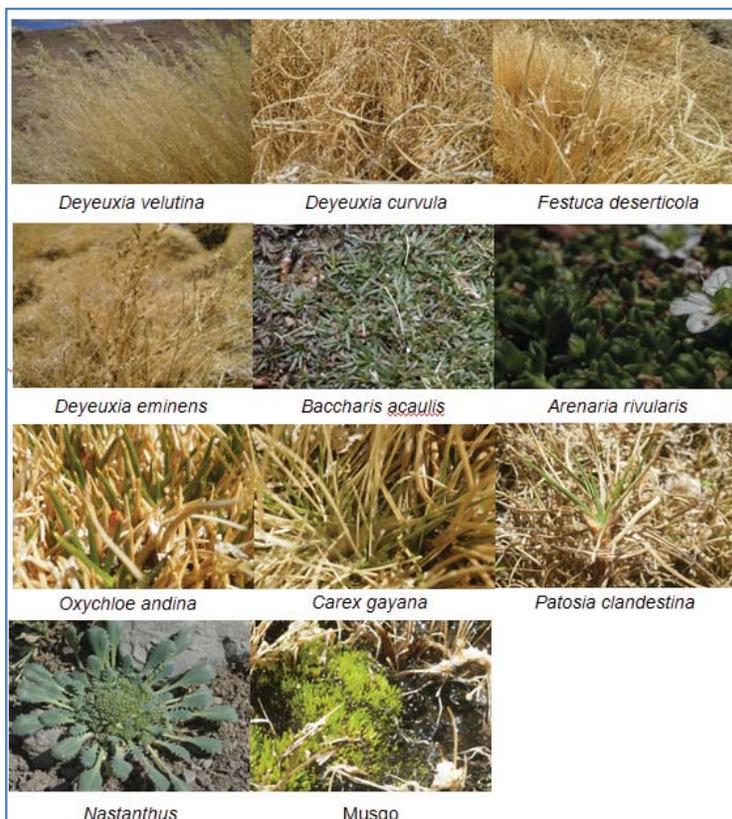


Figura N° 23. Especies dominantes. Fotos Arenaria y Nastanthus (Chile flora.cl)

La representatividad a nivel de familias de las especies descritas anteriormente se muestra en la Figura N° 24.

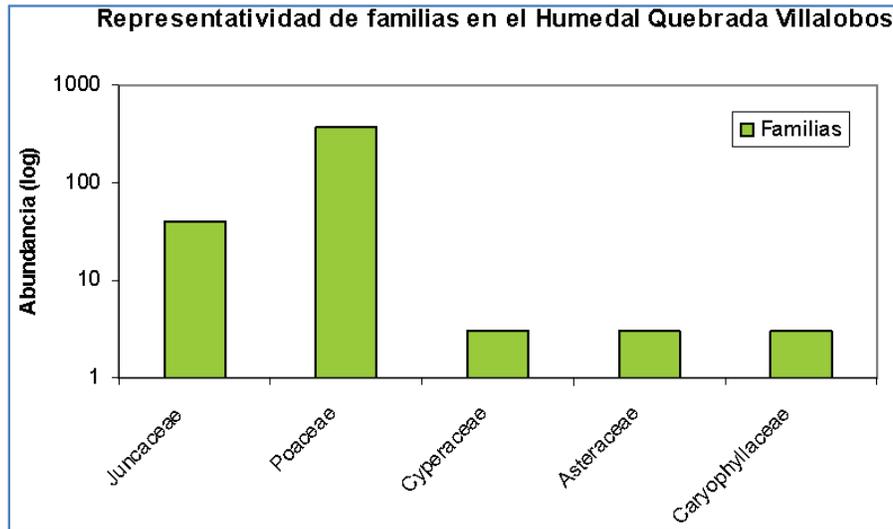


Figura N° 24. Representatividad de las familias presentes en el humedal. La abundancia se transformo a escala logarítmica para una mejor representación.

De acuerdo con la información y clasificación, predominan la familia Poaceae y Juncaceae consecuencia de una mayor abundancia de los géneros *Deyeuxia* y *Oxychloe*, respectivamente.

## 8.2 Estimación de Cobertura Vegetacional

De acuerdo a lo indicado en la metodología, la técnica de muestreo de transecto permitió establecer la cobertura (%) de todos los componentes del humedal (Tabla N° 5).

Tabla N° 5 Porcentaje de cobertura y riqueza de unidades muestreadas.

FAMILIA Especies	UH A2-7		UH A2-5		UH A2-6		UH A2-1		UH 1-8		UH 1-5		UH 1-6		UH 1-9		UH 1-10		UH 1-11		UH 1-2		UH 1-1					
	N° Cont	% Cob.																										
<b>POACEAE</b>																												
<i>Festuca deserticola</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1,69	0	0,00	1	1,75	0	0,00	0	0,00	5	6,94	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<i>Deyeuxia velutina</i>	7	8,86	0	0,00	20	39,22	33	55,93	5	10,00	42	73,68	8	10,96	0	0,00	3	4,17	0	0,00	2	7,41	0	0,00	0	0,00		
<i>Deyeuxia eminens</i>	0	0,00	41	77,36	20	39,22	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	9	16,67	38	52,78	15	24,19	22	81,48	5	20,00				
<i>Deyeuxia curvula</i>	0	0,00	7	13,21	0	0,00	1	1,69	0	0,00	13	22,81	24	32,88	28	51,85	15	20,83	6	9,68	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<b>JUNCACEAE</b>																												
<i>Patosia clandestina</i>	0	0,00	0	0,00	1	1,96	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<i>Oxychloe andina</i>	0	0,00	1	1,89	3	5,88	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	26	41,94	0	0,00	10	40,00				
<b>CYPERACEAE</b>																												
<i>Carex gayana</i>	0	0,00	1	1,89	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	3,23	0	0,00	0	0,00		
<b>ASTERACEAE</b>																												
<i>Baccharis acaulis</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	5,56	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<b>CARYOPHYLLACEAE</b>																												
<i>Arenaria rivularis</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	4,17	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<b>Suelo desnudo-sal</b>	42	53,16	1	1,89	0	0,00	8	13,56	44	88,00	0	0,00	23	31,51	3	5,56	4	5,56	3	4,84	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<b>Rastrojo</b>	30	37,97	1	1,89	1	1,96	15	25,42	1	2,00	0	0,00	17	23,29	10	18,52	3	4,17	1	1,61	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<b>Musgo</b>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1,39	1	1,61	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<b>Materia orgánica</b>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1,69	0	0,00	0	0,00	1	1,37	0	0,00	0	0,00	4	6,45	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
<b>Espejos de agua</b>	0	0,00	1	1,89	6	11,76	0	0,00	0	0,00	1	1,75	0	0,00	1	1,85	0	0,00	4	6,45	3	11,11	10	40,00				
<b>Piedra</b>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<b>Totales</b>	79	100,00	53	100,00	51	100,00	59	100,00	50	100,00	57	100,00	73	100,00	54	100,00	72	100,00	62	100,00	27	100,00	25	100,00				
<b>Riqueza</b>	1		4		4		3		1		3		2		3		5		4		2		2					
<b>Riqueza acumulada</b>	9																											

La Tabla N° 5 entrega los resultados de la cobertura (%) de los distintos componentes que integran el humedal y la riqueza vegetal, de acuerdo a los datos obtenidos en cada parcela de muestreo.

Si consideramos los datos porcentuales obtenidos para la totalidad del humedal, por unidad muestral y tipos de coberturas, promediando los datos se tiene que el porcentaje de cobertura de vegetación es de 65,98% y las coberturas correspondientes a los demás componentes (suelo desnudo – sal, musgo, materia orgánica, espejo de agua, piedras) es de 34,02%. Las especies con mayor cobertura son *Deyeuxia velutina* (17,52%), *Deyeuxia eminens* (25,97%) y *Deyeuxia curvula* (12,75%) y *Oxychloe andina* (7,48%).

Al desglosar los resultados para las dos zonas que comprende el humedal, se tiene que en la Zona 1 el porcentaje de cobertura vegetal es de 67,87% y de otras coberturas es de 32,13%, se mantienen las mismas especies pero varían en porcentajes de la siguiente manera: *Deyeuxia velutina* (13,28%), *Deyeuxia eminens* (24,39%) y *Deyeuxia curvula* (17,26%) y *Oxychloe andina* (10,24%). Lo que indica una mayor presencia de *Oxychloe* que corresponde a la formación de bofedal presente en ésta zona. En la Zona 2, el porcentaje de cobertura vegetal es de 62,2% y las demás coberturas representan el 37,8%, las especies con mayor cobertura son *Deyeuxia velutina* (26%), *Deyeuxia eminens* (29,14%).

Por otro lado, la riqueza acumulada del humedal es de 9, en la Zona 1 es 8 y en la Zona 2 es 7.

Si consideramos las parcelas que representan las formaciones vegetacionales definidas de acuerdo al estado hídrico, para cada uno de ellos se tienen los siguientes porcentajes de coberturas: Pajonal Hídrico Salino Seco (PHSS) con 9,43% de vegetación correspondiente a la especie *Deyeuxia velutina* y 90,57% de otras coberturas, principalmente de suelo desnudo con sal y rastrojo, 70,58% y 19,99%

respectivamente. Pajonal Hídrico Salino Intermedio (PHSI) con 65,83% de vegetación, cuyas especies son: *Deyeuxia velutina* (22,30%), *Deyeuxia eminens* (38,03%) y *Deyeuxia curvula* (19,1%), *Festuca desertícola* (0,56%), *Oxychloe andina* (0,63% y, *Carex gayana* (0,63%). Otras coberturas 34,17%, principalmente suelo desnudo-sal y rastrojo. Pajonal Hídrico Salino con Agua (PHSA) con un total de cobertura vegetal de 87,27% y con presencia de suelo-sal, rastrojo, musgo y espejos de agua de 12,73%. Las especies son *Festuca desertícola* (1,74%), *Deyeuxia velutina* (24,89%), *Deyeuxia eminens* (38,03%), *Deyeuxia curvula* (19,1%), *Patosia clandestina* (0,39%), *Oxychloe andina* (1,18%), *Baccharis acaulis* (1,11%) y *Arenaria rivularis* (0,83%). Bofedal (BOF) con una cobertura vegetal de 69,52% y 30,48% de otras coberturas donde el agua es la principal (23,23%). Las especies vegetales son principalmente *Oxychloe andina* (40,97%), *Deyeuxia eminens* (22,1%) y *Deyeuxia curvula* (4,84%).

Complementariamente a los datos anteriores, la vegetación es en la totalidad herbácea, de acuerdo a los datos que se recogieron en las fichas de la COT que se adjuntan en el anexo, con coberturas poco densa (H5), clara (H4), muy escasa (H1) y herbácea muy densa (H7) (Tabla N° 6).

Considerando las unidades muestreadas la vegetación dominante en el humedal es H7 (cobertura: entre un 90 a 100%, altura: extremadamente baja o muy bajo, especies dominantes: *Deyeuxia sp.* y *Oxychloe andina*).

Las coberturas no vegetacionales son rastrojo o mantillo, afloramiento salinos, espejos de agua y en pocas ocasiones; materia orgánica, materia en descomposición o vegetación muerta. Las áreas de pajonal en su mayoría se encuentran coirones de gramíneas en estado seco, color amarillo-dorado, con bastante evidencia de ramoneo por parte de mamíferos que obtienen sus recursos de este humedal (e.g. *Lama guanicoe* y *Vicugna vicugna*), lo que indica un grado de artificialización (G.A) corresponde a un valor de 3 que considera terrenos de pastoreo (específicamente los

valores para las unidades homogéneas muestreadas se mueven en el rango de 3.0 y 3.2 las que se definen como: 3.0= praderas naturales o terreno de pastoreo en buen estado, 3.1=Pradera natural degradada y 3.2= pastos degradados y ramoneados). Las zonas de bofedal con alto porcentaje de espejos de aguas, curso de agua y áreas inundadas, aún cuando constituyen zonas más prístinas, se tienen áreas con alguna presión antrópica, con evidencias de pastoreo (G.A=3) y bebederos o de extracción de aguas.

Tabla N° 6. Caracterización de las unidades muestreadas, considerando el tipo de formación vegetacional dominante, su altura (tipos biológicos), y las especies dominantes y acompañantes.

PARCELA	NOMBRE DEL HUMEDAL	TIPO VEGETACIONAL	REGIÓN	FORMACIÓN VEGETACIONAL DOMINANTE	ALTURA TIPOS BIOLÓGICOS	ESPECIES DOMINANTES					ESPECIES ACOMPAÑANTES		
						1	2	3	4	5	1	2	3
A2-7	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino seco	III	H1	MB	dv					de		
1-8	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino seco	III	H1	MB	dv					ba	n(sp)	
A2-5	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino intermedio	III	H5	EB, MB	de	dc	oa	cg		fd		
A2-1	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino intermedio	III	H5	EB, MB	dv	dc	fd			fd		
1-6	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino intermedio	III	H4	EB, MB	dv	dc	fd			fd		
A2-6	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino con agua	III	H4	EB, MB	de	dv	oa	pc		fd		
1-5	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino con agua	III	H5	EB, MB	dv	dc	fd			oa	n(sp)	
1-9	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino con agua	III	H5	EB, MB	de	dc	ba			fd	cg	pc
1-10	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino con agua	III	H4	EB, MB	de	dc	dv	fd	ar	oa	musgo	
1-2	Quebrada Villalobos	Pajonal hídrico salino con agua	III	H7	MB	de	dv				dv		
1-11	Quebrada Villalobos	Bofedal	III	H5	EB, MB	oa	de	dc	cg		pc	cg	
1-1	Quebrada Villalobos	Bofedal	III	H5	EB, MB	de	oa				dv	pc	musgo

 <i>Deyeuxia velutina</i>	 <i>Carex gayana</i>
 <i>Deyeuxia eminens</i>	 <i>Nastanthus</i>
 <i>Deyeuxia curvula</i>	 <i>Baccharis acaulis</i>
 <i>Oxychloe andina</i>	 musgo
 <i>Festuca deserticola</i>	 <i>Arenaria rivularis</i>
 <i>Patosia clandestina</i>	

### 8.3 Caracterización de la estructura comunitaria

#### Diversidad alfa en el Humedal.

En la Tabla N° 7 se presenta para cada parcela muestreada la riqueza “S” (número de especies), diversidad taxonómica (de Shannon y Simpson), el índice de similitud o de equidad de Pielou (J') y la abundancia (N).

