



# PLAN DE MANEJO DE HUMEDALES ALTOANDINOS



## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>UBICACIÓN DE LAS QUEBRADAS INVOLUCRADAS EN EL PLAN .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LA VEGA CASERONES.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2</b>	<b>Características Físicas .....</b>	<b>8</b>
<b>4.3</b>	<b>Características Vegetacionales.....</b>	<b>12</b>
4.3.1	Fase de Cojines Duros .....	13
4.3.2	Fase de Cojines Blandos .....	14
4.3.3	Superficies y Coberturas.....	15
<b>4.4</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LA QUEBRADA DE LA OLLITA.....</b>	<b>17</b>
<b>4.5</b>	<b>Características Físicas .....</b>	<b>18</b>
<b>4.6</b>	<b>Características Vegetacionales.....</b>	<b>21</b>
4.6.1	Vega Altoandina de <i>Oxychloe andina</i> – <i>Festuca hypsophylla</i> – <i>Carex gayana</i> .....	24
4.6.2	Vega Altoandina de <i>Carex gayana</i> – <i>Eleocharis albibracteata</i> .....	26
<b>5.</b>	<b>MANEJO DE HUMEDALES ALTOANDINOS.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Plan de Relocalización Vega de Caserones.....</b>	<b>27</b>
5.1.1	Caracterización de Detalle .....	27
5.1.2	Adecuación del terreno .....	28
5.1.3	Traslado de la Vega .....	28
5.1.4	Seguimiento.....	32
<b>5.2</b>	<b>Medidas para la Protección de Humedales Altoandinos.....</b>	<b>33</b>
5.2.1	Caracterización del Área.....	35
5.2.2	Definición de Áreas de Riesgo .....	35
5.2.3	Relevamiento de Zonas .....	36
5.2.4	Subprograma de Relocalización de la Vega de Caserones .....	36
5.2.5	Subprograma de Recuperación de Sectores Degradados .....	36
5.2.6	Subprograma de Estudios de Regeneración y Propagación de Estepas .....	37
5.2.7	Subprograma de Estudios Sobre Dinámica de Humedales Altoandinos .....	37
5.2.8	Seguimiento.....	37

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	UBICACIÓN DE QUEBRADAS Y SITIOS.....	6
FIGURA 2	VISTA PANORÁMICA DE QUEBRADAS.....	7
FIGURA 3	PERFIL LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL QUEBRADA CASERONES (EN SECTOR VEGA).....	9
FIGURA 4	PERFIL TÍPICO DEL SUBSTRATO DE LA VEGA.....	10
FIGURA 5	SUBSTRATO SUB-SUPERFICIAL VEGA CASERONES.....	11
FIGURA 6	ESTRUCTURA O “FASES” DE LA VEGA.....	13
FIGURA 7	FISONOMÍA DE LA FASE DE COJINES DUROS.....	14
FIGURA 8	FISONOMÍA DE LA FASE DE COJINES BLANDOS.....	15
FIGURA 9	PERFIL LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL QUEBRADA LA OLLITA	19
FIGURA 10	SUSTRATO SUPERFICIAL SITIO DE RELOCALIZACIÓN .....	20
FIGURA 11	FORMACIÓN VEGETAL EN RIBERAS QUEBRADA LA OLLITA	22
FIGURA 12	ESTEPAS ALTOANDINAS.....	23
FIGURA 13	VEGA ALTOANDINA DE OXYCHLOE ANDINA – FESTUCA HYPHOPYLLA -CAREX GAYANA .....	24
FIGURA 14	ASPECTOS PRINCIPALES DE VEGA ALTOANDINA DE OXYCHLOE ANDINA – FESTUCA HYPHOPYLLA -CAREX GAYANA.....	25
FIGURA 15	VEGAS ALTOANDINA DE CAREX GAYANA – ELEOCHARIS ALBIBRACTEATA.....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto Caserones, de Lumina Copper Chile, aprobado mediante resolución Exenta N° 013/10 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la III Región de Atacama contempla dentro de los planes de manejo de la vegetación y flora, –y como una medida destinada a compensar la alteración de una vega existente en la quebrada de Caserones–, un programa destinado a la relocalización de la misma en un área de condiciones similares.

La búsqueda y selección de esta área de relocalización ha permitido reconocer la existencia y la importancia de un sistema de humedales Altoandinos en la quebrada de La Ollita, la que se proyecta como un área con un potencial mucho mayor e integral que el de un simple sitio de relocalización.

El presente documento, entrega antecedentes relativos a las características de la vega a relocalizar (Quebrada Caserones), así como características de la Quebrada La Ollita y, dentro de ella, del sitio específico de relocalización y los pasos metodológicos a desarrollar de los que, una primera parte, ya ha sido efectuada y cuyos resultados forman parte de esta caracterización.

Para la elaboración del presente documento se ha considerado la experiencia desarrollada en Collahuasi, de manera de mejorar el diagnóstico, la confección y aplicación del plan de manejo de humedales.

## 2. OBJETIVOS

Como objetivo general se estipula el desarrollo de las medidas de compensación relacionadas con la vega Caserones, el que incluye el traslado del Bofedal de la Quebrada Caserones a la Quebrada La Ollita, mediante una relocalización sustentable.

En los capítulos siguientes se desarrollara los estudios realizados y la metodología a emplear para relocalizar el bofedal con éxito.

### 3. ANTECEDENTES GENERALES

De los actuales estudios realizados a las vegas de la Quebrada de Caserones y Quebrada La Ollita, topografía completa, estudio de suelos, humedad y salinidad se han presentado diferencias con respecto a los informes presentados en el EIA. Principalmente estas recaen en:

Superficie a relocalizar: De las conclusiones de la topografía, la vega de Caserones tiene una superficie de 7.737 m<sup>2</sup> de cojín blando y 1.626 m<sup>2</sup> de cojín duro, lo que da un total de 9.363 m<sup>2</sup> y no las 3.92 hectáreas. Esto se debe a que el informe original indicó áreas que carecen de vegetación y áreas con xerofíticas cómo áreas de vegas.

Los lugares para relocalizar la vega en la Quebrada La Ollita: Se encontraron áreas dentro de la quebrada La Ollita, que por sus características presentan mejores condiciones para asegurar la viabilidad del bofedal transplantado. El nuevo sitio elegido se encuentra aguas arriba de la vega existente en una superficie cercana al río que permite la relocalización en mejores condiciones de sustentabilidad

### 4. UBICACIÓN DE LAS QUEBRADAS INVOLUCRADAS EN EL PLAN

Los sitios involucrados en este plan de manejo de humedales Altoandinos son, entonces, la Quebrada Caserones y la Quebrada La Ollita, ambas, muy cercanas una de la otra, son afluentes del Río Ramadillas en su sector alto (Figura 1) y, administrativamente se ubican en la Comuna de Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó, Región de Atacama.

Ambas quebradas pertenecen a la misma unidad geomorfológica y geológica y, en el espacio, se encuentran separadas por solamente un cerro y biológicamente conectadas por las cumbres de origen de ambas y por el río Ramadillas (Figura 2).

Figura 1 Ubicación de Quebradas y Sitios

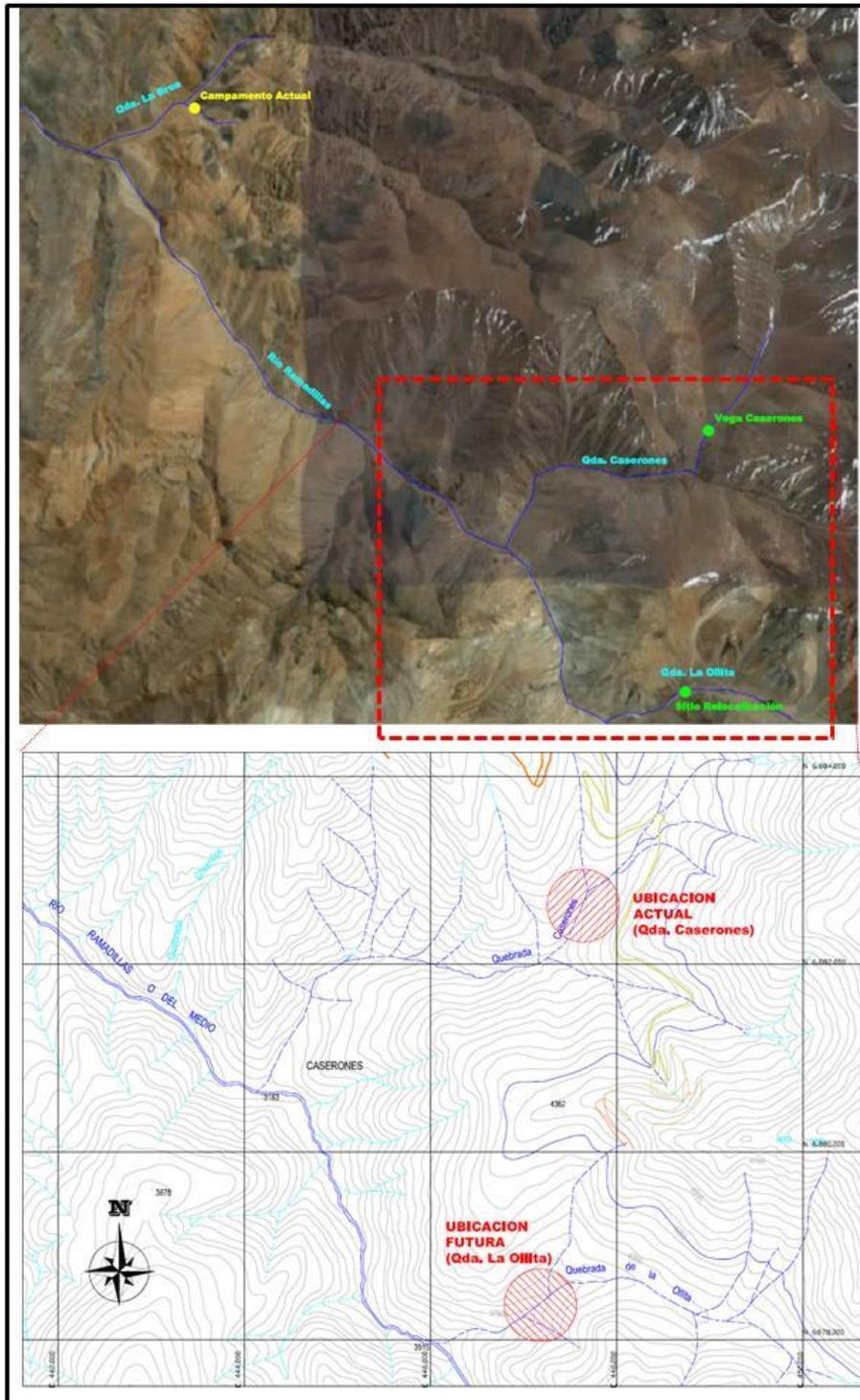
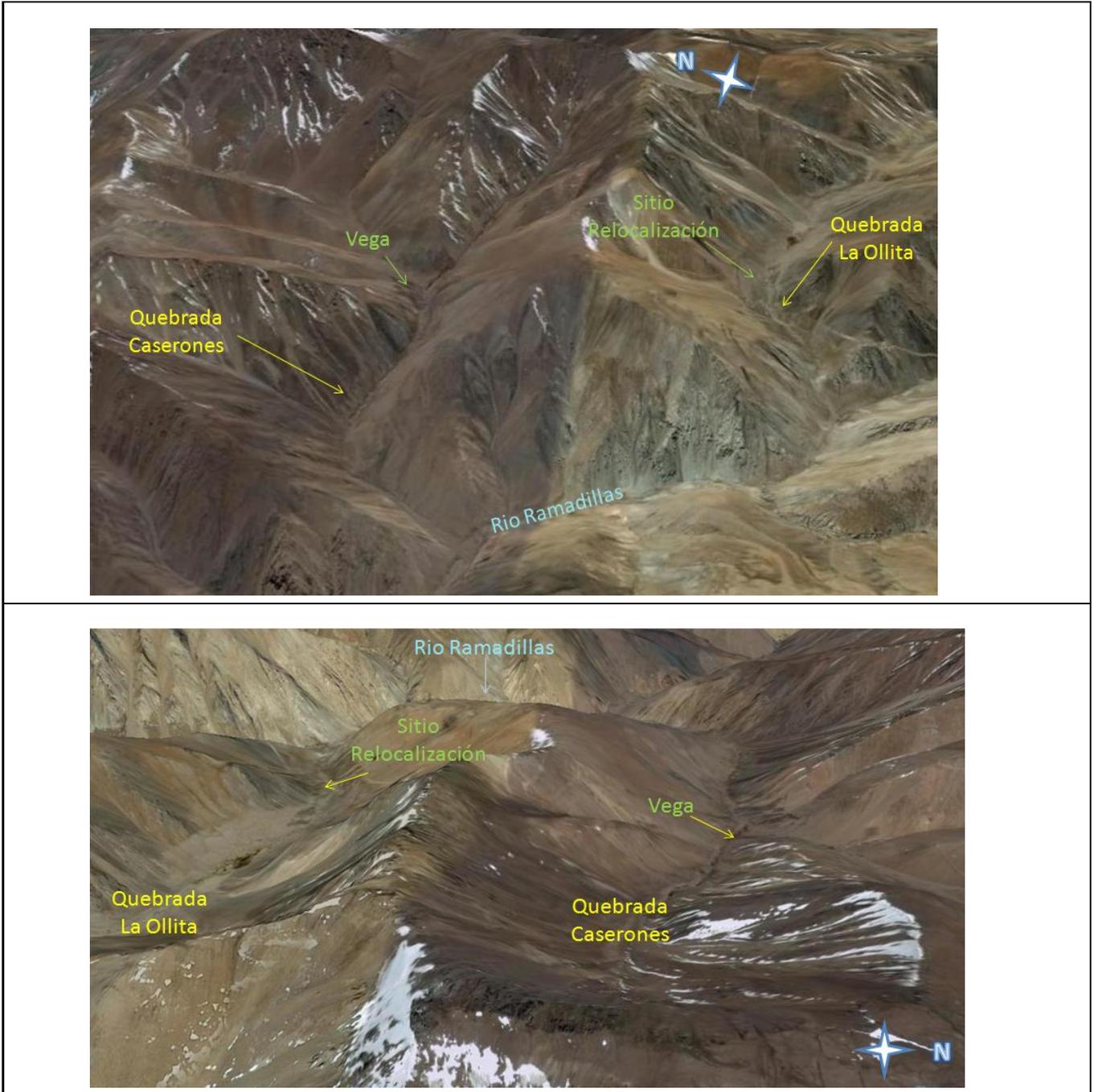


Figura 2 Vista Panorámica de Quebradas



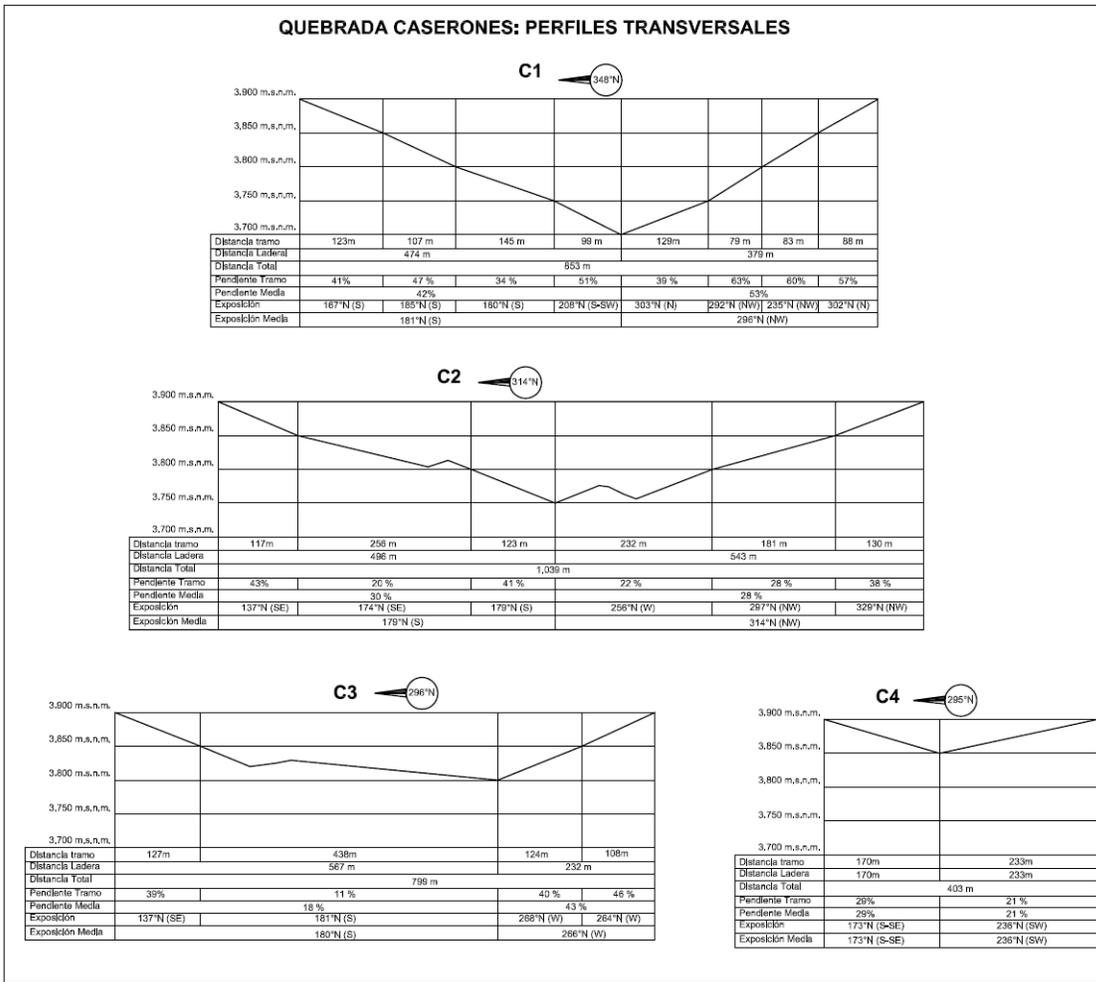
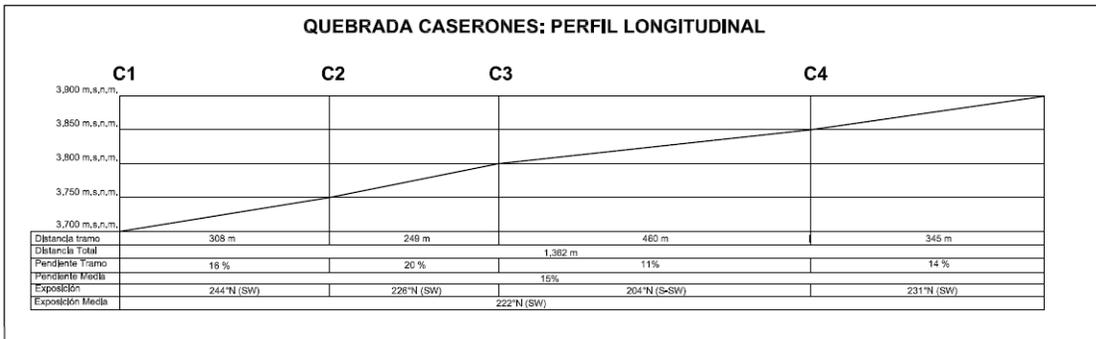
#### **4.1 Caracterización de la Vega Caserones**

#### **4.2 Características Físicas**

La vega de Caserones se ubica en el curso medio de la quebrada del mismo nombre entre los 3.700 y los 3.900 msnm. En este sector, la quebrada se presenta como un valle de laderas de pendientes medias a altas, con un fondo de quebrada con pendientes bajas a medias que se va estrechando –y consecuentemente aumentando en pendiente de laderas– en la medida que desciende. Presenta una dirección general NE-SW, con una pendiente media (en el eje) de 15%, con variaciones entre 11 y 20%. En Anexo N°1 se presenta un detalle de análisis de suelos y agua realizados en la vega Caserones.

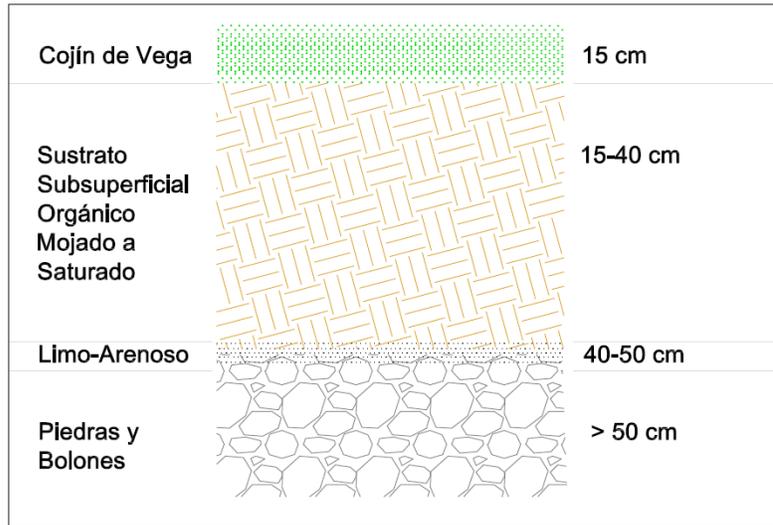
Como complemento a estas características, el plan contempló el levantamiento de topografía de detalle de la vega. Esta topografía se incluye en el Anexo N° 2.

**Figura 3 Perfil Longitudinal y Transversal Quebrada Caserones (en sector Vega)**



En términos de sustrato, la vega presenta una estratificación muy característica que, con variaciones en el nivel de saturación de agua, se repite en los distintos sectores o fases de la vega: Esto es que sobre un basamento de piedras y bolones (muy típico de las quebradas cordilleranas) se extiende una capa de textura franca (clara depositación de sedimentos del sistema de drenaje de las vegas) y sobre ella, constituyendo el cuerpo de la vega, una gruesa capa (de 20 a 40 cm) de material visiblemente orgánico compuesto de restos de raíces y tallos muertos y semi-descompuestos de las mismas especies de la vega. Sobre esta capa, y con una difusa línea de separación se desarrolla, la fracción fotosintéticamente activa de la vega (Figura 4)

**Figura 4 Perfil Típico del Sustrato de la Vega**



Desde el punto vista del plan de relocalización, el elemento relevante del perfil lo constituye el sustrato subsuperficial que es donde efectivamente se asienta la fracción activa de la formación. Este sustrato ha sido muestreado y enviado a laboratorio con el objeto de conocer en el mayor detalle posible su composición y valor nutricional. Ver Anexo N°1.

De cualquier forma, es bastante homogéneo de un punto a otro de la vega, siendo la principal diferencia de una fase a otra, el nivel de saturación de agua pues mientras en la fase de cojines duros es un sustrato húmedo o mojado, en la fase blanda es un sustrato saturado de agua (Figura 5).