Tabla N° 7. Resumen descriptivo de la diversidad para cada una de las parcelas muestreadas.

	Riqueza (S)	Shannon (H')	Simpson (1-λ)	Equidad (J)	Abundancia (N)
A2-7	1	0.00	0.00	—	7
A2-5	4	0.59	0.31	0.43	50
A2-6	4	0.99	0.58	0.71	44
A2-1	3	0.26	0.11	0.24	35
1-8	1	0.00	0.00	—	5
1-5	3	0.63	0.38	0.57	56
1-6	2	0.56	0.38	0.81	32
1-9	3	0.78	0.45	0.71	40
1-10	5	1.14	0.58	0.71	64
1-11	4	1.09	0.61	0.78	49
1-2	2	0.29	0.15	0.41	24
1-1	2	0.64	0.44	0.92	15

En la Tabla N° 7, de acuerdo a los índices de diversidad calculados, la unidad muestral con mayor riqueza de especies es la '1-10' (S=5), y con menor riqueza son las unidades 'A2-7 y 1-8' (S=1). Respecto al índice de diversidad de Shannon (que da mayor importancia al número de especies raras), las unidades más diversos corresponden a las unidades '1-10 y 1-11' (H'=1.14 y H'=1.09, respectivamente), por el contrario la unidad 'A2-7 y 1-8' presentan la menor diversidad (H'=0.0) debido a que sólo una especie está presente en ambas (*D. velutina*). Estos resultados se corroboran con los del índice de Simpson (que da mayor importancia a las especies dominantes) que arrojó resultados similares (considerando las unidades con mayor y

menor diversidad). En consideración a la Equidad de Pielou, en los sitios 'A2-7 y 1-8' no fue posible realizar el cálculo porque sólo está presente una sola especie, en cambio, la unidad muestral con mayor equidad o regularidad es la '1-6' ( $J'=0.81$ ) y con menor regularidad la 'A2-1' ( $J'=0.24$ ). Por último, las unidades con mayor abundancia son las '1-10 y 1-5' ( $N=65$  y  $N=56$ , respectivamente), los de menor abundancia son '1-8 y A2-7' con  $N=5$  y  $N=7$  respectivamente).

Los indicadores aplicados a los tipos de formaciones vegetacionales definidas se presentan en la Tabla N° 8. Donde: PHSS=Pajonal hídrico salino seco, incluye las siguientes parcelas: 1-8 y A2-7; PHSI=Pajonal hídrico salino intermedio, las parcelas: 1-6, A2-5 y A2-1; PHSA=Pajonal hídrico salino con agua, las parcelas 1-2, 1-5, 1-9, 1-10, A2-6 y BOF= Bofedal, las parcelas: 1-11 y 1-1.

Tabla N° 8. Resumen descriptivo de la diversidad para cada uno de los tipos vegetacionales definidos para el humedal.

	Riqueza (S)	Shannon (H')	Simpson (1- $\lambda$ )	Equidad (J)	Abundancia (N)
PHSS	1	0.00	0.00	—	12
PHSI	6	1.21	0.69	0.68	117
PHSA	8	1.36	0.70	0.66	228
BOF	4	1.02	0.59	0.73	64

De acuerdo a la tabla, el tipo de formación 'Pajonal Hídrico Salino Seco' corresponde al de menor riqueza de especies ( $S=1$ ), diversidad de Shannon ( $H'=0.0$ ), diversidad de Simpson ( $1-\lambda=0.0$ ) y abundancia ( $N=12$ ), mientras que el 'Pajonal Hídrico Salino con Agua' se caracteriza por la mayor riqueza de especies ( $S=8$ ), diversidad de Shannon y Simpson ( $H'=1.36$  y  $1-\lambda=0.70$ ), menor equidad ( $J'=0.66$ ) y mayor abundancia ( $N=228$ ). A pesar que el número de unidades muestrales por tipo de formación vegetal difieren entre sí, cabe destacar que se obtienen los mismos resultados cuando se estandariza por el número de unidades por tipo de formación.

### Diversidad beta en el Humedal

La diversidad beta o variabilidad en la identidad de las especies entre unidades muestrales se caracteriza en la Tabla N° 9 donde se muestra el resultado obtenido al aplicar el índice de Whittaker como medida de la disimilitud.

Tabla N° 9. Diversidad beta del humedal Quebrada Villalobos

	A2-7	A2-5	A2-6	A2-1	1-8	1-5	1-6	1-9	1-10	1-11	1-2	1-1
A2-7	0.00											
A2-5	1.00	0.00										
A2-6	0.60	0.50	0.00									
A2-1	0.50	0.71	0.71	0.00								
1-8	0.00	1.00	0.60	0.50	0.00							
1-5	0.50	0.71	0.71	0.00	0.50	0.00						
1-6	0.33	0.67	0.67	0.20	0.33	0.20	0.00					
1-9	1.00	0.43	0.71	0.67	1.00	0.67	0.60	0.00				
1-10	0.67	0.56	0.56	0.25	0.67	0.25	0.43	0.50	0.00			
1-11	1.00	0.00	0.50	0.71	1.00	0.71	0.67	0.43	0.56	0.00		
1-2	0.33	0.67	0.33	0.60	0.33	0.60	0.50	0.60	0.43	0.67	0.00	
1-1	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.71	0.33	0.50	0.00

Mediante el índice de Whittaker se midió la disimilitud entre cada una de las unidades muestreadas, considerando la composición vegetacional y su abundancia.

Los resultados muestran que la unidad más disímil corresponde a la '1-1', debido a que presenta los mayores valor de disimilitud (1.00) y entre más número de unidades (disímil de 1.00 entre la unidad '1-1' y cinco unidades (A2-7, A2-1, 1-8, 1-5, 1-6). Ello se corroboró en terreno, mediante la inspección del sector, que destaca por tener un mayor porcentaje de vegetación propia de bofedal (cojines de *Oxychloe andina*) y un alto porcentaje de suelo cubierto por agua (alrededor del 50% inundado), características que además lo hacen ser la unidad muestreada con mayor porcentaje de aves que se avistaron en el humedal (flamencos, patos, gaviota, entre otros) a diferencia de otros sectores.

### Similaridad de los tipos vegetacionales definidos para el humedal

Considerando las unidades muestreadas y los tipos de formación vegetacional definidos, los resultados de porcentaje de similitud se presentan en la Figura N° 25.

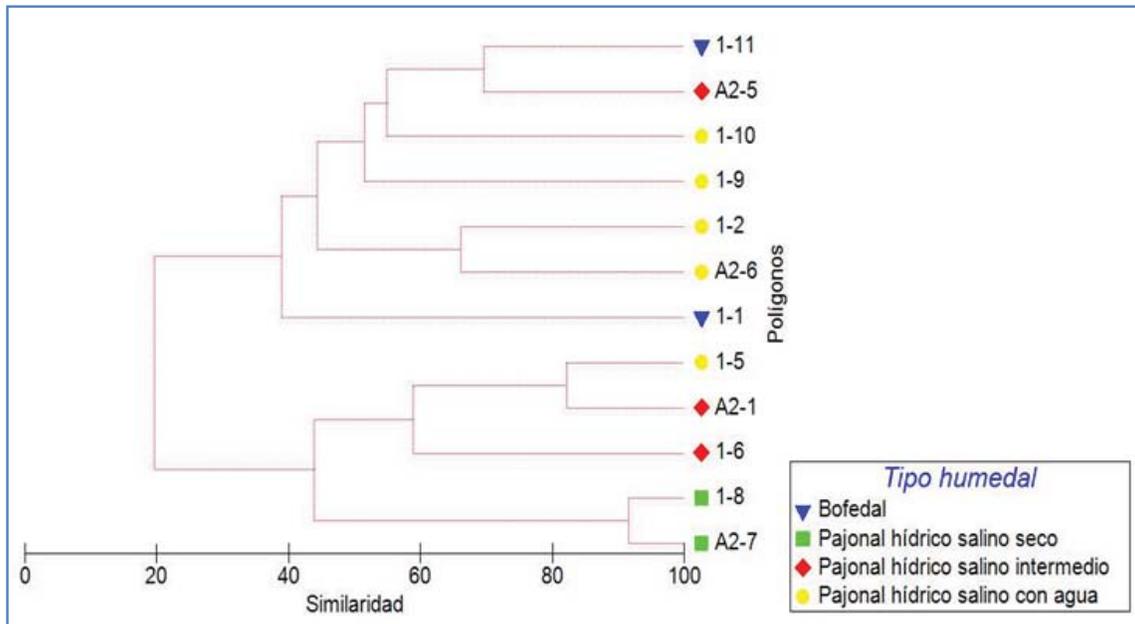


Figura N° 25. Porcentaje de similitud de la composición florística.

La Figura N° 25 muestra las parcelas cuya composición florística son similares. Los símbolos en colores representan el tipo de formación vegetacional a la que se asoció cada parcela.

Los triángulos azules corresponden bofedal (BOF), los recuadros verdes al Pajonal hídrico salino seco (código PHSS), los diamantes rojos al Pajonal hídrico salino intermedio (código PHSI) y por último, los círculos amarillos caracterizan al Pajonal hídrico salino con agua (código PHSA).

## 8.4 Estado de conservación de las especies del humedal

En relación al estado de conservación de las especies identificadas en el Humedal Quebrada Villalobos, del total de información recabada sólo fue posible llevar a cabo la categorización del Libro Rojo y la IUCN. Considerando la información otorgada por Ministerio de Medio Ambiente (MMA) mediante el listado de la clasificación de las especies amenazadas, de los 272 registros ninguno coincide con las especies identificadas en terreno, por lo cual se calificó como si=sin información, en todos los casos (Tabla N° 10).

Tabla N° 10. Listado de especies para la zona del Humedal Quebrada Villalobos, clasificación y estado de conservación según bibliografía consultada.

ESPECIES	TIPO BIOLÓGICO	FAMILIA	LIBRO ROJO	MMA
<i>Patosia clandestina</i> (Phil.) Buchenau	H	Juncaceae	FP	si
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	H	Juncaceae	FP	si
<i>Festuca deserticola</i> Phil.	H	Poaceae	FP	si
<i>Deyeuxia velutina</i> Nees & Meyen	H	Poaceae	FP	si
<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl	H	Poaceae	si	si
<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	H	Poaceae	FP	si
<i>Carex gayana</i> E. Desv.	H	Cyperaceae	FP	si
<i>Baccharis acaulis</i> (Wedd. ex R.E. Fr.) Cabrera	H	Asteraceae	si	si
<i>Arenaria rivularis</i> Phil.	H	Caryophyllaceae	FP	si
Categoría Libro Rojo (Región de Atacama): FP=Fuera de Peligro				
Categorización MMA: si= sin información				

Considerando la información disponible que permite la actualización del 'Estado de Conservación de las Especies' descritas para el Humedal Quebrada Villalobos, según el Libro Rojo siete de las nueve especies dominantes se encuentran 'Fuera de Peligro (FP)', de las dos restantes no se tiene información. Por su parte, la lista roja de la IUCN identifica cuatro especies dominantes en categoría de 'Preocupación Menor (LC)', de las restantes no se tiene información. Por último, la revisión del 'Listado de Especies Amenazadas del Ministerio de Medio Ambiente (MMA)' no identifica ninguna especie con problemas de conservación en sus listas (de hecho no se mencionan, por lo que no fue clasificado para el área de estudio (si = sin información).

## 8.5 Cartografía vegetal.

Tomando como dato básico la data del satélite PLEIADES, (Figuras N° 26, 27, 28), el levantamiento realizado en terreno, de donde se recogieron muestras georreferenciadas de los tipos vegetacionales que componen el humedal, se procedió a realizar una clasificación supervisada, la que posteriormente fue definida en detalle mediante técnica de análisis visual, para obtener así la cartografía final de vegetación del humedal.

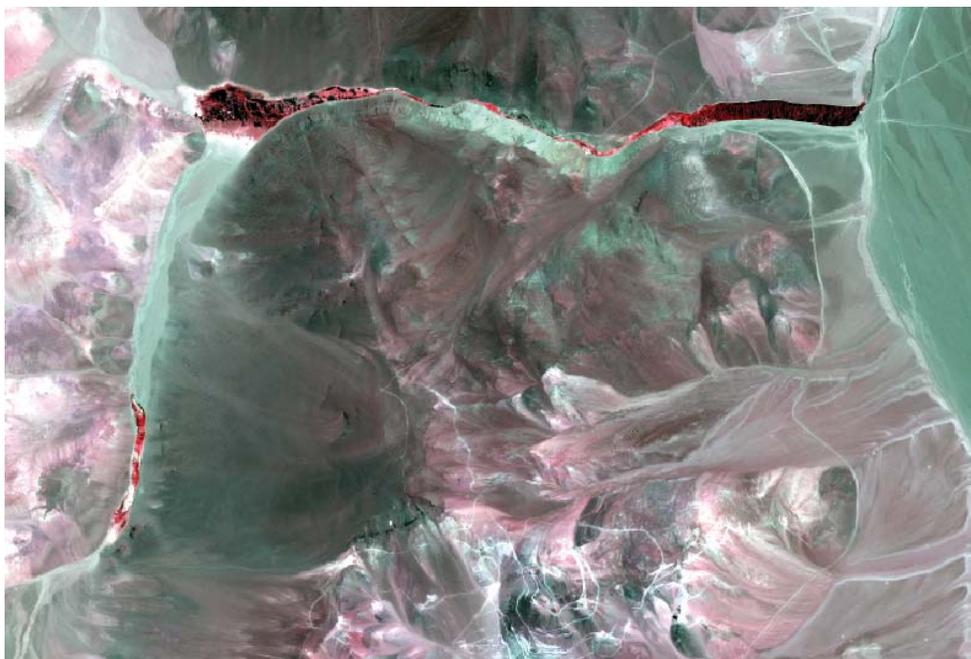


Figura N° 26. Imagen PLEIADES del 12 de noviembre del 2012.

La imagen corresponde a una fusión de las bandas espectrales de 2 m. de resolución espacial correspondientes al infrarrojo cercano al rojo y verde con la banda pancromática de 0,5 m de resolución espacial que obtiene el sensor del satélite PLEIADES, detalle de la cual se indican en la Figuras N° 27, 28 y 29.



Figura N° 27. Imagen PLEIADES, detalle de la zona 1, área 2 del humedal.



Figura N° 28. Imagen PLEIADES, detalle de la zona 1, área 1 del humedal.



Figura N° 29. Imagen PLEIADES, detalle de la Zona 2 del humedal.

Las figuras anteriores muestran una composición infrarroja convencional con las bandas 4, 3, 2 (RGB), donde el tono rojo corresponde a vegetación, los tonos blancos a presencia de suelo salino como cobertura predominante y los oscuros a presencia de agua.

### 8.5.1 Clasificación supervisada

La clasificación supervisada entregó los siguientes resultados (Figura N° 30 y 31).



Figura N° 30. Clasificación supervisada Zona 1.



Figura N° 31. Clasificación supervisada Zona 2.

Los resultados indican confusión entre las formaciones de de Bofedal con PHSA y entre el PHSI con el PHSA, las que fueron posteriormente definidas mediante análisis visual en la imagen satelital.

### 8.5.2 Clasificación final.

Considerando la clasificación supervisada y el análisis visual el resultado final se presenta en las Figuras N° 32 y 33 y la cuantificación de superficies en la Tabla N° 11.

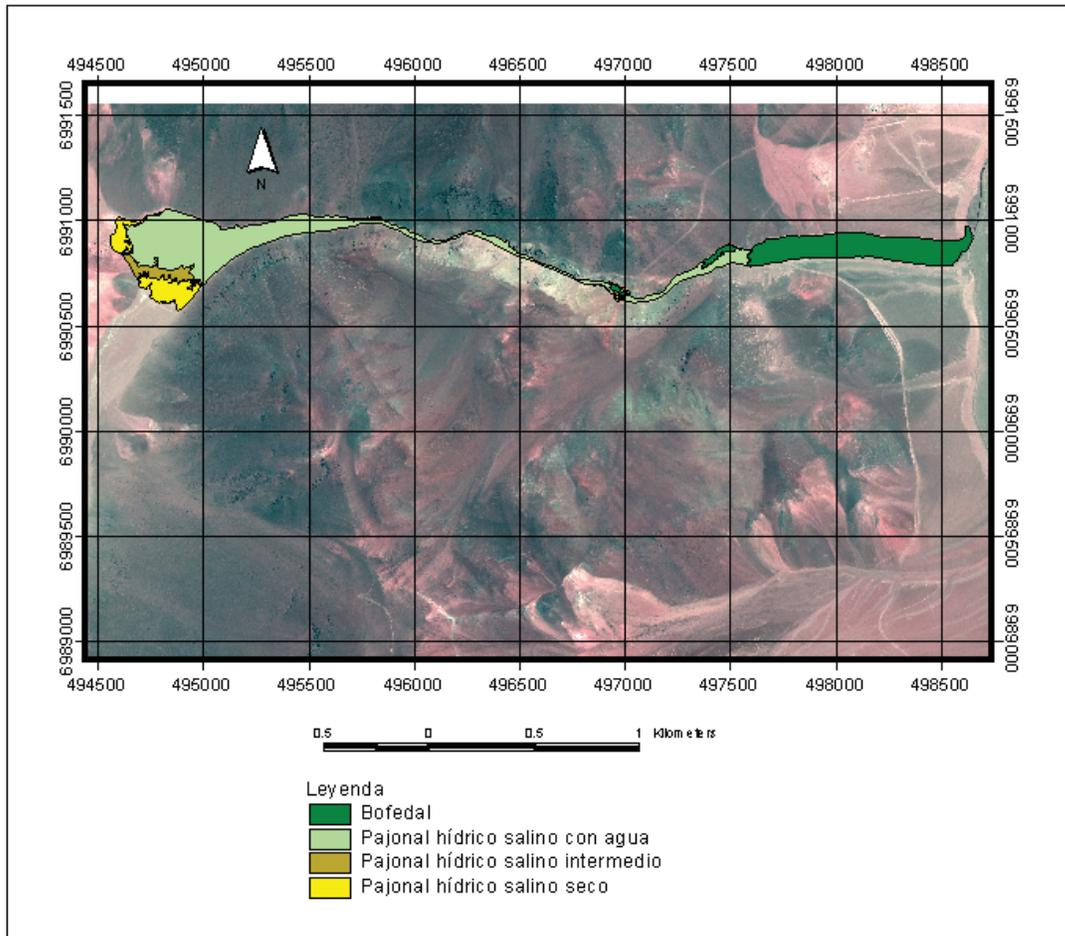


Figura N°32. Cartografía vegetal de humedal ZONA 1.

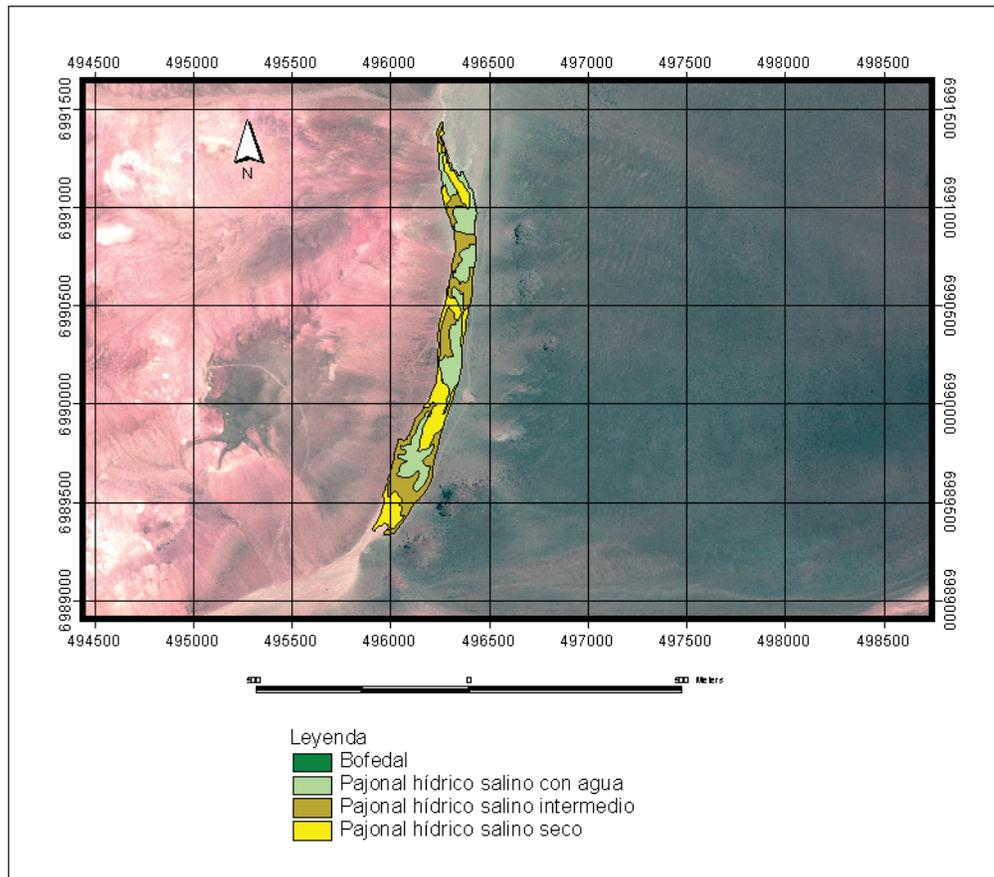


Figura N°33. Cartografía vegetal de humedal ZONA 2.

Tabla N° 11. Superficie de formaciones vegetacionales del humedal.

Tipo vegetal	Codigo	Superficie (ha)		
		Humedal	Zona 1	Zona 2
<b>Pajonal hídrico salino seco</b>	PHSS	5,6	4	1,6
<b>Pajonal hídrico salino intermedio</b>	PHSI	4	2	2
<b>Pajonal hídrico salino c/ agua.</b>	PHSA	23,6	21,5	2,1
<b>Bofedal</b>	BOF	12,3	12,3	
<b>Total</b>		45,5	39,8	5,7

Los datos indican que la superficie total del humedal es de 45,5 hectáreas, de las cuales 39,8 corresponden a la Zona 1, es decir a la parte baja del humedal donde se concentra el mayor caudal superficial, dado que surgen en dicho punto el total de los acuíferos que se originan en la cuenca. En ésta zona se encuentran 12,3 hectáreas de Bofedal y 33,2 ha de Pajonal hídrico salino, de las cuales 5,6 hectáreas corresponden a una formación en estado seco (PHSS), con baja cobertura vegetal, predominancia de suelo y afloramientos salinos, ubicada principalmente en el sector oeste, 4 ha corresponden a formación en estado intermedio de humedad, que constituye un ecotono entre las unidades secas y las unidades de pajonal con agua.

La Zona 2 del humedal tiene una superficie de 5,7 hectáreas cuyo aporte hídrico es de una parte de la cuenca, por consiguiente la zona completa corresponde a la formación de Pajonal hídrico salino, con una superficie de 1,6 hectáreas secas, 2 hectáreas en estado intermedio y 2,1 ha húmedas y con agua en superficie.

Porcentualmente, la superficie de Pajonal hídrico salino seco en la Zona 2 es mayor que en la Zona 1, siendo 28,1% y 12,3% respectivamente. De igual forma, el Bofedal sólo ésta presente en la Zona 1 con una representación de 27% respecto del total de la superficie de la zona. Superficies que son indicadores de las diferencias de aportes hídricos que reciben ambas zonas del humedal.

## 9 ANALISIS DE TENDENCIA Y CAMBIOS EN EL HUMEDAL

El análisis de cambios, tal como se plantea en la metodología, se realizó a partir de la serie de imágenes satelitales correspondientes al sensor TM del LANDSAT 5, ETM LANDSAT 7 y OLI del LANDSAT 8, correspondientes a las fechas que se indican en la tabla siguiente (Tabla N° 12):

Tabla N° 12. Imágenes satelitales de la serie 1995 – 2014.

Año	día	mes
1995	26	3
1996	12	3
1997	11	2
1998	2	3
1999	17	2
2000	7	3
2001	10	3
2002	29	3
2003	8	3
2004	15	2
2005	5	3
2006	20	2
2007	11	3
2008	26	2
2009	16	3
2010	19	3
2011	6	3
2012	16	3
2013	12	4
2014	7	3

Un primer análisis realizado corresponde a la tendencia del vigor vegetacional determinado por el índice de humedad de la vegetación (IHUMV), tal como se indico en la metodología.

Las imágenes utilizadas se presentan en el anexo.

### 9.1 Análisis multitemporal de la serie (1995-2013)

Para el análisis multitemporal de la serie se definieron áreas de muestreo en las dos zonas del humedal, considerando zonas vegetacionales estables y excluyendo los bordes para evitar el efecto de éstos en la respuesta espectral, lo que se indica en la Figura N° 34.