**Figura 5 Substrato Sub-superficial Vega Caserones**



### 4.3 Características Vegetacionales

La vegetación del área de la vega es acompañada, en las laderas más bajas y de menor pendiente por formaciones de estepa Altoandina, de diferentes densidades, de *Adesmia hystrix* - *Adesmia aegiceras* - *Adesmia subterranea* - *Calceolaria pinifolia* - *Jarava chrysophylla*; para, en las laderas medias y elevadas desaparecer la vegetación dando paso a la fisonomía típica de las altas cumbres. La composición florística registrada en estas formaciones se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1 Composición florística Quebrada Caserones**

Especie	Formación Vegetal			
	Estepa Altoandina		Vega	
	Adesmia aegiceras - Adesmia subterranea - Jarava chrysophylla	Adesmia hystrix - Adesmia aegiceras - Adesmia subterranea - Calceolaria pinifolia - Jarava chrysophylla	Patosia clandestina - Oxychloe andina - Festuca hypsophylla - Carex gayana	Altas Cumbres
<i>Adesmia aegiceras</i>	D	D	R	R
<i>Adesmia echinus</i>	O	P		R
<i>Adesmia hystrix</i>	A	D	O	R
<i>Adesmia spuma</i>	O	O		
<i>Adesmia subterranea</i>	D	D	O	R
<i>Azorella madreporica</i>	R	R	P	
<i>Azorella monantha</i>	P	A	S	
<i>Calceolaria pinifolia</i>	P	C	S	
<i>Carex gayana</i>			C	
<i>Chaetanthera lanata</i>	O	O		
<i>Chaetanthera minuta</i>				
<i>Chaetanthera pulvinata</i>	R	R		
<i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>				R
<i>Chusqueira ulicina</i>		R		
<i>Ephedra breana</i>	O	R		
<i>Festuca hypsophylla</i>			C	

Especie	Formación Vegetal			
	Estepa Altoandina		Vega	
	Adesmia aegiceras - Adesmia subterranea - Jarava chrysophylla	Adesmia hystrix - Adesmia aegiceras - Adesmia subterranea - Calceolaria pinifolia - Jarava chrysophylla	Patosia clandestina - Oxychloe andina - Festuca hypsophylla - Carex gayana	Altas Cumbres
<i>Haplopappus baylahuen</i>		O		
<i>Hordeum comosum</i>			A	
<i>Jarava atacamensis</i>	A	A	P	R
<i>Jarava chrysophylla</i>	S	C	P	R
<i>Jarava frigida</i>	P	P	O	R
<i>Juncus stipulatus</i>			A	
<i>Junellia uniflora</i>	O	O		
<i>Menonvillea cuneata</i>		O		
<i>Mimulus depressus</i>			P	
<i>Nastanthus caespitosus</i>			O	
<i>Oxychloe andina</i>			D	
<i>Oxytheca dendroidea</i>		O		
<i>Patosia clandestina</i>			D	
<i>Perezia purpurata</i>			P	
<i>Ranunculus cymbalaria</i>			R	
<i>Senecio volckmanii</i>				R
<i>Viviania marifolia</i> Cav.	O	P		

D	Dominante
C	Codominante
S	Subdominante
A	Acompañante
P	Presente
O	Ocasional
R	Rara

La vega en cuestión, que ocupa un total de 0,93 ha, no se presenta como una superficie homogénea y continua en composición si no que, transversalmente, puede diferenciarse en dos secciones o fases: una fase de cojines duros y una fase cojines blandos y saturados. Ver Anexo N° 2.

En cierto modo, las fases de cojines constituyen el cuerpo mismo de la vega, pues el desagüe y, especialmente, las formaciones laterales constituyen elementos que, perfectamente, pueden asociarse a otro tipo de vegetación.

**Figura 6 Estructura o “Fases” de la Vega**



#### 4.3.1 Fase de Cojines Duros

Ubicado principalmente hacia el centro de la vega, o usualmente rodeado de las otras fases estructurales, se trata del elemento más singular de la misma.

Corresponde a una formación muy densa y baja, sin agua en superficie, formada por un tapiz o cojín muy apretado y punzante de *Patosia clandestina* y *Oxychloe andina*, que presenta un microrelieve irregular, que desarrolla sectores más bien planos donde se instala este cojín, promontorios donde al cojín se le asocia *Festuca hypsophylla* principalmente y oquedades, cuyos bordes se ven rodeados de musgo y en los que aparece agua estancada (Figura 7).

**Figura 7 Fisonomía de la Fase de Cojines Duros**



Esta fase ha desarrollado una suerte de sustrato delgado, barroso, oscuro, formado por una masa de raíces en proceso de descomposición y de alto contenido de materia orgánica de incipiente mineralización que actúa, entre otras cosas, como una esponja retenedora de agua. En estas condiciones, que requieren de cierta especialización, la riqueza específica es muy baja, siendo la fase estructural de menor diversidad (véase Tabla 1)

#### **4.3.2 Fase de Cojines Blandos**

Usualmente se desarrolla rodeando la fase de cojines duros, constituyendo una condición que puede ser definida como un herbazal denso dominado por gramíneas como *Jarava atacamensis*, *J. chrysophylla*, *Festuca hypsophylla* y *Hordeum comosum*, con la participación de *Carex gayana* entre otras (Véase Tabla 1).

Esta fase presenta el suelo completamente saturado de agua que, en algunos sectores fluye en forma abierta hacia los desagües de la vega (Figura 8).

**Figura 8 Fisonomía de la Fase de Cojines Blandos**



#### **4.3.3 Superficies y Coberturas**

A partir de observaciones de terreno y de la interpretación de fotografías aéreas es posible representar la ocupación del espacio horizontal (o cobertura) de cada una de estas fases. La Figura 9 presenta el plano de la vega diferenciando las diferentes fases en el espacio horizontal. La Tabla 2 indica la superficie ocupada por cada fase o subestructura.

**Tabla 2 Superficie de la Vega por Tipo Estructural y Composición**

Fase (Estructura)	Especies Dominantes	Superficie	
		ha	%
Cojines Duros	Oxychloe – Patosia - Festuca	0,16	17,02
Cojines Blandos	Jarava - Festuca - Hordeum	0,78	82,98
Total		0,94	100

Por otro lado, la participación relativa de las especies en términos de cobertura, evaluada a partir de los primeros muestreos de detalle, realizados en Noviembre de 2009, a través del método del *Point Quadrat* se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3 Participación Relativa (Cobertura) de Especies en Vega Caserones**

Espece	Cojín Duro	Cojín Blando
Carex gayana	2,9	3,6
Festuca hypsophylla*	16,5	
Hordeum comosum*	15,5	53,6
Jarava sp*	8,7	30,4
Juncus stipulatus	2,9	5,4
Oxychloe andina	41,7	
Patosia clandestina	8,7	
Sustrato Orgánico		5,4
Terreno desnudo	1,9	1,8
Rocas	1,0	

#### 4.3.4 Caracterización de la Quebrada de La Ollita

La selección de sitio de relocalización es fundamental para el éxito de proyecto. Para ello se han considerado factores tales como superficie disponible, topografía, cantidad y calidad de agua disponible y características del suelo.

La vega ubicada en Quebrada La Ollita es más grande que la vega de la Quebrada de Caserones. La topografía de Quebrada La Ollita es compleja, con diferentes fuentes y calidad de aguas.

La calidad de aguas en la parte alta del río es buena con concentraciones de sulfatos dentro de la norma de riego.

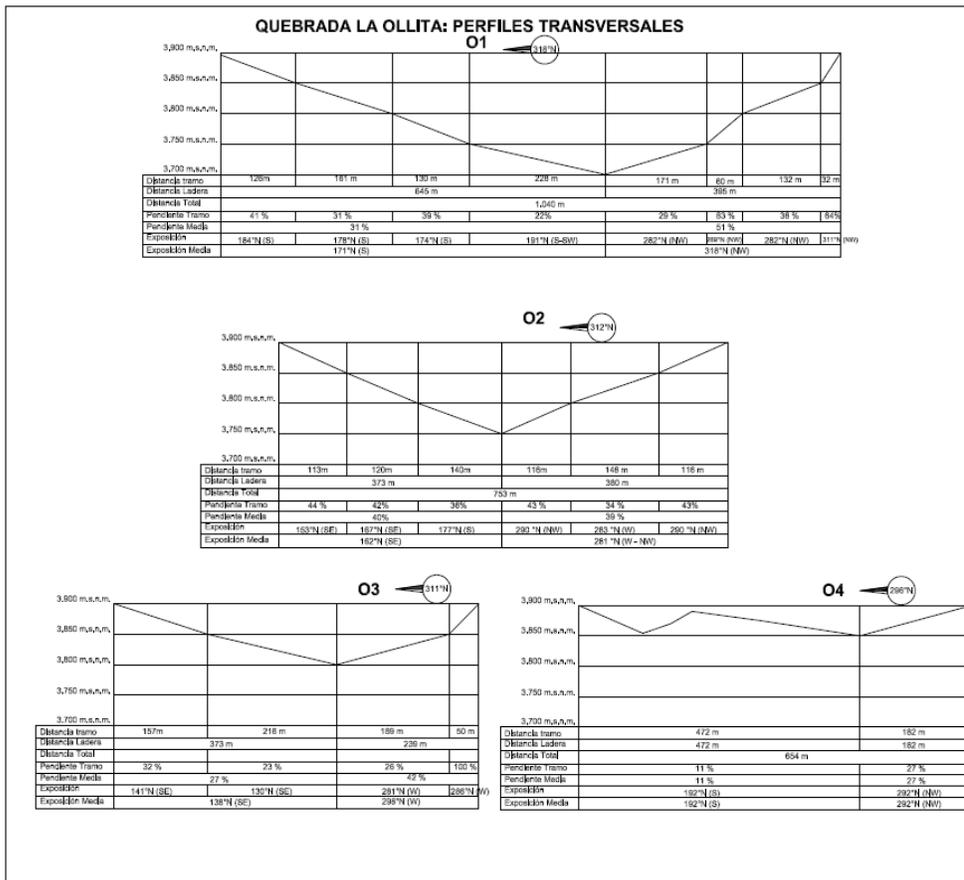
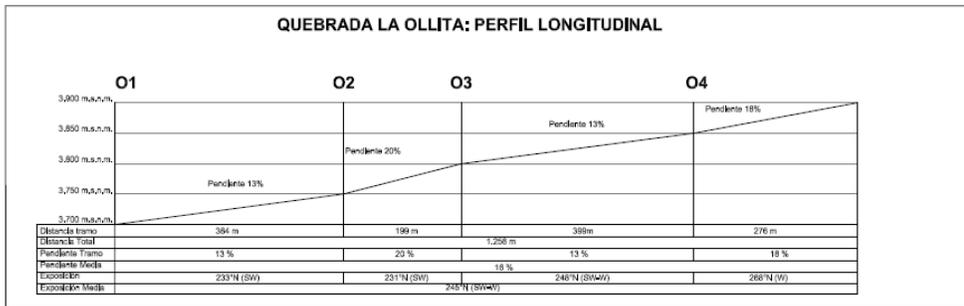
El área para la relocalización disponible en la quebrada de La Ollita está cubierta por piedras de tamaños variables y requiere intervención de maquinaria para mejorar el sitio de la relocalización.

#### **4.4 Características Físicas**

El análisis de calidad de aguas (en función de los parámetros de la NCh 1.333) se realizó en período estival y cumple la referida norma en todos sus parámetros.

En términos fisiográficos generales la Quebrada de La Ollita aun cuando es un poco más abierta que la Quebrada Caserones, presenta, en un mismo segmento de altitud (que es el escogido para relocalización), condiciones morfológicas muy similares a la Quebrada Caserones, principalmente en lo que se refiere a la pendiente media y la exposición (Figura 9).

**Figura 9 Perfil Longitudinal y Transversal Quebrada La Ollita**



Como complemento a estas características, el plan contempla en levantamiento de topografía de detalle de la vega, cuya ejecución se ha iniciado.

En términos de sustratos, la Quebrada de La Ollita presenta sustratos del mismo tipo que la quebrada Caserones, en lo que es un patrón típico de todas estas subcuencas cordilleranas.