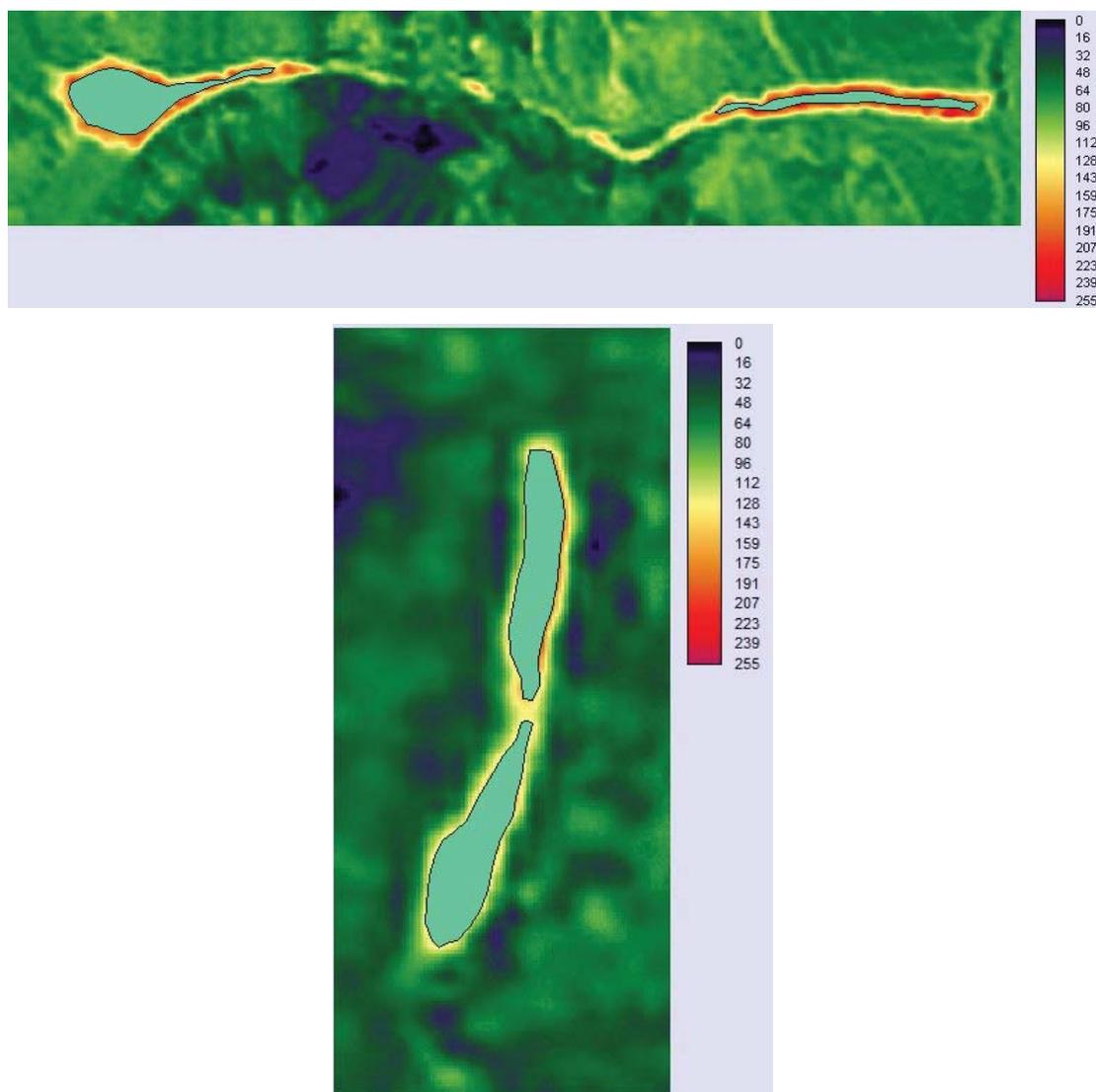


Figura N° 34. En color cyan zonas muestrales para análisis multitemporal, zona 1 (imagen superior) y zona 2 (imagen inferior).

Se definieron dos zonas del humedal, la Zona 1 corresponde a la parte baja de la cuenca que se extiende en forma perpendicular a la quebrada Ciénaga Redonda (dirección oeste-este) y la Zona 2 se ubica en la parte media de la cuenca en dirección sur-norte. Se analiza la tendencia para las ambas zonas por separado, cuyos perfiles temporales resultantes se presentan en los gráficos de las Figuras N° 35 y 36.



Figuras N° 35. Perfil de tendencia del vigor vegetacional (IHUMV) en la zona 1.

Para una mejor representación los resultados originales se escalaron entre 0 y 255, de tal forma que el vigor vegetacional se expresa a partir de los valores mayores a 130. El gráfico, por consiguiente, representa el promedio del vigor vegetacional de la superficie incluida por la muestra indicada en la Figura N° 36 para la zona 1.

De acuerdo a éste resultado, la zona 1 del humedal presenta una leve tendencia a disminuir desde un valor de 180 a 177, pero que no es significativa, valores que al mismo tiempo son superiores al promedio del rango histórico del humedal en ésta zona (166) que se encuentra entre 133 y 210. Lo que indica que es una zona que se ha mantenido estable del año 1995 a la fecha.



Figura N° 36. Perfil de tendencia del vigor vegetacional (IHUMV) en la zona 1.

En el caso de la Zona 2 del humedal el año 1995 es el de menor vigor, que se recupera en los años siguientes hasta el año 2001 que alcanza su mayor vigor promedio, al igual que el año 2005, desde donde comienza disminuir hasta el año 2012, sin embargo la tendencia lineal es positiva en la serie de años estudiados.

Lo anterior es explicable en función de las características de la zona, la cual recibe menos alimentación de agua que la zona 1, por cuanto sólo una parte de la cuenca drena sus aguas a ésta zona (44%), lo que la hace que la vegetación tenga mayor variabilidad en sus contenidos de agua (especialmente en los bordes) y por consiguiente en su estado de vigor, cuyos valores más altos se concentran en las zonas de surgencia de los acuíferos y entorno de los caudales que éstos forman.

## 9.2 Análisis de cambios de superficie.

Considerando los resultados anteriores, se analizan a continuación los cambios en el vigor vegetacional de ambas zonas del humedal, entre el año 2001 y 2012 (Figuras N° 37, 38, 39 y 40).

Los índices de humedad vegetal correspondiente a los dos años en estudio para la zona 1 se muestran en la Figura N° 38 y en la Figura N° 39 para la zona 2.

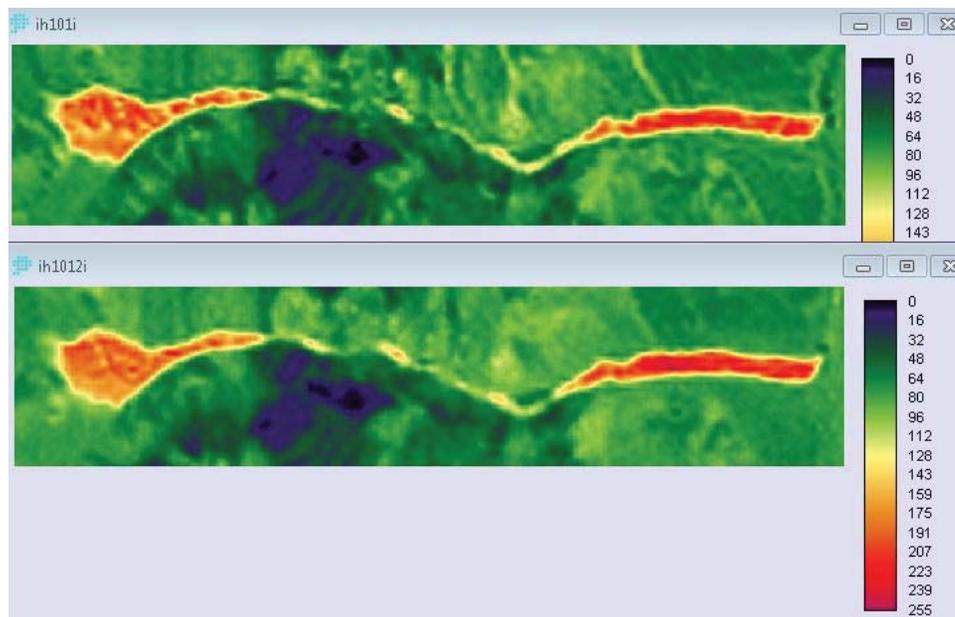


Figura N° 37. Zona 1. IHUMV año 2001 y 2012.

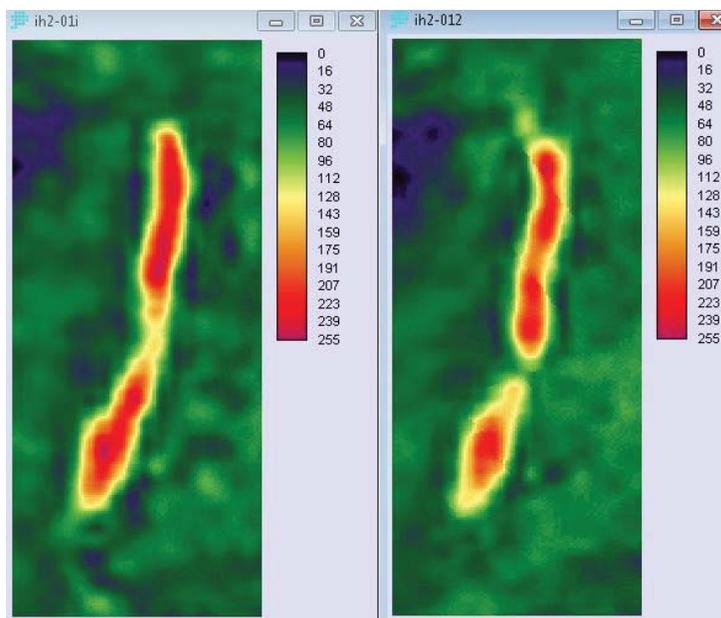


Figura N° 38. Zona 2. IHUMV año 2001 y 2012.

Al aplicar las diferencias estandarizadas entre ambos años se obtiene como resultado los datos de la Figuras N° 39 y 40.

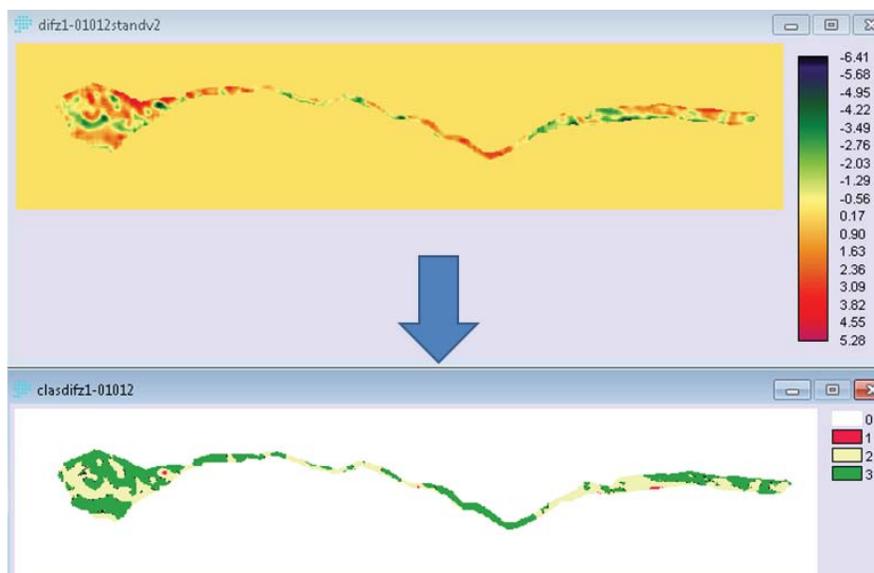


Figura N° 39. Zona 1. Diferencias estandarizadas de IHUMV entre el año 2001 y 2012.

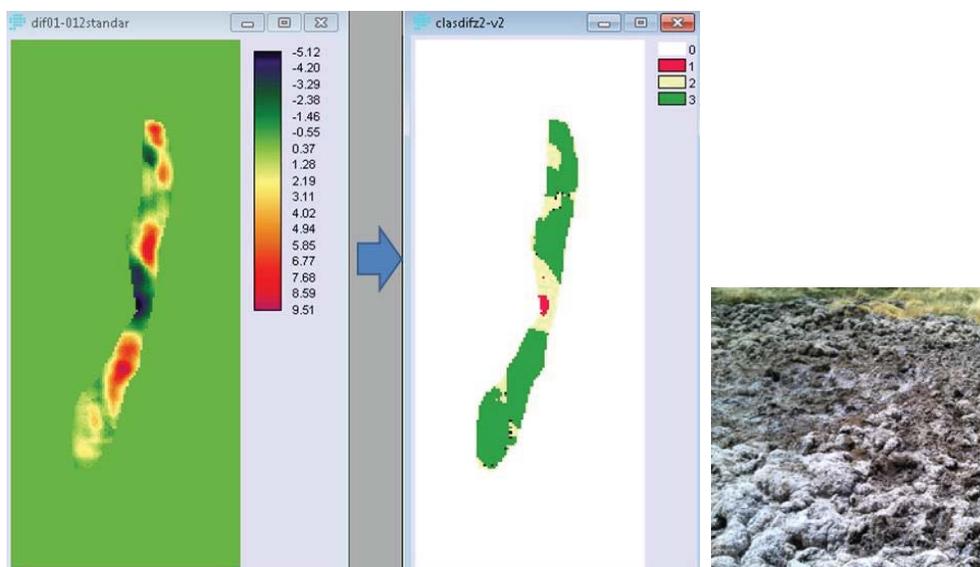


Figura N° 40. Zona 2. Diferencias estandarizadas de IHUMV entre el año 2001 y 2012. Las clases definidas de cambios son 1 = pérdida de vegetación, 2 = variabilidad negativa y 3 = mantención y/o aumento del vigor

Los resultados indican que la zona 1 no existen superficies significativas de cambios con pérdida de vegetación, mientras que la zona 2 tiene una pequeña superficie en la parte media del humedal, coincidente con uno de los puntos verificados en terreno, cuya fotografía se presenta en la Figura N° 40 y las superficies se indican en la Tabla N° 13.

Tabla N° 13. Diferencias de vigor vegetacional entre el año 2001 y 2012 (hectáreas).