El sector específico escogido para la relocalización –un sitio vinculado al eje de la quebrada y sin vegetación– presenta un sustrato de piedras y bolones (Figura 10), muy similar al sustrato basal de la vega de Caserones, siendo la micro topografía (especialmente la pendiente) junto con la profundidad de la napa subterránea y el patrón de drenaje, las causas de que no exista una vega en condiciones naturales.

**Figura 10**      **Sustrato Superficial Sitio de Relocalización**



#### 4.4.1 Características Vegetacionales

Desde el punto de vista biótico, la Quebrada la Ollita presenta características similares de vegetación de laderas, con Estepas dominadas con *Adesmia hystrix* en los piedemontes y terrenos descubiertos de media ladera hacia arriba. Asimismo, en el eje de la quebrada, y aguas arriba del sitio a ser utilizado para la relocalización presenta formaciones de vega Altoandina similares a las de la Quebrada Caserones. Aguas abajo del sitio se desarrollan otro tipo de formaciones de Vega, más similares a humedales de pisos altitudinales subandinos.

De acuerdo al levantamiento realizado se aprecia que la mayor superficie es ocupada –como es natural en tales pisos altitudinales– por terrenos sin vegetación, bajo la forma de Altas Cumbres y Regolitos, Afloramientos rocosos y, una fracción vinculada al cauce de la quebrada, desprovista de vegetación (esto es con coberturas inferiores al 5%) que es el sector elegido para la relocalización de la vega de Caserones.

Este sector en su mayoría se encuentra desprovisto de vegetación, y como ya ha sido dicho, presenta un sustrato superficial de piedras y bolones. Sin embargo, en los bordes del curso de agua presenta una estrecha formación vegetal de características similares a la fase de desagüe de la vega de Caserones, esto es una formación herbácea de *Jarava spp*, *Carex gayana*, *Juncus stipulatus*, *Mimulus depressus* y algunos ejemplares de *Azorella spp*. (Figura 11)

**Figura 11** Formación vegetal en riberas Quebrada La Ollita



La segunda forma de estructura más frecuente son las estepas Altoandinas que corresponde a una condición que se localiza inmediatamente por debajo de las altas cumbres, constituyendo el límite altitudinal de la vegetación.

Ocupando preferentemente laderas de pendientes moderadas a suaves y sobre sustratos con alta pedregosidad superficial, es una formación vegetal en la que la cobertura es discontinua y, con frecuencia, muy reducida, y cuya fisonomía esteparia está dada por dos (en ocasiones tres) estratos dominados por especies arbustivas de baja estatura y especies herbáceas principalmente cespitosas, dando, entonces, la fisonomía de estepa con que se le denomina.

La composición de estas estepas es bastante constante, con variaciones condicionadas principalmente por la altitud, exposición y posición topográfica. En el área se observan cuatro formaciones más o menos típicas: *Azorella monantha* – *Calceolaria pinifolia* (Figura 12a); *Azorella monantha* – *Azorella madreporica* – *Adesmia hystrix* (Figura 12b); *Adesmia hystrix* (Figura 12c); y *Adesmia hystrix* - *Calceolaria pinifolia* (Figura 12d).

**Figura 12 Estepas Altoandinas**

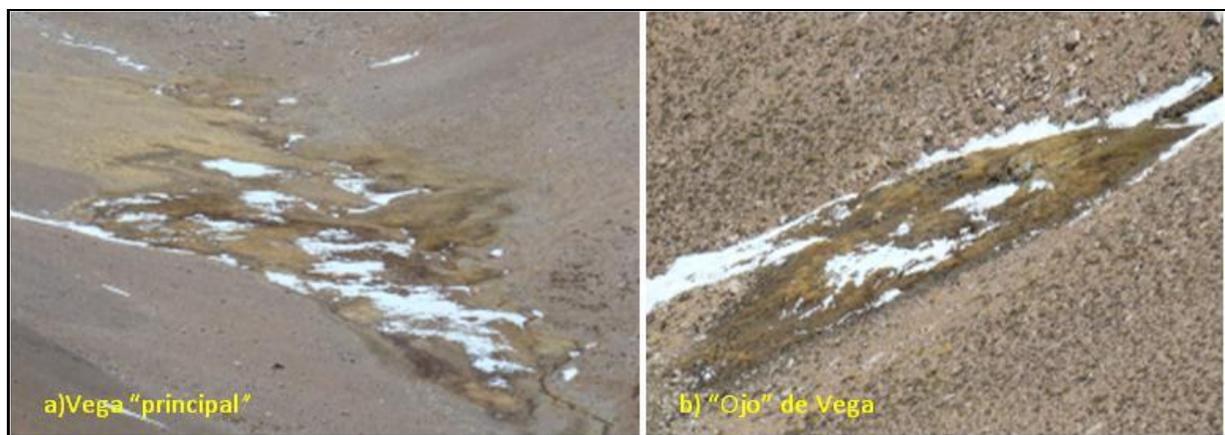
	
<p>a) <i>Azorella monantha</i> – <i>Calceolaria pinifolia</i></p>	<p>b) <i>Azorella monantha</i> – <i>Azorella madreporica</i> – <i>Adesmia histrix</i></p>
	
<p>c) <i>Adesmia histrix</i></p>	<p>d) <i>Adesmia histrix</i> – <i>Calceolaria pinifolia</i></p>

Las vegas, que se asocian directamente a afloramientos y cursos de aguas, se presentan en el área de dos formas.

#### 4.4.2 Vega Altoandina de *Oxychloe andina* – *Festuca hypsophylla* – *Carex gayana*

Esta vega presenta composición similar a la de la vega a ser relocalizada y se encuentra aguas arriba del sitio de relocalización (Figura 13a) y, de manera curiosa, en otra pequeña mancha en la ladera del cerro en lo que, claramente, corresponde a un afloramiento sin drenaje (Figura 13b).

**Figura 13 Vega Altoandina de *Oxychloe andina* – *Festuca hypsophylla* -*Carex gayana***



Esta vega que en su situación típica (Figura 13a) ocupa 6,5 hectáreas continuas representa una reserva importante tanto como elemento ecosistémico como hidrológico.

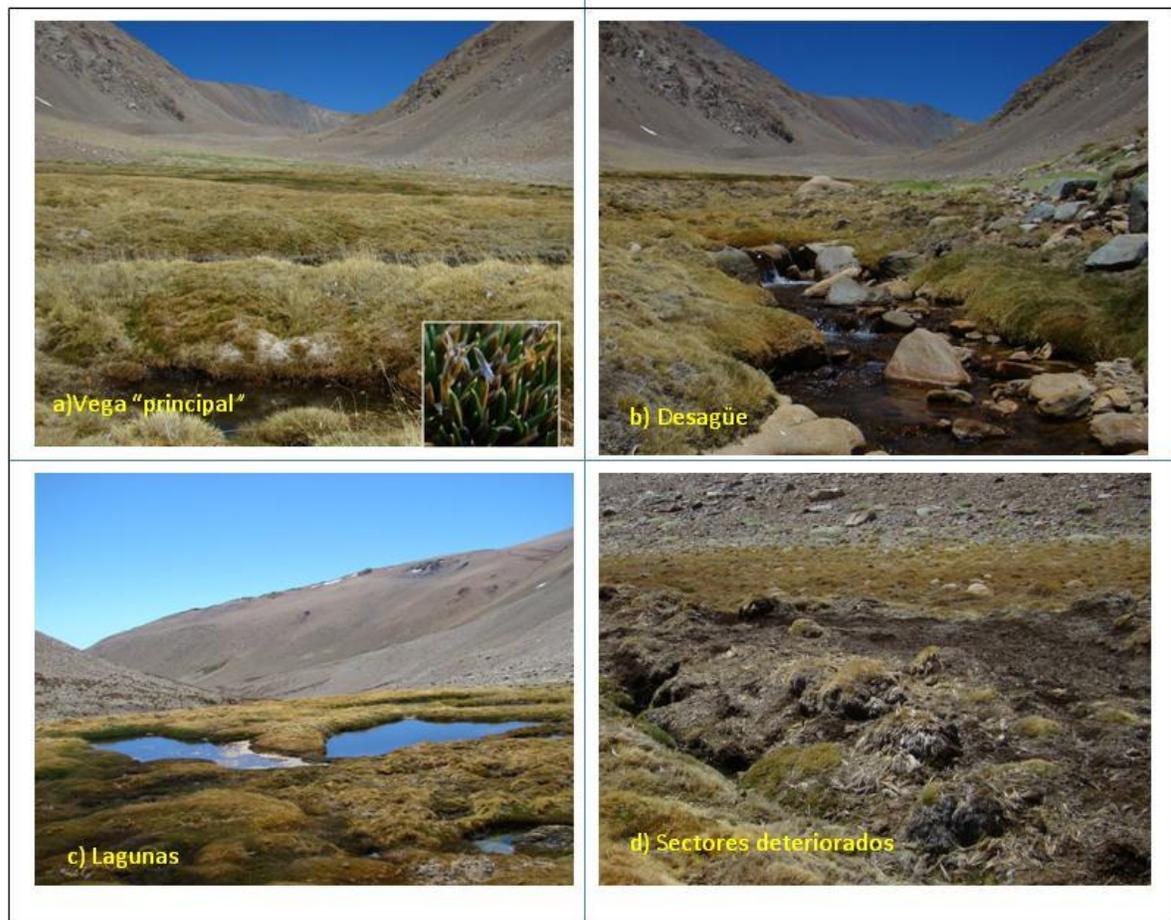
Estructuralmente no presenta una diferenciación clara en fases, sino que se presenta como una formación continua de cojines duros de *Oxychloe andina* y *Festuca hypsophylla* (Figura 14a), con poblaciones localizadas de *Carex gayana*, particularmente en aquellos sitios donde el cojín se presenta más saturado de agua y, consecuentemente, más blando.

Presenta un complejo patrón de drenaje que termina en el curso de agua principal de la quebrada que sirve de desagüe a la vega, y donde la vegetación se manifiesta con las características comunes de estos sistemas que ya fueran descritas anteriormente (Figura 14b).

Otro elemento característico de esta vega es la presencia de una serie de pequeñas lagunas (no presentes en Caserones) y que representan un elemento muy propio de las vegas y Bofedales Altoandinos (Figura 14c).

Dentro de esta extensa superficie se aprecian algunos sectores deteriorados en cuanto a cobertura vegetal que, por los elementos visibles, se atribuyen a actividades de ganadería (Figura 14d).

**Figura 14 Aspectos principales de Vega Altoandina de *Oxychloe andina* – *Festuca hypsophylla* -*Carex gayana***



#### 4.4.3 Vega Altoandina de *Carex gayana* – *Eleocharis albibracteata*

Esta otra forma de vega se ubica aguas abajo del camino y del área de relocalización y, aun cuando presenta una fisonomía de cojines estos no tienen la característica “punzante” y húmeda de las otras vegas del área. Presentando elementos florísticos más propios de pisos altitudinales subandinos es dominada principalmente por *Carex gayana* y *Eleocharis albibracteata* (Figura 15 a).con la participación, por sectores importante, de *Azorella madreporica* y, en los sectores de escurrimiento superficial, *Mimulus glabratus*

Esta vega se presenta fuertemente deteriorada, con sectores secos y con claras evidencias de pisoteo, así como la influencia del camino que la circunda por su parte superior (Figura 15d), incluyendo sectores completamente descubiertos (Figura 15 b).El plan de manejo de humedales considerará, en la medida que las condiciones edáficas y bióticas lo permitan, el mejoramiento y recuperación de esta situación.