	Zona 1 (ha)	Zona 2 (ha)
Pérdida de vegetación	0,1	0,075
Decremento leve del vigor de vegetación	13,7	1,0275
Sin cambio o aumento del vigor vegetación	26	4,5975
<b>Total</b>	39.8	5,7

La mayor superficie de decremento leve del vigor vegetacional en la zona 1 ésta relacionada con los cambios en el agua de superficie que se mantiene en ésta zona, prevaleciendo la tendencia a la estabilidad o aumento del vigor en ambas zonas.

## 10. VULNERABILIDAD DEL HUMEDAL

La vulnerabilidad del humedal obtenida en base al índice de decremento temporal (IDT) del vigor vegetacional (IHUMV) se presenta en las Figuras N° 41 y 42.

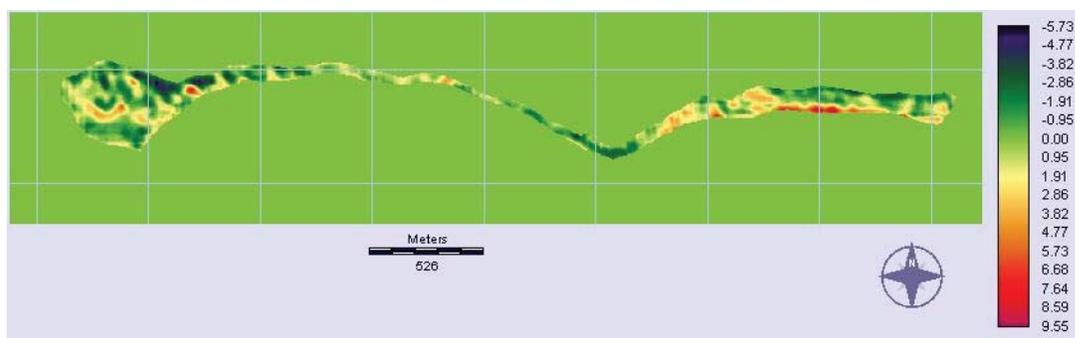


Figura N° 41. Índice de decremento temporal (2001-2013) de la Zona 1 del humedal.

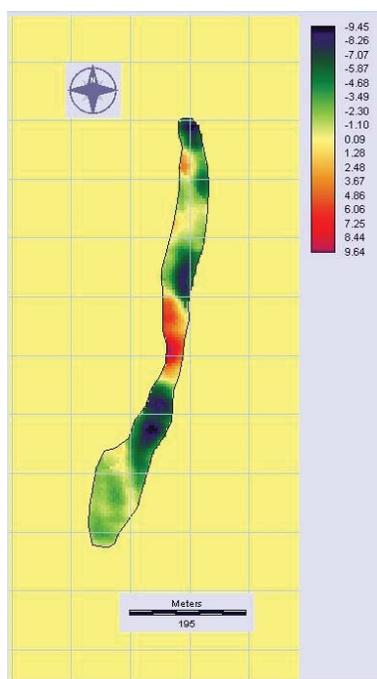


Figura N° 42. Índice de decremento temporal (2001-2013) de la Zona 2 del humedal.

Al analizar el IDT y considerar el conjunto de datos obtenidos en cada zona como una población normal, por consiguiente el comportamiento sigue la tendencia de Gauss, se tiene que los valores de 1 DS entorno de cero se pueden considerar como la zona sin cambio, por consiguiente la superficie real de decremento se encuentra entre -1DS hasta el valor negativo mínimo obtenido (Figuras N°41 y 42), áreas que constituyen las zonas de vulnerabilidad del humedal en cada zona, las cuales corresponden a las siguientes superficies (Tabla N° 14):

Tabla N° 14. Superficie de cambio negativo (las de mayor decremento entre los años estudiados) en la zona 1 y 2 del humedal.

	<b>IDT</b>	<b>Sup (ha)</b>	<b>%</b>
Zona 1	-5,8 a -2,1	4,3	10,8
Zona 2	-9,5 a -3,6	1,2	21

Superficies que se representan en las Figuras N° 43 y 44.

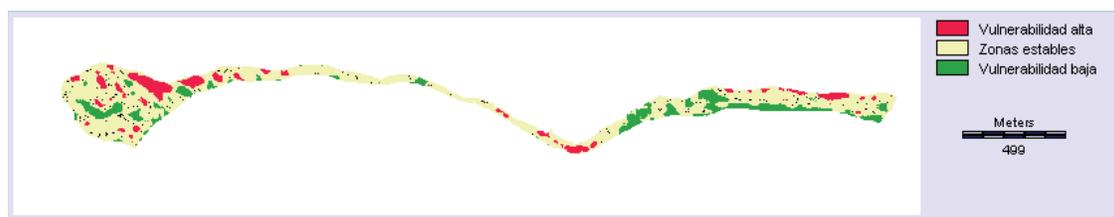


Figura N° 43. En rojo las superficies actuales de mayor vulnerabilidad en la Zona 1 del humedal. En color verde las zonas con baja vulnerabilidad y en amarillo las zonas estables.

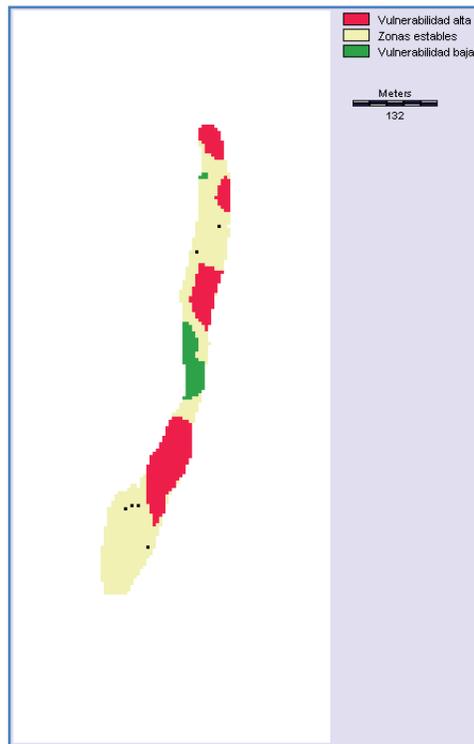


Figura N° 44. En rojo las superficies actuales de mayor vulnerabilidad en la Zona 2 del humedal.

En ambos casos las zonas corresponden a lugares con baja cobertura vegetal, que se pueden identificar en la cartografía que se presenta en el punto 8.6.

## 11. ANALISIS Y CONCLUSIONES

En primer lugar debemos constatar que el humedal se encuentra inserto en una cuenca hidrográfica donde el promedio de precipitaciones anuales es bajo, siendo el promedio anual entre el año 1995 y 2013 de 30,5 mm/año, mientras la cobertura de nieve tiene una duración promedio, en los 19 años, de 4,3 meses, por consiguiente es la nieve el mayor aporte a la escorrentía superficial y subterránea.

También, se puede indicar que la forma alargada de la cuenca, la estructura hídrica paralela y topografía con predominancia del distrito ondulado-inclinado, con pendiente media de 26,6% y altura media de 403 metros e hipsometría que fluctúa entre los 6.070 y 4.000 msnm determinan una baja erosividad y torrencialidad y media a alta infiltración, a lo que se suma una geomorfología que determina en la parte media y baja una forma cóncava, donde surgen las corrientes de agua subterráneas y se almacenan, dando lugar a las dos zonas que constituyen el humedal de quebrada Villalobos, siendo la Zona 1 en la parte baja de la cuenca la de mayor acumulación de agua.

Por otra parte, los datos del caudal anual del humedal, que se sitúan entorno de los 300 l/s, en el periodo de tiempo estudiado, han tenido un comportamiento cíclico, con una leve tendencia a disminuir, en forma concordante con la disminución de las precipitaciones pluvial y nival.

En éste contexto, el humedal cubre una superficie de 45,5 hectáreas, correspondiendo 39,8 a la Zona 1 y 5,7 a la Zona 2, con la presencia de los tipos vegetacionales Bofedal con 12,3 hectáreas y Pajonal hídrico salino con 33,2 hectáreas.

El levantamiento vegetacional de terreno y la cartografía confeccionada en base a data satelital de alta resolución, indica que el Pajonal hídrico salino se encuentra en diferentes estados: i) Pajonales hídricos salinos en substrato seco, ii) Pajonales hídricos intermedios (semi secos) y iii) Pajonales hídricos húmedos con agua en

superficie, todos los cuales fueron definidos por unidades cartográficas homogéneas (UCH), que en su conjunto entregan superficies de 5,6 hectáreas, 4 y 23,6 hectáreas respectivamente. Es decir, el humedal tiene una predominancia de Pajonal hídrico salino húmedo con agua en superficie de 71% respecto de la superficie total del Pajonal.

Las especies dominantes de la formación de Bofedal son *Oxychloe andina*, *Deyeuxia eminens*, *Deyeuxia curvula* y *Carex Gayana*. En el caso del Pajonal hídrico salino las especies dominantes son *Deyeuxia velutina*, *Deyeuxia eminens*, *Deyeuxia curvula*, *Festuca deserticola*, *Oxychloe andina* (con baja cobertura), *Carex gayana*, *Patosia clandestina*, *Arenaria rivulus* y *Baccharis acaulis*.

Los resultados obtenidos de los datos de la cuenca, terreno, análisis multitemporal realizado mediante el índice de humedad vegetal (IHUMV) en el periodo de 19 años y la vulnerabilidad definida por la pendiente del decremento (IDT) del mismo índice, permiten explicitar las siguientes conclusiones:

- a) El humedal depende de los acuíferos que surgen en las zonas bajas de la cuenca, siendo la Zona 2 del humedal la de mayor vulnerabilidad por cuanto la superficie de la subcuenca, donde se ubica, es una superficie menor (4.296 hectáreas). La Zona 1 recibe las aguas que drenan de la Zona 2 y del resto de la cuenca (5.478 hectáreas).
  
- b) Los caudales medidos por la DGA en la quebrada Villalobos (parte baja) indican un comportamiento cíclico con una leve tendencia a disminuir entre los años 1996 y 2013, factor que no constituye una limitante para la Zona 1 del humedal, no así para la Zona 2, donde los caudales que se observaron en terreno son de menor cuantía y donde la vegetación de mayor vigor se encuentra asociada a dichos cursos de agua (Pajonal hídrico salino húmedo) y corresponde al 36,8% de la superficie, mientras que en la zona 1 representa el 54% de la superficie.

- c) La flora del humedal se encuentra representada por cinco familias que son: Juncaceae, Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae y Caryophyllacea. Se encontraron 35 formaciones vegetales de las cuales 25 corresponden a formaciones diferentes, en las que predominan los siguientes 4 tipos biológicos y coberturas: i) herbácea poco densa (H5), ii) herbácea clara (H4), iii) Herbácea muy escasa (H1) y iv) herbácea muy densa (H7).
- d) En cuanto a la diversidad de la vegetación, el tipo de formación 'Pajonal Hídrico Salino Seco' corresponde al de menor riqueza de especies ( $S=1$ ), diversidad de Shannon ( $H'=0.0$ ), diversidad de Simpson ( $1-\lambda=0.0$ ) y abundancia ( $N=12$ ), mientras que el 'Pajonal Hídrico Salino con Agua' se caracteriza por la mayor riqueza de especies ( $S=8$ ), diversidad de Shannon y Simpson ( $H'=1.36$  y  $1-\lambda=0.70$ ), menor equidad ( $J'=0.66$ ) y mayor abundancia ( $N=228$ ).
- e) La tendencia del comportamiento vegetacional obtenida mediante análisis multitemporal del índice IHUMV desde 1995 a 2013 indica que la Zona 1 tiene una tendencia estable, dentro de una variación que depende de la propia variación de los caudales de agua. La Zona 2 tiene una tendencia a aumentar, pero con una gradiente moderada.
- f) Los cambios en la superficie de la vegetación indican una pérdida de vegetación entre el año 2001 y el año 2012 poco significativa en ambas zonas, que es de 0,1 hectáreas en la zona 1 y 0,075 hectáreas en la zona 2.
- g) Finalmente, la vulnerabilidad del humedal da cuenta que la superficie total vulnerable en la actualidad es de 5,5 hectáreas, de las cuales 1,2 corresponden a la Zona 2 y 4,3 hectáreas a la Zona 1 del humedal, representando el 21% y 10,8% respectivamente respecto de las superficies totales de ambas zonas y el 12,1% respecto de la superficie total del humedal.

h) La configuración del sistema descrito se enmarca en un entorno de actividades mineras, de hecho la parte baja del humedal (Zona 1) es parte del área de influencia del proyecto Lobo Marte, de actividades de pastoreo, de extracción de agua y manejo del caudal (embalsamiento), todas las cuales constituyen una amenaza para el humedal, especialmente para la zona 1 que por tener mayor accesibilidad y mayor concentración de actividades se encuentra más expuesta.

## REFERENCIAS

CIREN, 2013. "Caracterización de humedales altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país". Condición ambiental y vulnerabilidad de humedales muestra III región atacama. Inf. final. 74p.

CPH y Asociados SA. Informe Integrado Hidrología e Hidrogeología - Andina Minerals. Modelo hidrogeológico Barros Negros – Ciénaga Redonda. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero Volcán. Capítulo 4 Evaluación de Impactos y Riesgos Ambientales.

GOLDER ASSOCIATES INC. Jun. 2011. Proyecto Reinicio Y Expansión Del Proyecto Lobo Marte. Línea Base Hidrogeológica e Hidrológica Lobo Marte y Modelo Hidrogeológico Ciénaga Redonda. Elaborado para KINROSS GOLD CORPORATION.

GOLDER ASSOCIATES INC. 2011. Modelo de Flujo Subterráneo- Lobo Marte. Elaborado para KINROSS GOLDCORPORATION.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ahumada, Mario. & Faúndez, Luis. División de Protección de Recursos Naturales Renovables (eds). Primera Edición. 118 p. Santiago, Chile.

SAG, 2006. Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales. Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. Chile. 81 pp.

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL. 2011. Calificación Ambiental "Proyecto de Prospección Minera Sierra La Sal " Resolución Exenta N° 037. Copiapó, 16 de Febrero.

AHUMADA, M. Y FAÚNDEZ, L. (2009). Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales Azonales Hídricos terrestres de la ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118 pp.

AHUMADA, M. Y FAÚNDEZ, L. (2007). Manual de Reconocimiento de Especies de especies de flora de las veranadas, Región de Coquimbo. División Protección de los Recursos Naturales Renovables. Servicio Agrícola y Ganadero. 146pp.

CASTRO, R. ALTAMIRANO, T. 2013. "Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo. Altiplano Región de Atacama". Inf. Final. SAG. DIPROREN.

CANFIELD, R. (1941). "Application of the Line Interception Method Sampling Range Vegetation". Forestry. 39: 388-349.

CEPEDA-PIZARRO, J., OYARZÚN, M Y NOVOA, J. (2004). El ambiente andino de la IV Región de Coquimbo. In: Cepeda PJ (ed) Ecología del paisaje de la Alta Montaña del Valle del Elqui: 12-26. Ediciones de la Universidad de la Serena. La Serena. Chile. 551 pp.

CEPEDA-PIZARRO, J. (2006). Geoecología de los Andes Desérticos: la alta Montaña del valle del Elqui. Ediciones Universidad de la Serena. La Serena. Chile. 551 pp.

CERECEDA, P., ERRÁZURIZ, A. Y OSSES, P. (2009). Atacama. Ocupación actual del desierto y del semidesierto de Chile. Estudios Geográficos. 70 (266): 41-77.

CIREN. (2013). "Caracterización de humedales altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector Norte del país". Flora y vegetación humedales muestra- regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Atacama. 36pp.

COCKAYNE, L. (1926). Tussock grassland investigation in New Zealand. En: Aims and Methods in the Study of Vegetation. AG Tansley and TF Chipp Eds. 349-61 pp.

CORONEL, J.S., DECLERCK, S., MALDONADO, M., OLLEVIER, F Y BRENDONCK, L. (2004). Temporary shallow pools in high-Andes 'bofedal' peat lands: a limnological characterization at different spatial scales. Journal Archives des Sciences, 57: 85-96.

CPH Y ASOCIADOS SA. Informe Integrado Hidrología e Hidrogeología - Andina Minerals. Modelo hidrogeológico Barros Negros – Ciénaga Redonda. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero Volcán. Capítulo 4 Evaluación de Impactos y Riesgos Ambientales

DI CASTRI, F & HAJEK, E.R. (1976). Bioclimatología de Chile. Imprenta-Editorial de la Universidad Católica de Chile. Santiago. 129 pp.

DU RIETZ, G.E. (1930). Classification and nomenclature of vegetation. Svensk bot. Tidskr. 24, 489.

ETIENNE, M & PRADO, C. (1982). Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Universidad de Chile, Ciencias Agrícolas N° 10. 120 pp.

GARCÍA, E. & BECK, S.G. (2006). Puna. Botánica Económica de los Andes Centrales: 51-76.

GNR. (2010). Gestión en Recursos Naturales. Web: <http://www.grn.cl/carta-de-ocupacion-de-tierras-cot.html>.

GOLDER ASSOCIATES INC. Jun 2011. Proyecto Reinicio Y Expansión Del Proyecto Lobo Marte. Línea Base Hidrogeológica e Hidrológica Lobo Marte y

Modelo Hidrogeológico Ciénaga Redonda. Elaborado para KINROSS GOLD CORPORATION.

GOLDER ASSOCIATES INC. 2011. Modelo de Flujo Subterráneo- Lobo Marte. Elaborado para KINROSS GOLD CORPORATION.

LONG, G.A., POISSONET, P.S., POISSONET, J.A., DAGET, P.M. Y GODRON, M.P. (1972). Improved needle point frames for exact line transects. *Journal of Range Management*. 228-229.

MATTEUCCI, D.S. Y COLMA, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. 168 pp.

MOSTACEDO, B. Y FREDERICKSEN, T. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Editora El País. 92 pp.

MUELLER-DUMBOIS, D. Y ELLEMBERG, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley International Edition. New York, USA. 547 pp.

PIELOU, E. (1975). *Ecological diversity*. New York: John Wiley. 165 pp.

POISSONET, P.S., POISSONET, J.A., POISSONET, M.P., GODRON, M.P. Y LONG, G. (1973). A comparison of sampling methods in dense herbaceous pasture. *Journal of Range Management*. 26 (1): 65-67.

POORE, M.D.E. (1955). The use of phytosociological methods in ecological investigations: I. The Braun-Blanquet System. *The Journal of Ecology*, 43(1): 226-244.

RAMSAR CONVENTION Y CONTACT GROUP. (2008). Regional Strategy for the Conservation and Sustainable Use of High Andean Wetlands. Governments of Ecuador and Chile, CONDESAN and TNC-Chile.

ROIG, F.A. (1973). El Cuadro Fitosociológico en el Estudio de la Vegetación. Mendoza. Mimeografiado.

SAG, 2006. Conceptos y criterios para la evaluación ambiental de humedales. Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. Chile. 81 pp.

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL. 2011. Calificación Ambiental "Proyecto de Prospección Minera Sierra La Sal " Resolución Exenta N° 037. Copiapó, 16 de Febrero.

SHANNON, C. (1948). A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal. 27: 379–423.

SIMPSON, E. (1949). Measurement of diversity. Nature 163: 688.

SQUEO F.A., WARNER, B.G., ARAVENA, R. Y ESPINOZA, D. (2006). Bofedales: turberas de alta montaña de los Andes centrales. Revista Chilena de Historia Natural 79: 245-255.

ZULOAGA, F.O., MORRONE, O. Y BERGRANO, M.J. (EDS.). (2008a). Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay): Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledoneae. Vol. 1. Missouri Botanical Garden Press. 984 pp.

ZULOAGA, F.O., MORRONE, O. Y BERGRANO, M.J. (EDS.). (2008b). Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y

Uruguay): Dicotyledoneae: Acanthaceae - Fabaceae (Abarema - Schizolobium). Vol. 2. Missouri Botanical Garden Press. 1302 pp.

ZULOAGA, F.O., MORRONE, O. Y BERGRANO, M.J. (Eds.). Marticorena, C. & Marchesi, E. (Eds. Asos.). (2008c). Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay): Dicotyledoneae: Fabaceae (Senna - Zygia) - Zygophyllaceae. Vol. 3. Missouri Botanical Garden Press. 1062 pp.

VAN WAGNER, C.E. (1982). Practical aspects of the line intersect method. Petawawa National Forestry Institute Canadian Forestry Service Chalk River, Ontario, Canada.

WARNER, B.G., ARAVENA, R. Y SQUEO F. (2008). Peatlands on the Altiplano Plateau of the Central Andes. PEATLANDS International. 1:36-38.

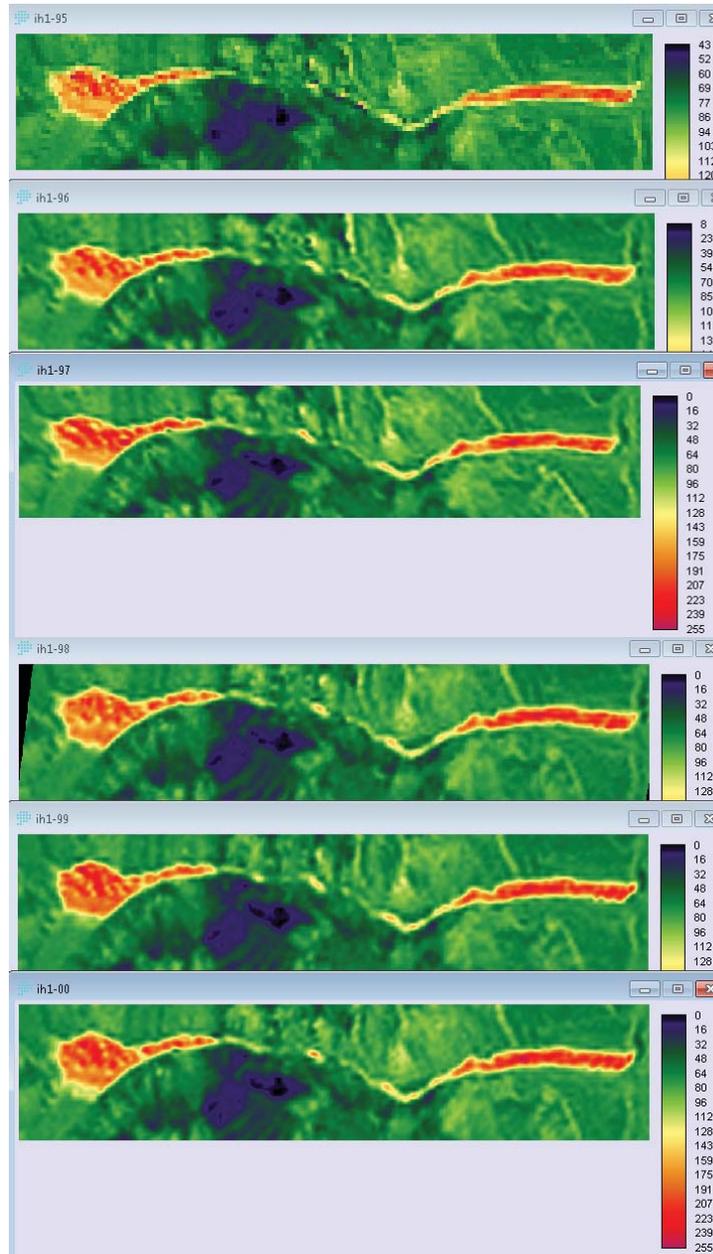
**Páginas web consultadas:**

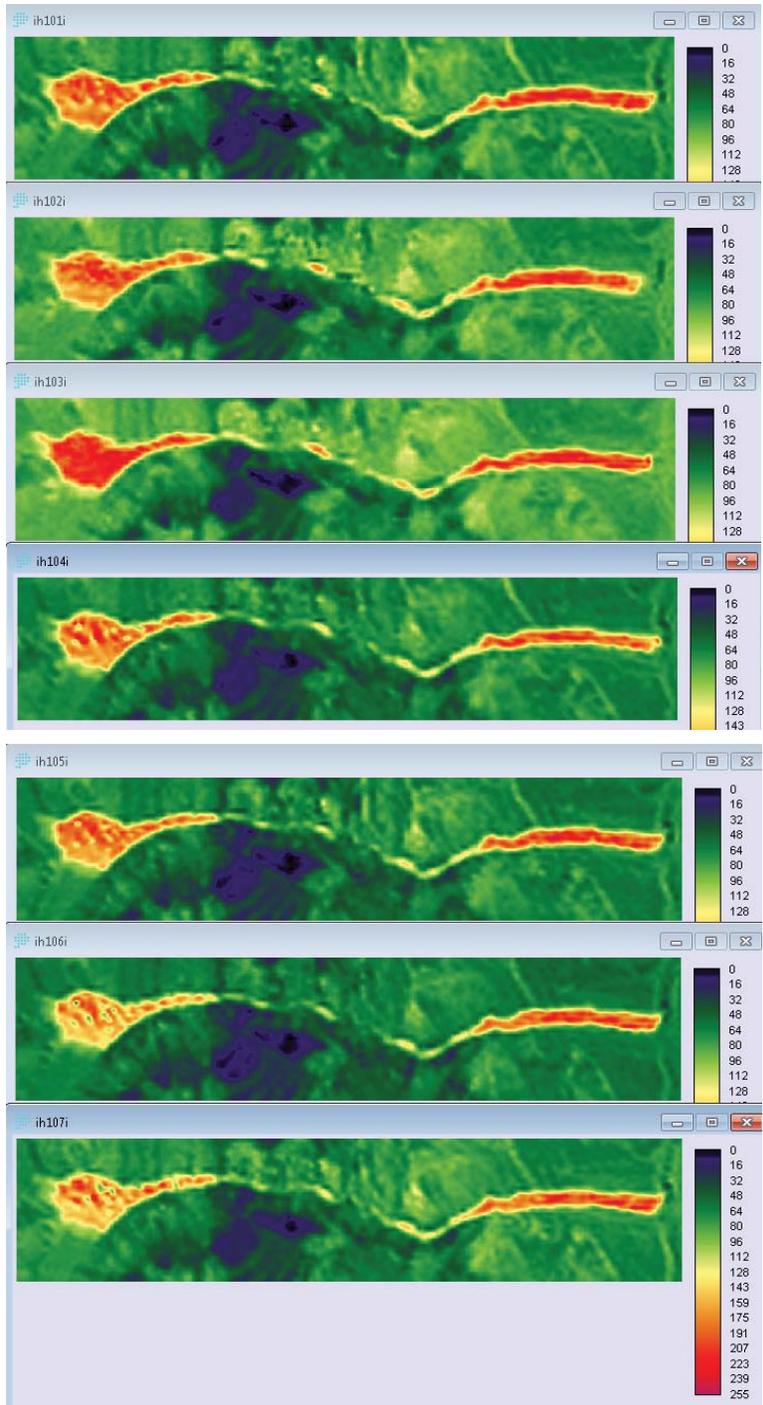
- <http://www.ramsar.org/>
- <http://www.iucn.org/>
- <http://www2.darwin.edu.ar/>  
<http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Especies.asp>
- <http://www.chileflora.com/> y <http://www.tropicos.org/>
- [http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/WebCiudadana\\_buquedaGrilla.aspx?especies=amenazadas](http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/WebCiudadana_buquedaGrilla.aspx?especies=amenazadas)
- <http://florachilena.cl/especies.php?id=3384>