**Figura 15** Vegas Altoandina de *Carex gayana* – *Eleocharis albibracteata*



## **5. MANEJO DE HUMEDALES ALTOANDINOS**

### **5.1 Plan de Relocalización Vega de Caserones**

En términos generales lo que se pretende relocalizar es la superficie de cojín blando y duro, pero además también se trasladará el sustrato subyacente al bofedal de manera de lograr las mejores condiciones para la plantación y su sustentabilidad

El Programa de relocalización contempla dos periodos, del 26 de abril hasta las primeras nevadas (se espera que sea hasta el final de Mayo) y una segunda etapa a partir del mes de septiembre para finalizar en Noviembre de 2010. La primera etapa servirá para afinar la metodología de transplante de manera de realizarla de forma más eficiente y de aumentar las probabilidades de éxito.

#### **5.1.1 Caracterización de Detalle**

La primera actividad del plan de relocalización se refiere a una caracterización de detalle de la vega, para ello se realizaron las siguientes acciones:

- Levantamiento topográfico de los límites de la vega y de las fases estructurales, lo que permitirá establecer la dimensión real de ella;
- Evaluación de detalle de la abundancia y cobertura de las especies de la vega por fase estructural;
- Análisis del patrón de drenaje de la vega; y
- Análisis químico y físico de los sustratos en cada fase estructural a partir de muestras tomadas con barrenos de suelos

Asimismo se realizó un levantamiento topográfico en la quebrada la Ollita en el área a relocalizar la vega.

Esta caracterización de detalle da origen a un informe, que se presenta en conjunto al presente documento, y la cartografía definitiva que formará parte de básica de la ejecución del plan y que será remitido a la autoridad para su conocimiento y comentarios.

### **5.1.2 Adecuación del terreno**

Como principio básico, primero debe estar preparado y listo el terreno que recibirá al bofedal en Quebrada Ollita.

El área de transplante será limpiada con excavadora y manualmente de piedras, posteriormente en el suelo saturado de humedad, se instalarán sensores entre 0-20 cm de profundidad con los cuales se medirán las condiciones para el transplante (mediante equipo TDR (Time Domain Reflectometry), Soil Moisture Corp USA).

No se iniciará la extracción de cojines del Bofedal de Caserones mientras el sitio a plantar no reúna las condiciones necesarias de humedad para recibir los cojines.

### **5.1.3 Traslado de la Vega**

#### **5.1.3.1 Preparación de la Vega de Caserones para el transplante**

Marcar el bofedal en cuadrantes tanto transversales como longitudinales considerando las zonas con la misma humedad y salinidad de acuerdo a la investigación realizada. Verificando las especies existentes en cada cuadrante de 1 x 2 m aproximadamente.

Se producirá un frente de trabajo desde aguas abajo del primer sector de la vega hacia los costados, esto con el fin de no intervenir los flujos de agua que circulan en la vega y producir un frente de trabajo

#### **5.1.3.2 Extracción de cojines**

El cojín blando se extraerá con cargador o similar y a mano, extrayendo áreas de 1 x 2 m y la primera capa de vega de 0,30 m, primero en el sentido transversal, de manera de producir un frente de trabajo que facilite la operación del cargador.

El cojín duro se extraerá también con cargador o similar y en capas de 0.30 m o más. Se evaluará en terreno si la condición de rocas o de saturación del suelo en el interior no lo permite. Si fuera el caso se extraerá manualmente.

El bofedal retirado será dispuesto en tolvas, procediendo a retirar el material orgánico disponible. Este será cargado directamente a las tolvas y transportado de inmediato a Quebrada La Ollita para su disposición en terreno, para disponer a continuación el bofedal.

### **5.1.3.3 Transporte de Cojines**

Cada transporte de champa de cojín tanto blando como duro se identificará con un manifiesto de transporte, donde se establecerá el sector de donde fue retirado, especies que lo componen, humedad del sector y posición en el bofedal.

Para el transporte se contará con tolvas, las champas serán cargadas ya sea directamente por el cargador o manualmente esto dependerá de la evaluación que se realice en terreno.

En caso que sea necesario las plantas serán cubiertas con malla raschel o material humectado para mantener la humedad.

La descarga de las plantas se efectuará levantando la tolva y el personal recibiendo las champas para trasladarlas a su posición de acuerdo al manifiesto de transporte.

#### **5.1.3.4 Plantación**

Se marcará el área de la plantación en cuadrantes, de igual forma que la vega de Caserones, de manera de plantar las champas en el sector previamente identificado, para mantener la distribución del bofedal original y considerar las condiciones de humedad que corresponden a cada asociación de especies.

Se agregará una capa de 0,10 m de espesor de materia orgánica en forma manual a todo el sector de plantación.

Sobre este material se efectuará la plantación sin dejar espacio entre champas, evitando el bloqueo del flujo de agua, esto con el objetivo de evitar el congelamiento del agua subyacente.

#### **5.1.3.5 Cerco y señalética**

El sector transplantado se protegerá con un cerco, para evitar el paso de animales y se instalará señalética que indique que es un área restringida.

#### **5.1.3.6 Georreferenciación**

Las áreas de transplante serán georreferenciadas.

#### **5.1.3.7 Recursos**

##### **5.1.3.7.1 Trabajadores**

Un supervisor de maquinaria y el personal

Diez trabajadores por turno, distribuidos entre Caserones y la Ollita

Dos consultores senior, especialistas medioambientales

Experto en Prevención de Riesgos

#### **5.1.3.7.2 Elementos de apoyo**

Dos comedores para terreno

Dos baños químicos

Agua potable y para lavarse las manos

Dos unidades de primeros auxilios

#### **5.1.3.7.3 Equipos de Protección Personal**

Zapatos

Casco

Lentes

Chaleco reflectante

Protectores de oídos tipo plug (tapón)

Guantes de cuero

Guantes de goma/latex

Ropa de abrigo

#### **5.1.3.7.4 Maquinaria**

Un Bulldozer para hacer los caminos de acercamiento

Excavadora para mejorar superficie del terreno para el transplante

Un cargador o retroexcavadora

Dos Camiones pluma o ampliroll, para las condiciones de montaña

Cuatro tolvas de 10 m<sup>3</sup> para transporte de cojines y sustrato

Camionetas para el transporte del personal y apoyo

#### **5.1.3.7.5 Herramientas**

6 carretillas concreteras

6 palas

6 chuzos

6 picotas

6 güalatos

6 rastrillos

2 Motosierras

Barreno

Repuestos (ruedas de respuestos, cadenas de motosierras)

Combustible

#### **5.1.4 Seguimiento**

Inicialmente se ha contemplado, como valor objetivo mínimo de cumplimiento, el establecimiento y arraigamiento de, al menos, un 50% de la superficie trasladada, en un plazo de 3 años, desde el inicio del plan de traslado. Este valor mínimo de 50% deberá mantener las proporciones relativas de cada una de las fases descritas (cojines duros, cojines blandos y desagüe) con un margen de variación del 10%.

En caso de no cumplir con este indicador, se realizará la propagación de plantas y plantación de las especies correspondientes a la vega relocalizada, de manera de completar el valor establecido.

Para ello se efectuaría colecta de semillas in situ y, en casos que corresponda, otras formas de propágulos. En esta eventual etapa se elaborará un protocolo de colecta, tratamiento y reproducción de propágulos de especies de la vega.

Este seguimiento se efectuará en forma mensual durante el primer año (cuando las condiciones meteorológicas lo permitan), semestral durante el segundo y tercer año y anual durante los años cuatro y cinco.

Los informes emanados de este seguimiento, así como de la actividad de transplante, serán remitidos a la autoridad ambiental correspondiente.

## 5.2 Medidas para la Protección de Humedales Altoandinos

Las campañas de caracterización de la Quebrada La Ollita han revelado que ésta presenta una alta relevancia desde el punto de vista de los ambientes Altoandinos, conteniendo formaciones de vega de diferentes composiciones y estructuras.

Así, en la parte más alta del eje de la Quebrada se desarrolla una extensa vega Altoandina dominada por *Patosia clandestina* (de aproximadamente 6,5 hectáreas), con un complejo sistema de drenaje que se resuelve en el curso de agua de la quebrada. Esta vega representa una muestra representativa de este tipo de formaciones tanto en extensión como en estructura y –a diferencia de la vega de Caserones– presenta una serie de pequeñas lagunas u “ojos” de agua que otorgan un atractivo adicional desde el punto de vista de la biodiversidad. No obstante, esta formación presenta algunos sectores alterados por usos de ganadería (véase Acápito 4.4.2).

Aguas abajo, se extiende un sector desprovisto de vegetación (salvo en los bordes directos del curso de agua donde se presenta una situación similar a la fase de desagüe de la Vega Caserones) y donde se realizaría la relocalización de la vega de Caserones, para lo cual se realizarán una serie de trabajos de corrección de pendiente y de acondicionamiento del sustrato.

Inmediatamente aguas debajo de este sector se desarrolla una larga y angosta vega, directamente asociada al curso de agua, y que aun cuando se ubica en

cotas altitudinales elevadas (3.800 msnm) alberga algunas especies más propias de humedales de zonas más bajas. Esta vega también presenta ciertas muestras de deterioro por las causas ya indicadas

Con estos antecedentes, Minera Lumina Copper Chile, propone que en este sitio, además de ser el sitio donde se efectúen las labores destinadas a la relocalización de la vega de Caserones, se implementen una serie de medidas de protección de los humedales altoandinos allí presentes.

Inicialmente se han fijado como límites de esta área un polígono que circunscribe las dos vegas existentes y el área destinada a la relocalización, en lo que representa un área de aproximadamente 45 hectáreas. Adicionalmente, a solicitud de la autoridad, se incorporarán las formaciones vegetales xerofíticas presentes en las laderas de la Q. La Ollita, dado que presentan una gran diversidad e importancia, y considerando que forman parte integral del ecosistema de la quebrada.

Para esta área se plantean las siguientes acciones básicas de manejo:

mantención bajo exclusión a la ganadería intensiva y otros usos extractivos;

programa de relocalización de la vega de Caserones;

desarrollo de un plan de contingencia en caso de incendios;

monitoreo anual permanente; y

desarrollo de investigaciones científicas sobre la estructura y dinámica de este tipo de humedales altoandinos y procedimientos de propagación de especies altoandinas, en base a lo cual se desarrollará un programa de recuperación o restauración de los sectores actualmente deteriorados por las actividades de ganadería;

Los programas de manejo detallados se elaborarán en consulta con la autoridad, centros de investigación y otros estamentos.

Teniendo presente que el sector que corresponde a la quebrada La Ollita se ubica al interior del predio Ramadillas del Norte, propiedad bajo el dominio de una comunidad hereditaria en que Minera Lumina Copper Chile posee más del 90% de los derechos proindivisos, se solicitará la designación de un administrador proindiviso para materializar la medida referida al establecimiento del área de exclusión.

## Programas de Manejo en el Área de La Ollita

A continuación se describen las actividades y programas de manejo que se compromete implementar en la quebrada La Ollita.

### 5.2.1 Caracterización del Área

Levantamiento detallado de las características bióticas del área, a través de la caracterización poblacional (densidad, cobertura, estratificación) de cada una de las formaciones vegetales encontradas, así como el levantamiento de la composición específica de cada una. Estas actividades, ya iniciadas incluyen:

Caracterización de la Cobertura por especie de la Vega de Caserones a través del método del *Point Quadrat*;

Caracterización del sustrato subsuperficial y basal de la vega de Caserones. Esta incluyó la toma de muestras para análisis de sus características físicas, químicas y biológicas en laboratorio concluyendo que no existen elementos fuera de norma ni presencia de elementos que puedan reducir la probabilidad de éxito de la relocalización;

Caracterización de la composición florística y vegetacional de la Quebrada La Ollita;

Caracterización del sustrato basal del sector específico de relocalización en la Quebrada La Ollita, que corresponde a un área sin vegetación y sin sustrato subsuperficial;

Mediciones de Caudal Instantáneo en diferentes puntos de ambas quebradas;

Toma de Muestras de Agua para análisis de las características físico-químicas de las aguas de ambas quebradas. Este concluyó que no existen elementos fuera de norma en ninguna de las dos quebradas.