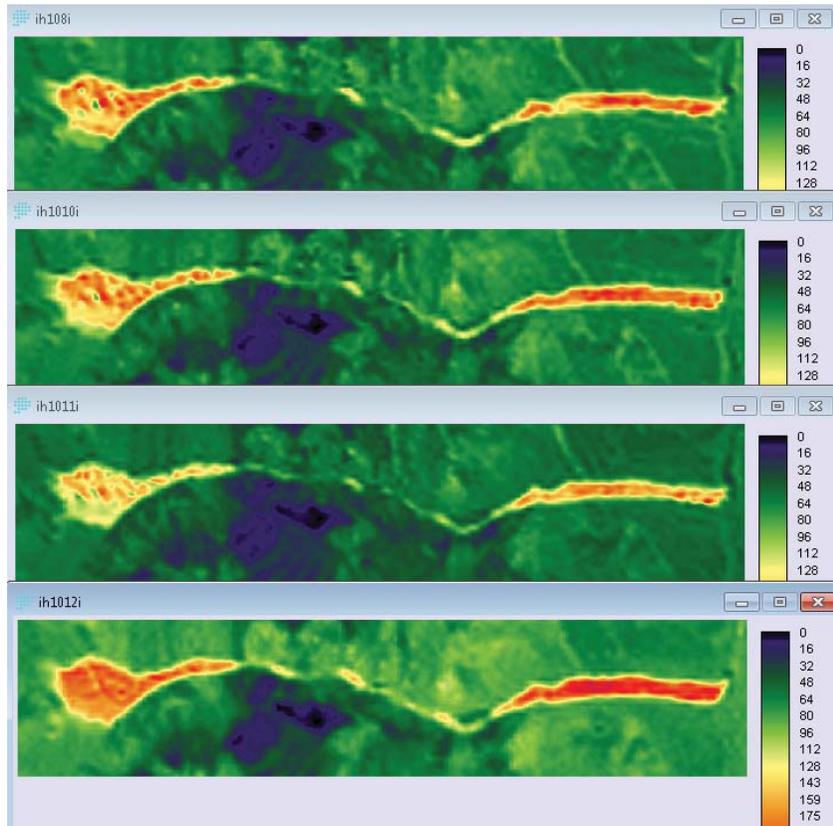
# ANEXO

## Anexo. Índices de humedad de la vegetación (IHUMV).

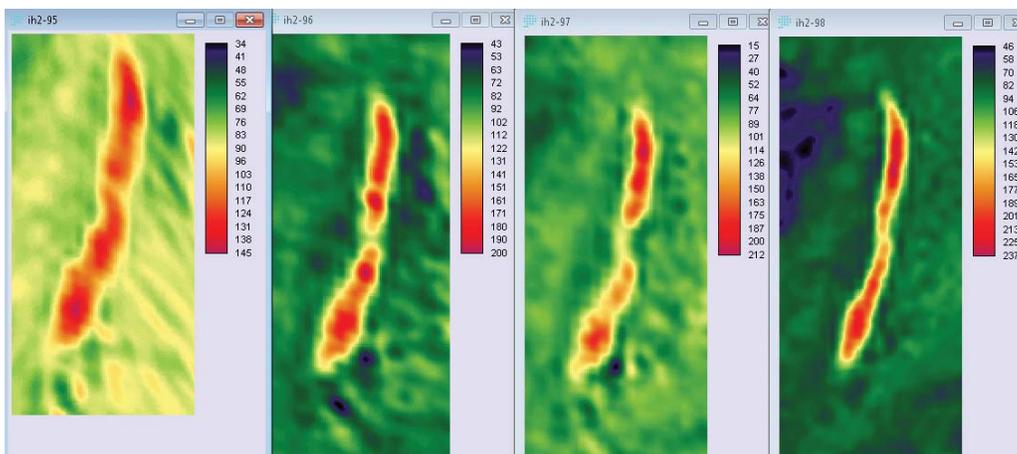
Zona 1.

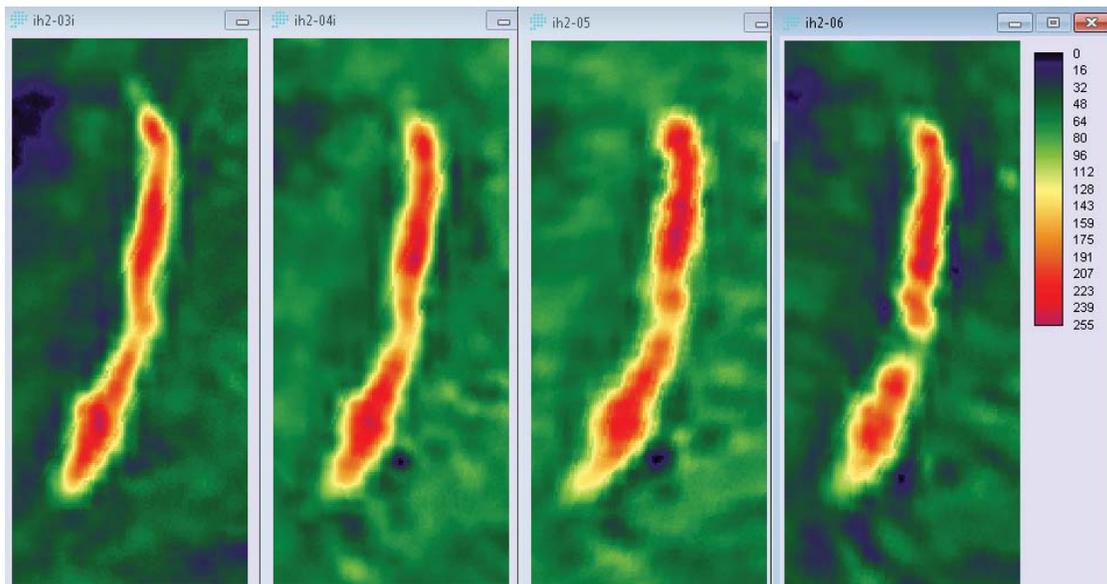
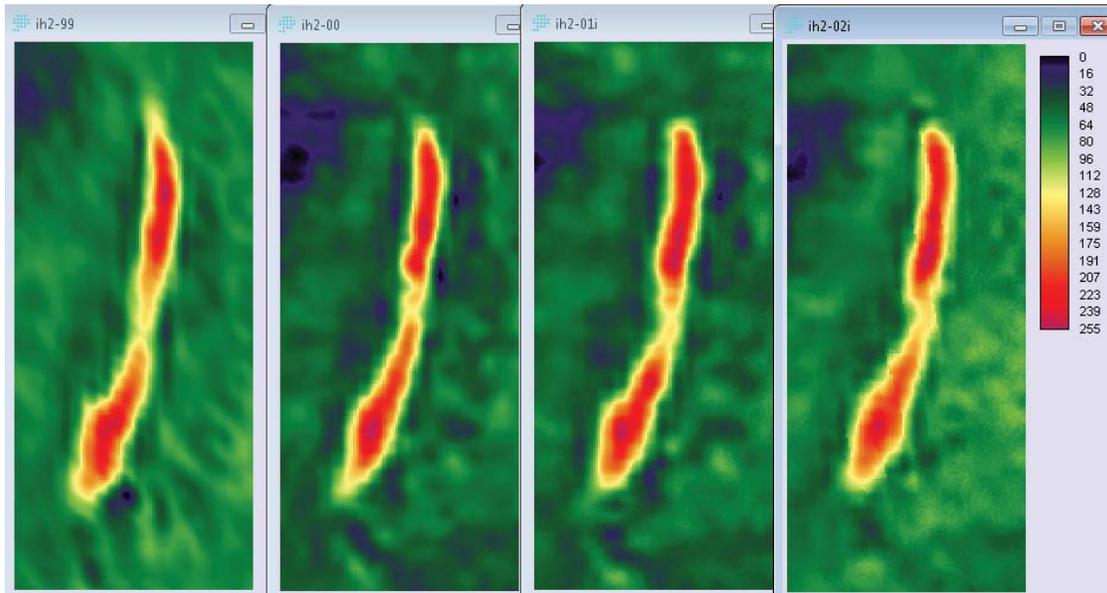


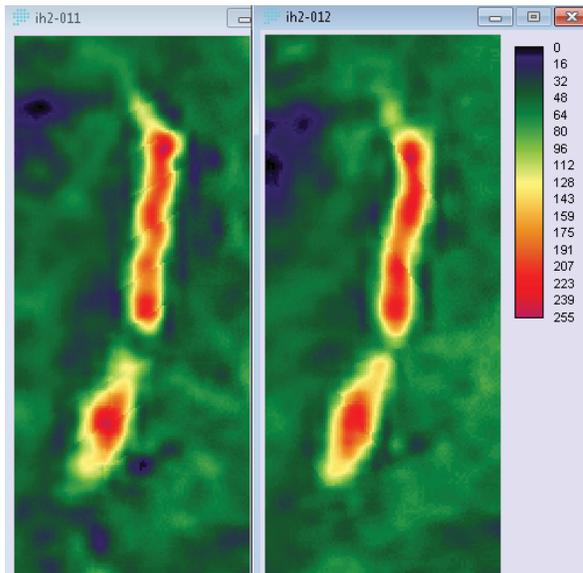
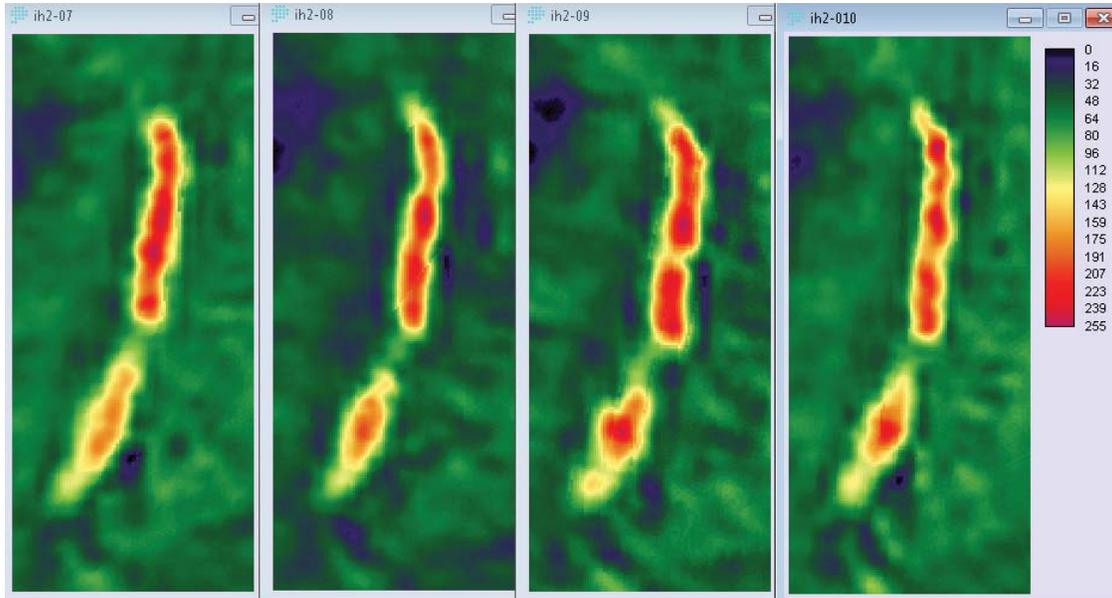




Zona 2







## Fichas de vegetación.

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV		Coordenadas		
Fecha:	12-11-2014	Este	494099	494125	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos		Norte	6988304	6988344
N° Polígono:	A2-7	Altitud	4117		
Ocurrencia de agua:	No observan cuerpos de agua superficial				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H1	<i>Deyeuxia velutina</i>	Herbáceo	5-25cm	8%	1
% de materia seca (rastrajo):	33%	N° Fotografía:	1 al 5		
Especies acompañantes					
<i>Deyeuxia eminens</i>					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color amarillo-blanco (sal)		Pendiente	
% suelo desnudo:	14%	pedras	0 %	materia org.	
Observaciones					
Pradera degradada y ramoneada, con presencia de fecas de guanaco en los bordes.					
Características Antrópicas					
Uso: Camino por el borde del humedal					
Fotografías de las especies dominantes					