### 5.2.2 Definición de Áreas de Riesgo

El área cartografiada en detalle, a partir de la caracterización antes indicada será sometida a un análisis de facilidades de acceso, combustibilidad, atractivo de pastoreo (oferta alimentaria) y otros, con lo que se definirá una escala de zonas

de riesgo para el cumplimiento de los objetivos del área. Esta definición de escalas de riesgo dará elementos para:

un programa diferenciado de esfuerzos de control y seguimiento;

la elaboración de un procedimiento de emergencia en caso de incendios.

### **5.2.3 Relevamiento de Zonas**

Aquellas zonas de máximo riesgo serán relevadas con la colocación de señalética y otras medidas de reforzamiento (pudiendo incluir el cercado directo en casos que sea necesario).

### **5.2.4 Subprograma de Relocalización de la Vega de Caserones**

Corresponde a la relocalización de la vega de Caserones a la quebrada La Ollita, la cual ha sido comprometida desde el EIA y fue detallada en el Anexo 5 de la Adenda N°2.

### **5.2.5 Subprograma de Recuperación de Sectores Degradados**

Este subprograma está destinado a conseguir el restablecimiento de las condiciones naturales de aquellos sectores de vega (en la Quebrada de la Ollita) que se encuentran deteriorados por distintas actividades humanas. Para ello se consideran las siguientes etapas básicas:

La localización y dimensionamiento de estos sectores, actividad que coincide con los resultados del punto 1.

Identificación de causas de deterioro y análisis de sustratos de la zona.

Registros Fenológicos.

Colecta de propágulos en sectores adyacentes (semillas, esquejes).

Estudios de germinación y propagación de propágulos.

Ensayos de plantación y repoblación en un segmento de las áreas deterioradas.

A partir del resultado de los ensayos anteriores se completará la restauración de las áreas deterioradas.

Seguimiento de estas medidas en función del grado de prendimiento y vitalidad de las áreas restauradas y cobertura real del área.

Divulgación de resultados.

### **5.2.6 Subprograma de Estudios de Regeneración y Propagación de Estepas**

Este subprograma está destinado a recoger información y generar conocimiento sobre la dinámica regenerativa y los procedimientos más adecuados de repoblación de este tipo de formaciones, que luego serán aplicados en los Planes de Trabajo para Formaciones Xerofíticas correspondientes.

Registros Fenológicos

Colecta de Propágulos en el área (semillas, esquejes)

Estudios de germinación y propagación de propágulos

Selección de sitios de ensayo (al interior del área)

Ensayos de plantación y repoblación

Seguimiento de los ensayos en función del grado de prendimiento y vitalidad de las áreas repobladas y cobertura real del área.

Divulgación de Resultados

### **5.2.7 Subprograma de Estudios Sobre Dinámica de Humedales Altoandinos**

Este subprograma busca la generación de conocimientos sobre la ecología y la dinámica regenerativa de este tipo de formaciones.

Para tal efecto se contempla, en un primer lugar, la revisión de antecedentes bibliográficos sobre el tema de manera de determinar el alcance de los estudios a realizar y, sobre ello, establecer los términos de referencia de el o los estudios específicos que, en un principio, se realizarían con el concurso de instituciones de investigación.

### **5.2.8 Seguimiento**

En forma independiente del seguimiento específico de cada subprograma, se contempla un programa de control y monitoreo (y durante la vida útil del proyecto) de elementos que son generales del área.

Para ello se considera:

La definición de una red de puntos de control de la composición, cobertura, grado y tipo de intervención (si la hubiese) y el control sistemático y periódico de esos puntos (anualmente).

Evaluación de la fauna presente

Evaluaciones (bienales durante la vida útil del proyecto) de Variación en Superficie de las distintas formaciones del área (particularmente vegas) por interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y/o mediciones topográficas.

Registros de caudal y análisis de calidad del agua en tres puntos del curso de agua (inmediatamente aguas debajo de la vega superior, inmediatamente aguas debajo del sector de relocalización e inmediatamente aguas abajo del área definida por este plan), constatando en particular las eventuales variaciones de elementos como Arsénico u otros sobre los que las vegas actúen como fitoremediadores.

Registro en terreno de eventos no deseados y análisis de causas (evidencias de pastoreo, entre otras).

:

**ANEXO N° 1**

**EVALUACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA DE BOFEDAL DE  
CASERONES Y RIO CASERONES**

Jose Luis Lapeña, Mahendra Kumar, Noemí Ríos

La presente investigación fue realizada para caracterizar el bofedal y los suelos de la Quebrada de Caserones para determinar las condiciones actuales de suelos y la vegetación de bofedal. El bofedal está formado por cojines blandos (gramíneas) y cojines duros (*Oxychloe andina*). Según la topografía realizada en el mes de abril del 2010, el área total de bofedal es 9.363 m<sup>2</sup> (Cojines blandos 7.737 m<sup>2</sup>; cojines duros 1.626 m<sup>2</sup> y cojines blandos secos o muertos 409 m<sup>2</sup>). La zona del bofedal está bien saturada con el agua (40-70%). Los niveles de salinidad son bajos y existe una buena acumulación de materia orgánica en la zona de cojines blandos formados por las gramíneas. *Oxychloe andina* forma cojines duros en el bofedal. La humedad en esta zona es entre 30-40%. El análisis físico-químico del suelo: pH, C.E., metales pesados, cationes y aniones demuestra que los suelos son pedregoso arenosos y bajos en fertilidad como los suelos naturales de las quebradas, con suelos casi neutrales y de baja salinidad.

## INTRODUCCIÓN

Los procesos naturales importantes en la degradación de la calidad de suelos son: laterización (acumulación de hierro), formación de costra dura, erosión, pérdida de fertilidad, baja ó alta humedad, pobre drenaje, desbalance de nutrientes, disminución de materia orgánica del suelo, acumulación de sal, lixiviación, acidificación, desertificación y pérdida de biodiversidad de flora y fauna de suelo.

Es importante identificar los límites de criterio de las propiedades los suelos y los variados procesos que restringen sus usos. Además, el clima, la calidad y cantidad de agua influye altamente la adaptación y flora en la zona determinada. El estudio tiene como objetivo analizar varias propiedades físicas, químicas de suelos y aguas en la localidad de Quebrada de Caserones para observar las condiciones actuales de suelos y

aguas para dar las mismas condiciones en la Quebrada de Ollita para tener una mejor adaptación de la vegetación después de la relocalización.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de los análisis es disponer de una línea base preliminar de suelos (propiedades, fertilidad y salinidad) y aguas (calidad y salinidad) de la Quebrada de Caserones, para un manejo adecuado del transplante del bofedal a la Quebrada Ollita.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos de este estudio son:

1. Evaluación de las propiedades físicas- químicas de los suelos,
2. Análisis de macro y micro elementos de suelos, y sus posibles impactos en la vegetación,
3. Análisis de calidad de agua de riego y su efecto en las propiedades de suelos.

## METODOLOGIA

La metodología de trabajo fue dividida en tres aspectos como sigue:

1. Pre-análisis químico de suelos y análisis geofísico hasta 1,5 m de profundidad en diferentes sectores.
2. Análisis de distribución de humedad y especies en ecosistema de bofedal.

### 3. Análisis químico de suelos y agua de bofedal y río.

#### AREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la Quebrada de Caserones, ubicada en la Comuna de Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó, Región de Atacama y que forma parte del Manejo de Humedales Altoandinos del Proyecto Caserones.

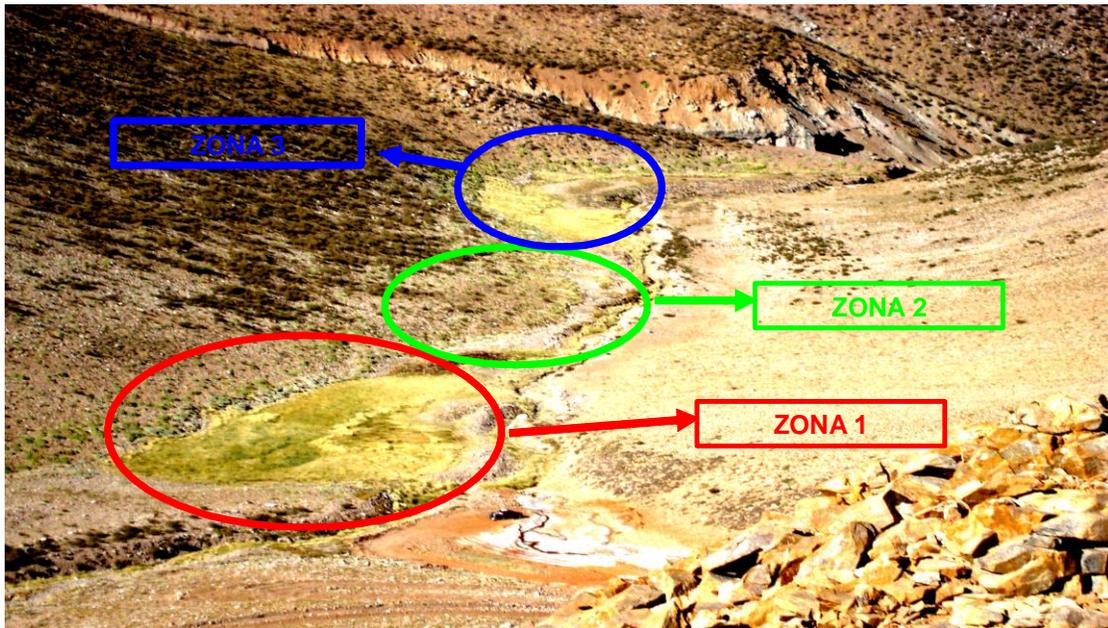
La Quebrada de Caserones posee un bofedal en el curso medio de la quebrada entre los 3.700 y los 3.900 msnm. Los bofedales son campos naturales de pastoreo, temporal o permanentemente húmedos, que presentan coberturas vegetacionales adaptadas a los altos niveles de las napas freáticas. Son ecosistemas de alto valor ecológico e hidrológico; funcionan como reguladores del flujo hídrico por su capacidad de retener agua durante la época de lluvias y liberarlas durante la época seca y, por esta misma cualidad, son el hábitat de numerosas especies vegetales y animales (algunas de ellas endémicas). Comparados con la gran extensión de las plantas xerofíticas existentes en el medio altiplánico y altoandino, son de reducido tamaño (bofedales) pero de una gran importancia ecológica.

Por lo anterior, realizar un análisis físico químico de los suelos y agua adquiere gran relevancia para poder determinar las condiciones ecológicas básicas que requiere el bofedal para su crecimiento y desarrollo, así como la adaptabilidad al transplante.

#### 5.3 Análisis del sustrato y del agua en la vega Caserones

En la vega de Caserones se identificaron tres zonas, las cuales se presentan en la figura 1. En terreno, la humedad de suelo en la zona 1 de la vega fue determinada in-situ por sondas de TDR (Time Domain Reflectometry, Soil Moisture Corp., USA) en varios puntos en toda el área de la vega (ver figura 2). La ubicación de cada punto de muestreo fue determinada por GPS. En el mismo punto geográfico se midió la

conductividad eléctrica aparente (CEa) en tres profundidades 0 cm, 0-75cm y 0-150cm con el instrumento geofísico EM38 (Geonics Limited, Canadá) para ubicar zonas de mayor y menor conductividad por la deposición de los materia orgánica y la salinidad de suelos, agua y la vegetación (Tabla 1).



#### 1.1.1.1. Selección y toma de muestras de suelo

La colección de muestras de suelo en la zona 1 (Fig. 1) de la Quebrada de Caserones fue realizada el día 25 de marzo de 2010. Se colectaron 4 muestras de suelos en diferentes sitios de manera aleatoria. Las muestras fueron colectadas a una profundidad de 0-20 cm en 4 sitios. Se tomaron dos muestras en la zona 1 (0-20 cm), una muestra en la zona 2 y otra en la zona 3. En cada lugar de muestreo se recolectó 1 kg de suelo

según los métodos estándares considerando que el sustrato es homogéneo en la zona y no presenta variaciones.

Los códigos utilizados son:

S1Z1 = sitio 1 zona 1

S2Z1 = sitio 2 zona 1

S3Z2 = sitio 3 zona 2

S4Z3 = sitio 4 zona 3

### PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE SUELO

Los siguientes parámetros fueron analizados en los suelos:

1. pH
2. Conductividad Eléctrica
3. Materia orgánica (%)
4. Nitrógeno disponible ( $\text{NO}_3$ )
5. Fósforo disponible (P)
6. Macroelementos: Potasio disponible (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio (Na)
7. Microelementos: Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Hierro (Fe) y Cobre (Cu)
8. Boro (B)
9. Aniones  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$
10. Textura

## PARÁMETROS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA DE QUEBRADA CASERONES:

El análisis de agua es importante para la determinación de la calidad de ésta y para determinar los posibles efectos en suelos. Los siguientes parámetros fueron analizados:

1. pH
2. Conductividad Eléctrica (CE)
3. Elementos (cationes y aniones solubles): Sodio, potasio, calcio, bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloro y boro.
4. Otros parámetros: RAS (SAR).

### MUESTREO:

Los puntos de muestreo son siguientes:

M-1 Agua Río, zona 1 (UTM: 447710, 6882743),

M-2 Agua sulfatada, zona 2 (UTM: 447682, 6882744),

M-3 Agua cojines duros, zona 1 (UTM: 447683, 6882642),

M-4 Agua cojines blandos, zona 3 (UTM: 447606, 6882554)

### ÁREA DE BOFEDAL

Según topografía realizada del bofedal de Quebrada de Caserones, el área total de bofedal es alrededor de 9.771 m<sup>2</sup>. La composición de bofedal según especies y crecimiento es siguiente (Fig. 2):

Cojines duros: 7.737 m<sup>2</sup>

Cojines blandos: 1.626 m<sup>2</sup>

Cojines muertos: 409 m<sup>2</sup>

Total vega a transplantar: 9.363 m<sup>2</sup>

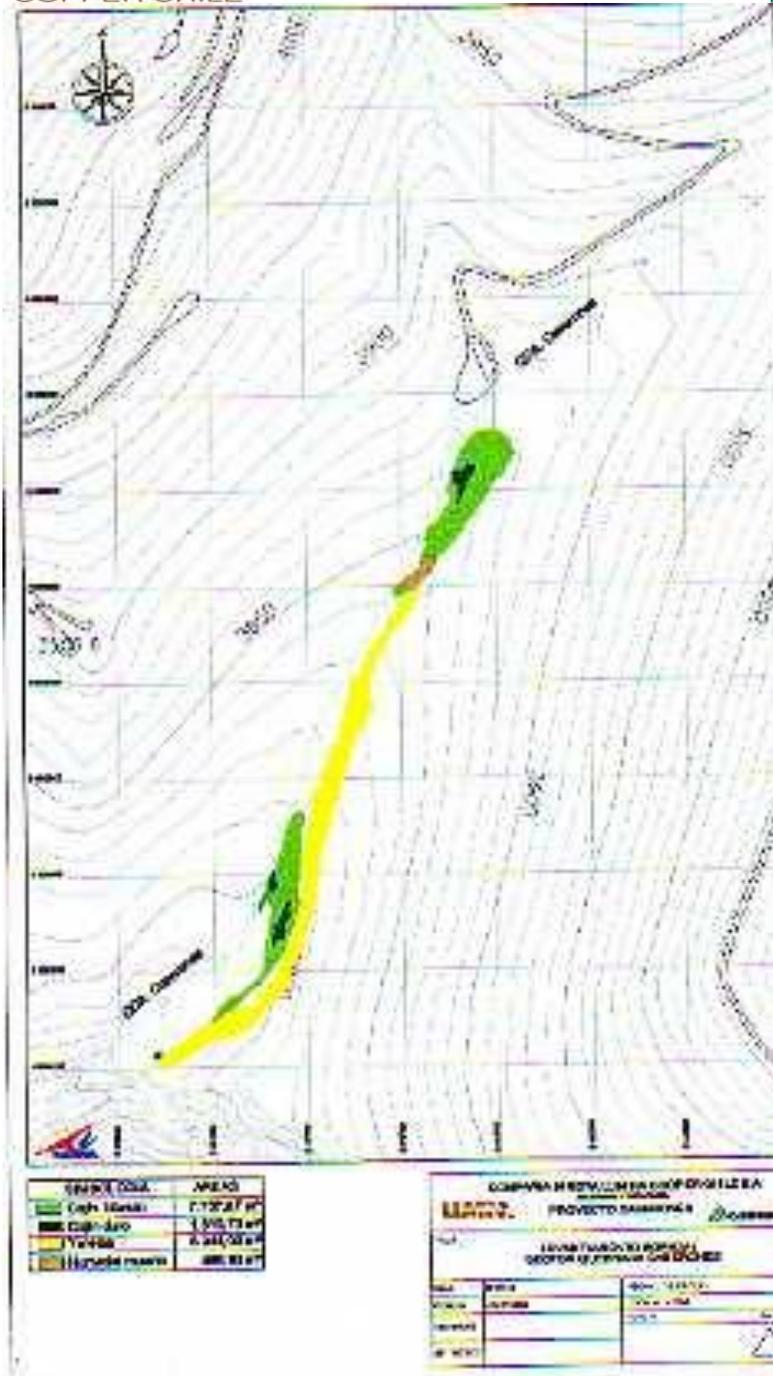


Fig. 2. Topografía de zona de bofedal de Quebrada de Caserones.

## HUMEDAD DISPONIBLE EN EL BOFEDAL

La humedad disponible en la zona de bofedal es muy alta y varía entre 30 y 40% en la zona de cojines duros formados por *Oxychloe andina* y entre 40% y 70% en la zona de cojines blandos. Los suelos están saturados por el agua siendo ésta la principal característica de los bofedales. El agua se infiltra por un riachuelo desde el cerro. El flujo de agua es constante sin salinidad. Sin embargo, el agua del río de caserones tiene más sulfatos, pero ésta agua no afecta al bofedal.

Gran parte del bofedal está muy blando, saturado de agua, y es en esta parte donde puede tener más materia orgánica (Fig. 3). Normalmente los cojines duros tienen alta tolerancia de alta humedad. La parte más baja de la zona 1 es seca ó casi podrida por el estancamiento de agua y falta de drenaje por la acumulación de materia orgánica (Fig. 3). El área seca o muerta se estima en 409 m<sup>2</sup>.

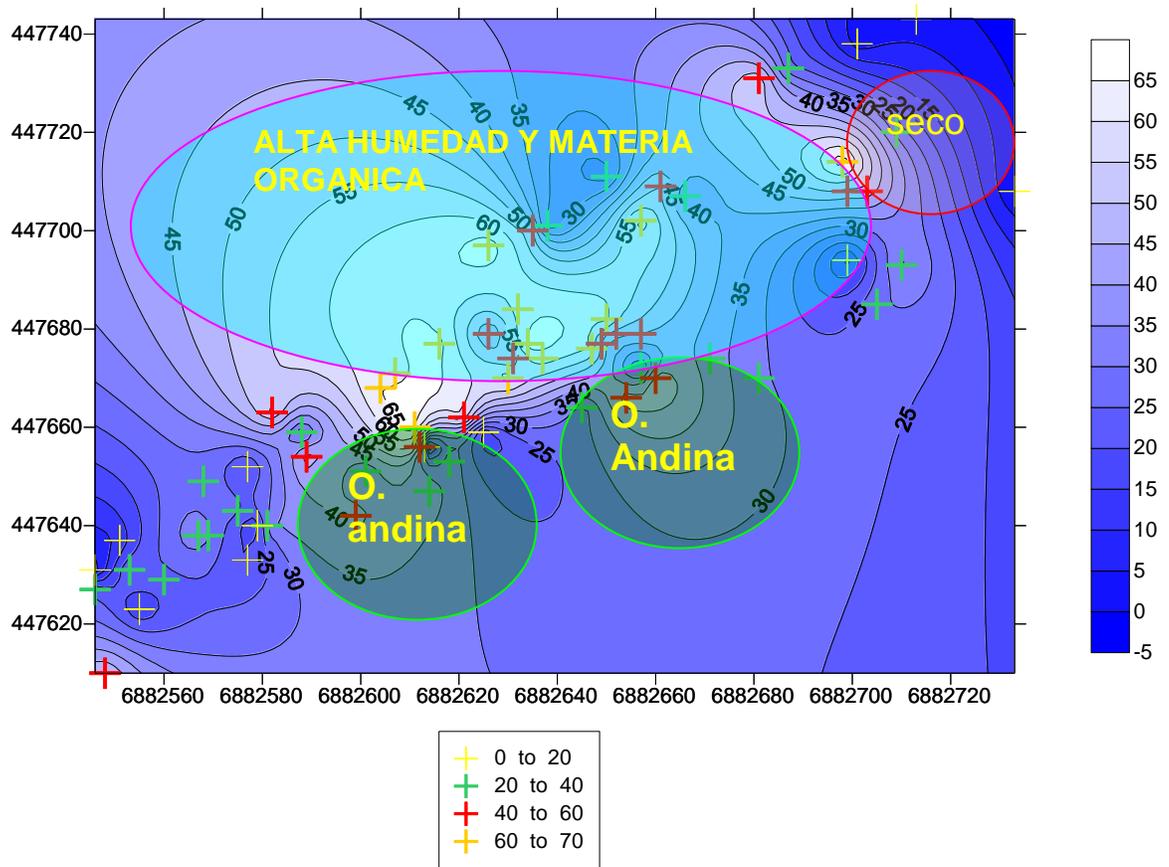


Fig. 3. Niveles de humedad en la zona 1 en quebrada de Caserones.

### CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE SUELOS Y PROFUNDIDAD DE MATERIA ORGANICA

El terreno de la vega de la Quebrada de Caserones muestra bajos niveles de conductividad eléctrica de terreno hasta 150 cm de profundidad, ya que los suelos son principalmente de origen vegetal y el agua en la zona de bofedal tiene baja salinidad (Fig. 4). La superficie de bofedal (0-10 cm de profundidad) tiene conductividad eléctrica

entre 1-4,5 dS/m. La zona de cojines blandos una mayor conductividad por la alta humedad y por la acumulación de elementos solubles.

La zona intermedia entre 0-75 cm y zona entre 0-150 cm de profundidad presentan los mismos valores de conductividad eléctrica. La zona blanda es similar entre 0-75 y 0-150 cm de profundidad e indica acumulación de materia orgánica en esta zona (Fig. 5, 6). El flujo de agua es desde el cerro por riachuelo hacia el río caserones en forma subterránea (75-150 cm) y en algunas zonas en la superficie del bofedal. La materia orgánica aumenta desde 0-150 cm de profundidad.