<b>FICHA TERRENO</b>					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV	Coordenadas			
Fecha:	12-11-2014	Este	494169	494175	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	6988374	6988422	
N° Polígono:	A2-5	Altitud	4135	4131	
Ocurrencia de agua:	Espejos de agua intermitentes				
<b>Características Vegetacionales</b>					
<b>Formación vegetacional</b>	<b>Especies dominantes</b>	<b>Tipo</b>	<b>Altura</b>	<b>Cobertura</b>	<b>Fotografía</b>
H6	<i>Deyeuxia eminens</i>	Herbáceo	5-25cm	77%	1
H3	<i>Deyeuxia curvula</i>	Herbáceo	<5cm	13%	2
H1	<i>Oxycope andina</i>	Herbáceo	<5cm	2%	3
H1	<i>Carex gayana</i>	Herbáceo	<5cm	2%	4
% de materia seca (rastrajo):	2%	N° Fotografía:	6 al 20		
<b>Especies acompañantes</b>					
<i>Festuca desérticola</i>					
<b>Características de Suelo</b>					
<b>Formación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Color</b>	<b>Pendiente</b>		
% suelo desnudo:	0%	pedras amarillo-dorado	0 %	materia org.	4% 0%
<b>Observaciones</b>					
Pastizal en buenas condiciones, con presencia de sal en la superficie de todo el sector.					
<b>Características Antrópicas</b>					
Uso: Camino por el borde del humedal					
<b>Fotografías de las especies dominantes</b>					

FICHA TERRENO						
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino					
Visitado por:	RC-CV			Coordenadas		
Fecha:	12-11-2014	Este	494151	494180		
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos		Norte	6938463	6988501	
N° Polígono:	A2-6		Altitud	4133	4124	
Ocurrencia de agua:	Presencia de espejos de agua					
Características Vegetacionales						
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía	
H4	<i>Deyeuxia eminens</i>	Herbáceo	5-25cm	39%	1	
H4	<i>Deyeuxia velutina</i>	Herbáceo	5-25cm	39%	2	
H2	<i>Oxychpe andina</i>	Herbáceo	<5cm	6%	3	
H1	<i>Patosia clandestina</i>	Herbáceo	<5cm	2%	4	
% de materia seca (rastroj):	2%	N° Fotografía:		22 al 37		
Especies acompañantes						
<i>Festuca deserticola</i>						
Características de Suelo						
Formación	Tipo	Color verde-amarillo		Pendiente 9%		
% suelo desnudo:	0%	pedras	0 %	materia org.	2%	
Observaciones						
Pradera en buen estado, aunque ciertas zonas se encuentran ramoneadas. Presencia de fecas de guanaco (3%).						
Características Antrópicas						
Uso: Camino a metros del humedal						
Fotografías de las especies dominantes						

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV	Coordenadas			
Fecha:	12-11-2014	Este	494296	494307	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	6988821	6988870	
N° Polígono:	A2-1	Altitud	4125	4132	
Ocurrencia de agua:	Presencia de espejos de agua				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H5	<i>Deyeuxia velutina</i>	Herbáceo	5-25cm	56%	1
H1	<i>Deyeuxia curvula</i>	Herbáceo	<5cm	2%	2
H1	<i>Festuca deserticola</i>	Herbáceo	5-25cm	2%	3
% de materia seca (rastrojío):	25 a 30%	N° Fotografía:	30 al 52		
Especies acompañantes					
<i>Festuca deserticola</i>					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color		Pendiente	
		amarillo-dorado		7%	
% suelo desnudo:	2%	pedras	0 %	materia org.	2%
Observaciones					
Pradera bastante ramoneada con alrededor del 12% del sector cubierto por sales. Destacan algunas zonas con acumulación de materia orgánica. Presencia de huesos de guanaco.					
Características Antrópicas					
Uso: Borde del camino a 6m de distancia.					
Fotografías de las especies dominantes					
					

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV	Coordenadas			
Fecha:	13-11-2014	Este	494846	494799	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	6990661	6990658	
N° Polígono:	1-8	Altitud	4100	4102	
Ocurrencia de agua:	No se observan espejos de agua superficial (ni esteros)				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H1	<i>Deyeuxia velutina</i>	Herbáceo	<5cm	5%	1
% de materia seca (rastrajo):	1 al 2%	N° Fotografía:	53 al 57		
Especies acompañantes					
<i>Baccharis acaulis</i> , <i>Nastanthus</i> (coliflor de la cordillera)					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color	Pendiente		
		amarillo-blanco (sal)	2%		
% suelo desnudo:	47 a 90%	piedras	0 %	materia org.	2%
Observaciones					
Parcela degradada, con evidencia de ramoneo y vegetación bastante seca. Se aprecia en el sector afloramientos salinos (alrededor del 47%). No hay presencia de fecas.					
Características Antrópicas					
Uso: Borde del camino a 15m de distancia.					
Fotografías de las especies dominantes					
					

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV		Coordenadas		
Fecha:	13-11-2014	Este	494993	494974	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	6990726	6990772	
N° Polígono:	1-5	Altitud	4092	4099	
Ocurrencia de agua:	Presencia de espejos de agua congelados				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H6	<i>Deyeuxia velutina</i>	Herbáceo	5-25cm	76%	1
H3	<i>Deyeuxia curvula</i>	Herbáceo	<5cm	23%	2
H1	<i>Festuca deserticola</i>	Herbáceo	5-25cm	2%	3
% de materia seca (rastrajo):	0%	N° Fotografía:	58 al 72		
Especies acompañantes					
<i>Oxychloe andina</i> , <i>Nastanthus</i> (coliflor de la cordillera)					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color amarillo-dorado		Pendiente 7%	
% suelo desnudo:	0%	piedras	0%	materia org.	0%
Observaciones					
Pradera en buen estado con <i>Oxychloe andina</i> acompañando en color amarillo (spp. secas)					
Características Antrópicas					
Uso: Camino al borde de la parcela (a una distancia de 9m)					
Fotografías de las especies dominantes					
					

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV	Coordenadas			
Fecha:	13-11-2014	Este	494788	494742	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	6990752	6990731	
N° Polígono:	1-6	Altitud	4099	4100	
Ocurrencia de agua:	No se observa agua superficial				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H3	<i>Deyeuxia velutina</i>	Herbáceo	5-25cm	11%	1
H4	<i>Deyeuxia curvula</i>	Herbáceo	<5cm	33%	2
H1	<i>Festuca deserticola</i>	Herbáceo	5-25cm	2%	3
% de materia seca (rastrajo):	16 a 23%	N° Fotografía:	72 al 81		
Especies acompañantes					
<i>Festuca deserticola</i>					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color	Pendiente		
		amarillo-blanco (sales)	1%		
% suelo desnudo:	7%	pedras	0 %	materia org.	1%
Observaciones					
Se observa la parcela ramoneada y con vegetación ya seca. Esta zona corresponde al área de transición entre la zona abierta o degradada con el pajonal menos intervenido (zona intermedia). Alto porcentaje de afloramientos salinos (alrededor de un 25 a 40%). Presencia de fecas (al parecer de zorro).					
Características Antrópicas					
Uso: Camino al borde de la parcela (a una distancia de 9m)					
Fotografías de las especies dominantes					
					

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV	Coordenadas			
Fecha:	13-11-2014	Este	494851	494804	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	6991033	6991047	
N° Polígono:	1-9	Altitud	4102	4104	
Ocurrencia de agua:	Espejos/ojos de agua superficial congelados.				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H3	<i>Deyeuxia eminens</i>	Herbáceo	5-25cm	17%	1
H5	<i>Deyeuxia curvula</i>	Herbáceo	<5cm	52%	2
H2	<i>Baccharis acaulis</i>	Herbáceo	<5cm	6%	3
% de materia seca (rastrojo):	19%	N° Fotografía:	82 al 104		
Especies acompañantes					
<i>Festuca deserticola, Carex gayana, Patosia clandestina</i>					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color amarillo-dorado/verde		Pendiente 2%	
% suelo desnudo:	7%	piedras	0 %	materia org.	2%
Observaciones					
Se observan en la parcela afloramientos salinos (alrededor de un 6%). Gran cantidad de fecas (cotines de guanacos y al parecer también fecas de zorros).					
Características Antrópicas					
Uso:					
Fotografías de las especies dominantes					
					

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV		Coordenadas		
Fecha:	13-11-2014	Este	495615	495615	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	6991020	6990969	
N° Polígono:	1-10	Altitud	4099		
Ocurrencia de agua:	Estero y espejos de agua superficial (con vegetación acuática)				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H5	<i>Deyeuxia eminens</i>	Herbáceo	5-25cm	53%	1
H3	<i>Deyeuxia curvula</i>	Herbáceo	<5cm	21%	2
H1	<i>Deyeuxia velutina</i>	Herbáceo	5-25cm	4%	3
H2	<i>Festuca deserticola</i>	Herbáceo	5-25cm	7%	4
H1	<i>Arenaria rivularis</i>	Herbáceo	<5cm	4%	5
% de materia seca (rastrajo):	4%	N° Fotografía:	105 al 131		
Especies acompañantes					
<i>Oxychloe andina</i> , musgo					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color		Pendiente	
		amarillo-dorado/verde			
% suelo desnudo:	0%	pedras	0 %	materia org.	0%
Observaciones					
Pradera con vegetación seca y evidencia de ramoneo, probablemente por guanacos (se infiere a partir de la gran cantidad de crotines o fecas). Se observa alrededor de un 6% de afloramientos salinos. El ancho del humedal en este sector supera por poco el tamaño de la huincha (aproximadamente 52m).					
Características Antrópicas					
Uso: Presencia de camino a 2m. del humedal.					
Fotografías de las especies dominantes					
					

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Bofedal				
Visitado por:	RC-CV		Coordenadas		
Fecha:	13-11-2014	Este	496980	496935	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	6990670	6990686	
N° Polígono:	1-11	Altitud	4059	4068	
Ocurrencia de agua:	Espejos de agua superficial				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H4	<i>Oxychloe andina</i>	Herbáceo	<5cm	42%	1
H3	<i>Deyeuxia eminens</i>	Herbáceo	5-25cm	24%	2
H3	<i>Deyeuxia curvula</i>	Herbáceo	<5cm	10%	3
H1	<i>Carex gayana</i>	Herbáceo	<5cm	3%	4
% de materia seca (rastrojo):	2 a 3%	N° Fotografía:	132 al 147		
Especies acompañantes					
<i>Patosia clandestina, Carex gayana</i>					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color verde-amarillo		Pendiente 9%	
% suelo desnudo:	1%	piedras		0 %	materia org. 6%
Observaciones					
Bofedal con alto porcentaje de cojines de <i>Oxychloe andina</i> inmersos en una matriz abundante de agua. El bajo porcentaje de pradera presente en la matriz (parches) se encuentran con evidencia de ramoneo. Presencia de guanaco <i>in situ</i> , debido a defecaderos a metros de la parcela (guanera con alto porcentaje de crotin). Afloramientos salinos en bajo porcentaje (alrededor de un 5%).					
Características Antrópicas					
Uso: Presencia de camino a 20m. del humedal.					
Fotografías de las especies dominantes					

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Pajonal hídrico salino				
Visitado por:	RC-CV		Coordenadas		
Fecha:	13-11-2014	Este	497473	497465	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos		Norte	6990805	6990828
N° Polígono:	1-2		Altitud	4034	4043
Ocurrencia de agua:	Espejos de agua superficial				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H6	<i>Deyeuxia eminens</i>	Herbáceo	5-25cm	81%	1
H2	<i>Deyeuxia velutina</i>	Herbáceo	5-25cm	7%	2
% de materia seca (rastrojo):	—		N° Fotografía:	148 al 159	
Especies acompañantes					
<i>Deyeuxia velutina</i>					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color	Pendiente		
		verde-amarillo dorado	9%		
% suelo desnudo:	—		0 %	materia org.	—
Observaciones					
Transecto de 25m, debido al aumento del caudal hacia la zona centro del humedal lo que no permite el acceso caminando. Corral (y al parecer pozo) a metros de la parcela.					
Características Antrópicas					
Uso: el humedal está en contacto directo con el camino. Sobre este mismo, y parte del humedal se evidencia la instalación de un sistema de extracción de agua, debido a la presencia de mangueras y tubos de PVC (bajo y sobre sectores de la unidad).					
Fotografías de las especies dominantes					
					

FICHA TERRENO					
Nombre Pajonal/bofedal:	Bofedal				
Visitado por:	RC-CV				
Fecha:	13-11-2014	Este		Coordenadas	
Nombre del sector o lugar:	Humedal Quebrada Villalobos	Norte	497473	497465	
N° Polígono:	1-1	Altitud	6990805	6990828	
Ocurrencia de agua:	Agua superficial casi en la totalidad del bofedal (alredor del 50% o superior)				
Características Vegetacionales					
Formación vegetacional	Especies dominantes	Tipo	Altura	Cobertura	Fotografía
H4	<i>Deyeuxia eminens</i>	Herbáceo	5-25cm	40%	1
H3	<i>Oxychloe andina</i>	Herbáceo	<5cm	20%	2
% de materia seca (rastrójo):	3%	N° Fotografía:	148 al 159		
Especies acompañantes					
<i>Deyeuxia velutina</i> , <i>Patosia clandestina</i> , musgo					
Características de Suelo					
Formación	Tipo	Color verde-amarillo	Pendiente 9%		
% suelo desnudo:	0%	piedras	0 %	materia org.	1%
Observaciones					
Formación con alto porcentaje de cojines ( <i>Oxychloe andina</i> ) característicos de bofedal. Alrededor del 50% del sector del humedal corresponde a agua superficiales profundas que aumentan de caudal hacia el centro, por lo que se evaluó la vegetación mediante una parcela de 5x5 (25m2) Esto conlleva a la acumulación de un alto porcentaje de materia orgánica. El aumento de caudal hacia el centro no permite el acceso hacia la zona media de la unidad. No se encontraron fecas en los bordes o sectores menos húmedos, pero si la presencia de una gran cantidad de aves entre ellas patos, flamencos, gaviota andina, etc.-					
Características Antrópicas					
Uso: Camino a 1m., del sector del humedal					
Fotografías de las especies dominantes					
					