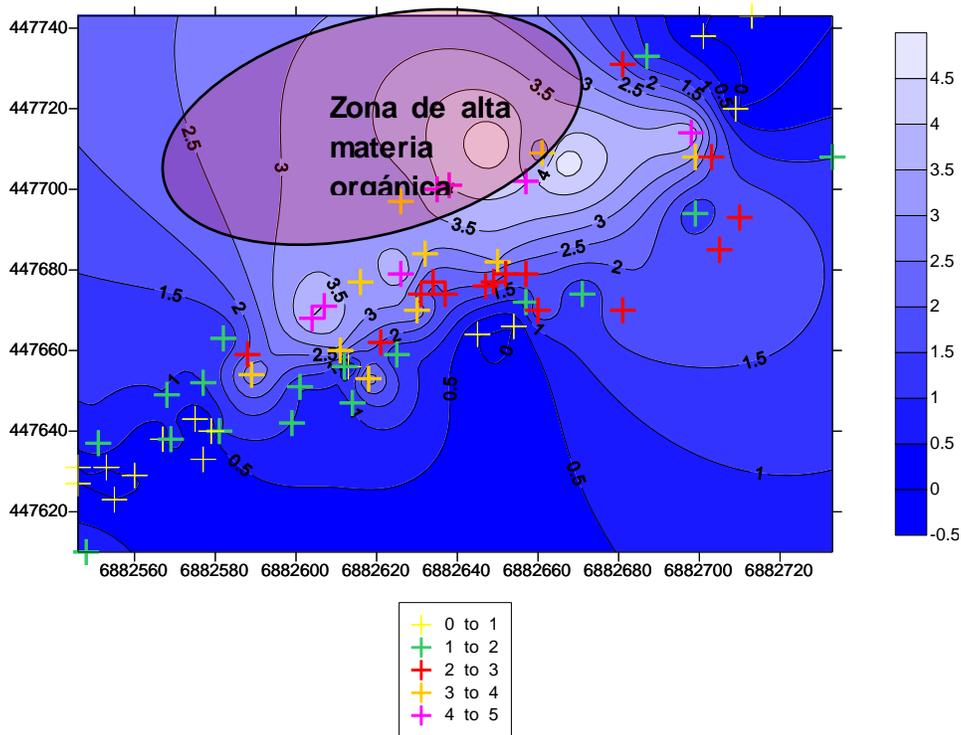


Fig. 4. Niveles de salinidad (CE a 0-10 cm) en la zona 1 en quebrada de Caserones.

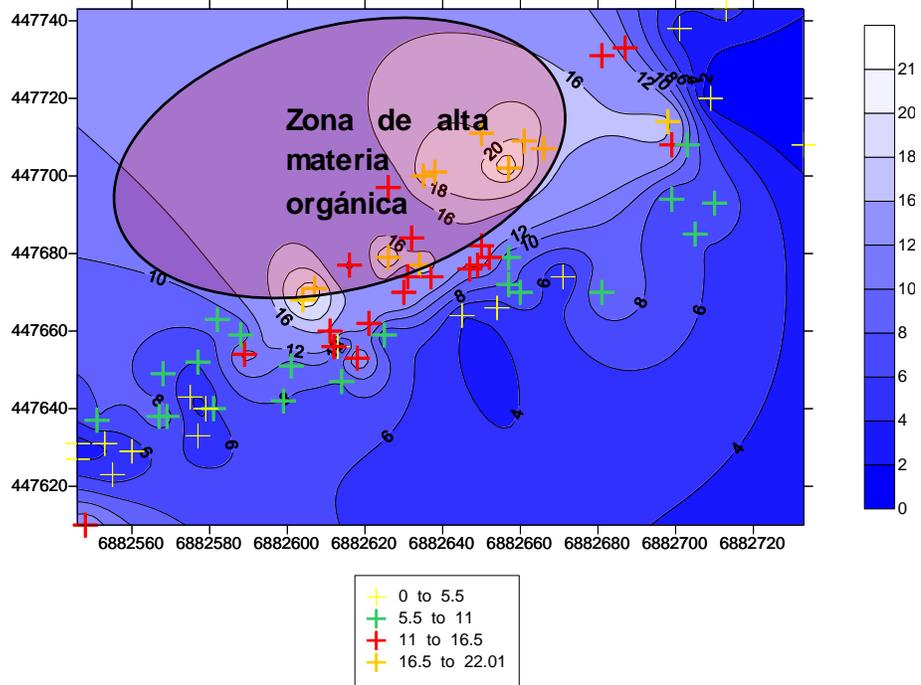


Fig. 5. Niveles de salinidad (CE a 75 cm) en la zona 1 en quebrada de Caserones.

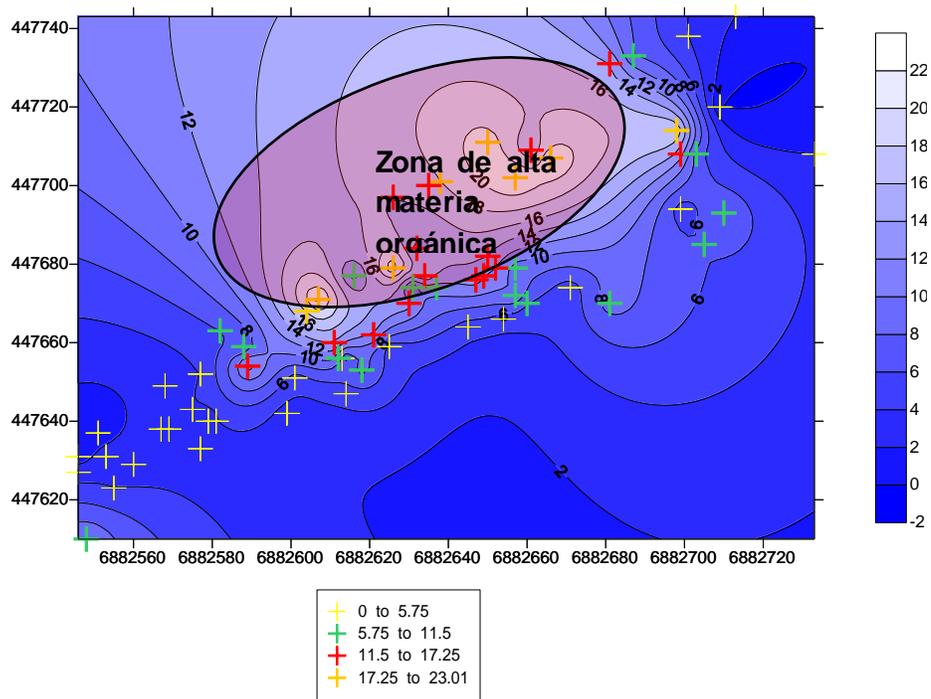


Fig. 6. Niveles de salinidad (CE a 150 cm) en la zona 1 en quebrada de Caserones.

## ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

Los resultados del análisis físico-químico de los suelos y la textura son presentados en la tabla 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. . Análisis químico del suelo de Quebrada Caserones.

ELEMENTO	UNIDAD	RANGO <sup>(1), (2)</sup>	MUESTRAS			
			S1	S2	S3	S4
pH	-	6,5-8,5	7,09	6,81	7,10	7,11
C.E.	mmhos/cm	0,1-3,0	1,6	1,2	1,0	0,9
Materia Orgánica.	%	5.0 – 10,0	0,43	2,95	0,58	1,79
N	ppm	10-80	28	41	33	35
P	ppm	150-800	10	11	10	9
K	ppm	0,12- 0,64	1,17	1,23	1,04	0,93
Ca	meq/l <sup>(3)</sup>	2 - 14	8,23	6,38	5,08	4,79
Mg	meq/l	0,25 – 1,8	4,15	3,47	2,73	2,87

Na	meq/l	0 – 15,4	4,51	3,12	2,18	2,21
B	Ppm	0,2-1,0	1,32	0,81	1,17	1,26
CO3-	meq/l	0 - 10	0,25	ND	0,11	0,18
HCO3-	meq/l	0 - 10	1,23	ND	0,76	0,95
Cl-	meq/l	0 - 30	4,06	4,37	2,81	2,10
SO4-	meq/l	0 - 20	8,35	7,59	5,14	8,62

(1) Rangos tomados de la Norma Chilena Oficial NCh 1333 Of. 78.

(2) Ayer y Westcot, 1987.

(3) me/l = miliequivalente/litro (me/l = mg/l / peso equivalente) (Peso equivalente: Ca = 20; K = 40, Na = 23, Mg = 12, Cl = 35, SO4 = 48, HCO3 = 61); mg/l (ó ppm) = me/l x peso equivalente)

Tabla 2 Análisis de textura de suelos de Quebrada Caserones

TIPO	MUESTRAS			
	S1 (%)	S2 (%)	S3 (%)	S4 (%)
Piedras	87,55	81,54	67,72	64,95
Arena	9,24	23,67	29,85	27,64
Limo	1,11	3,25	2,04	4,10
Arcilla	2,07	1,24	0,37	3,29

## Propiedades fisicoquímicas del suelo

### pH

El pH natural de los suelos depende en gran medida del tipo de clima bajo el cual se forma un suelo. Los suelos de Quebrada de Caserones tienen pH entre 6,81 a 7,11, considerándose como un suelo neutro que no presenta problemas de disponibilidad de nutrientes, ya que el pH tiene gran influencia en la disponibilidad de micro y macro elementos.

### Conductividad eléctrica (CE)

La CE del suelo refleja la medida de concentración de sales solubles en suelos. La salinidad se expresa en dS/m (unidad estándar internacional) ó en mmhos/cm (unidad no internacional). La salinidad presente en los suelos de la Quebrada de Caserones fluctúa entre 0,9-1,6 mmhos/cm, la cual está dentro de los rangos considerados aceptables para el desarrollo de las plantas.

### Materia Orgánica

La materia orgánica tiene un buen efecto en los suelos ya que mejora las propiedades físicas (estructura, porosidad, aireación, infiltración y retención de agua) y aporta nitrógeno. Normalmente los suelos considerados agrícolas suelen tener materia orgánica entre 5-10%. La cantidad de materia orgánica que un suelo puede acumular depende de la temperatura, humedad, aireación y crecimiento anual de bofedal. Los niveles de materia orgánica de Quebrada de Caserones está entre 0,43 a 2,94 %, en los suelos superficiales (0-20 cm), aumentando a mayor profundidad.

### Nitrógeno Disponible

El nitrógeno es uno de los constituyentes más importantes para las plantas. Los suelos de Quebrada Caserones tienen una concentración de nitrógeno disponible de 28-41 ppm, lo cual está dentro de los rangos considerados adecuados para las plantas.

Los resultados del análisis de suelos indican que los niveles de fósforo está entre 9-11 ppm, lo cual está bajo los rangos considerados aceptables (150-800 ppm) para suelos cultivados.

#### Macro nutrientes disponible (Calcio, Magnesio y Potasio) y Sodio

Los resultados de los análisis de macro nutrientes disponibles en suelos de la Quebrada de Caserones son: Potasio entre 121-150 meq/l, Calcio 4,70 a 8,23 meq/l y magnesio 2,73 a 4,15 meq/l. Entre ellos, el potasio y magnesio se presenta en mayores concentraciones. Sin embargo, la concentración de calcio es adecuada.

#### Cationes intercambiables

Se determina por suma de los tres cationes predominantes como calcio, potasio y magnesio. La capacidad de cationes depende de la textura de suelos. Suelos con alta concentración de arcilla tienen una alta CIC efectiva (14,9 a 25,7) que un suelo arenoso. Los valores de CIC en suelos de Quebrada de Caserones varían entre 10 a 18.

#### Boro

Los niveles de boro fluctúan entre 0,81 a 1,32 ppm lo cual es normal en suelos del norte de Chile y no tendrá el efecto negativo en las plantas.

#### TEXTURA

El suelo analizado tiene una pedregosidad abundante (60-80%) a dominante (más de 80%), siendo la zona 1 la que presenta mayor pedregosidad. De acuerdo al triángulo de texturas el suelo corresponde a Pedregoso – Arenoso.



## ANEXO N° 2