

ANT.: Res. Ex. D.S.C./P.S.A. N°1191 17 diciembre 2015.  
Diligencia de inspección personal del 20 de enero 2016.

REF.: Proceso de sanción N°A-002-2013

MAT.: Acompaña documento y se tenga presente.

Santiago, 17 de abril de 2017.

Sra.  
Camila Martínez E.  
Fiscal Instructora  
División de Sanción y Cumplimiento  
Superintendencia del Medio Ambiente  
Presente.



**Gonzalo Montes Astaburuaga**, en representación de **Compañía Minera Nevada SpA (CMN)**, ambos domiciliados para estos efectos en Ricardo Lyon 222, piso 8, comuna de Providencia, Santiago, en el expediente del proceso administrativo de sanción Rol N°A-002-2013, a Ud., respetuosamente, digo:

1. Que la Res. Ex. D.S.C./P.S.A. N°1191 de 17 de diciembre de 2015 resolvió abrir un término probatorio y fijó como punto de prueba N°2 del Resuelvo II la "superficie total de vega altoandina afectada" por el aluvión de enero de 2013.
2. Que en el Resuelvo III N°2 de dicha resolución, en relación con el mismo punto de prueba, se decretó la inspección personal de la faena, para los días 19 y 20 de enero de 2016.
3. Que dicha diligencia probatoria se llevó a cabo, respecto de la inspección de las vegas altoandinas afectadas por los eventos, el día 20 de enero de 2016. En ella participaron profesionales de esta Superintendencia y del SAG así como también peritos expertos designados por esta parte.
4. Que, en relación con los hechos constitutivos de infracción incluidos en los considerandos 23.1, 23.2 y 23.3 de la Formulación de Cargos (ORD U.I.P.S. N°58/2013), CMN ha cuestionado la superficie de vega afectada así como también ha sostenido que el daño a las mismas no puede ser calificado como irreparable, toda vez que estas formaciones han mostrado evidentes signos de recuperación en el tiempo transcurrido desde los eventos de enero de 2013.
5. Que con ocasión de la realización de la diligencia del 20 de enero de 2016, profesionales del SAG trazaron una transecta de 20 m en el área de la Vega Norte, la que fue dejada con el objeto de evaluar cobertura vegetal.
6. Que el muestreo realizado por el SAG fue replicado, empleando la misma metodología, por los peritos expertos de CMN que participaron en la diligencia, quienes además

efectuaron mediciones complementarias con el objeto de evaluar el estado de la vegetación en la vega afectada y su potencial de regeneración durante el período.

7. El informe pericial de los expertos conjuntamente con la descripción de los muestreos y metodología empleada en la actividad del 20 de enero de 2016, fue remitido a esta SMA mediante Carta PL-18-2016 con fecha 10 de febrero de ese año.
8. Que en la siguiente temporada, en marzo de 2017, los expertos evaluaron el estado de las vegas inspeccionadas; los resultados y conclusiones de estos muestreos se incluyen en el Informe Técnico "Seguimiento Transecta SAG 2016 Recuperación Vega Norte Causa Rol A-002-2013" de Marzo de 2017, elaborado por los expertos de BIOMA Consultores Tania Altamirano y Alexis Zepeda, quienes participaron en la diligencia del 20 de enero de 2016. Dicho informe se adjunta a este escrito en versión impresa y digital.
9. Hacemos presente que los resultados de los análisis efectuados permiten concluir que:
  - Existen diferencias estadísticamente significativas entre los muestreos realizados en enero de 2016 y los de marzo de 2017 que se informan en este documento.
  - Dichas diferencias en los períodos de evaluación se centran en el aumento de la cobertura vegetal así como también en una disminución de las áreas desprovistas de vegetación y mantillo.
  - También se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre la vegetación de la zona no afectada de la vega y la de la zona afectada, lo que permite señalar que la zona perturbada se encuentra en etapas tempranas de regeneración, observándose en ella la presencia del mismo tipo de especies que aquellas que componen el área no afectada.
  - Igualmente, constituye evidencia del proceso de regeneración vegetal de la vega el rebrote de individuos en casi toda el área afectada así como también el mayor tamaño de aquellos individuos que fueron registrados en la temporada anterior.

Por tanto,

**Pido a Ud.** tener por acompañado "Informe Técnico Seguimiento Transecta SAG 2016 Recuperación Vega Norte Marzo 2017", preparado por expertos de BIOMA Consultores Ambientales, y tenerlo presente para todos los efectos legales.



---

Compañía Minera Nevada SpA

**INFORME TÉCNICO**  
**SEGUIMIENTO TRANSECTA SAG 2016 RECUPERACIÓN VEGA NORTE**  
**CAUSA ROL A-002-2013**

Marzo 2017

Elaborado para  
**Compañía Minera Nevada SpA**

<b>REVISADO POR</b>	<b>APROBADO POR</b>
Alexis Zepeda Contreras	Hernán Valenzuela Araos
<b>CARGO</b>	<b>CARGO</b>
Gerente de Proyectos y Operaciones Bioma	Gerente General Bioma

---

## Índice

1	Resumen Ejecutivo .....	3
2	Introducción .....	4
2.1	Componente Ambiental .....	5
2.2	Variables ambientales .....	5
2.3	Periodo sobre el que se reporta.....	5
2.4	Documento donde se establece el compromiso.....	5
2.5	Institución que realiza monitoreo .....	5
3	Objetivos .....	6
3.1	Objetivo General .....	6
3.2	Objetivos Específicos.....	6
4	Metodología .....	6
4.1	Descripción del área de estudio .....	6
4.2	Ubicación de sitio de muestreo, medición, análisis y/o control .....	7
4.3	Parámetros que fueron utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales.....	8
4.4	Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control .....	8
4.5	Materiales y equipos utilizados.....	10
4.6	Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro .....	11
5	Resultados .....	11
6	Conclusiones.....	19
7	Recomendaciones .....	20
8	Referencias .....	21
9	Anexos .....	22
9.1	Anexo 1.....	22
9.2	Anexo 2.....	28
9.3	Anexo 3.....	29
10	Responsables de la Actividad .....	33

---

## 1 Resumen Ejecutivo

El presente documento da cuenta de los resultados obtenidos en la visita de evaluación, o seguimiento, realizada al sector de vegas asociada al ORD. N° 842/2016 del Servicio Agrícola y Ganadero - SAG, en el marco del Procedimiento Sancionatorio Causa ROL A-002-2013. La visita realizada en marzo de 2017 tuvo como objetivo replicar la metodología utilizada por el SAG en la visita inspectiva del 20 de enero de 2016 y para lo cual se trazó la transecta de 20 m, realizada por profesionales de la institución, para evaluar cobertura en puntos de contacto cada 20 cm y comparar resultados con los obtenidos en 2016. De forma complementaria en marzo de 2017 se consideraron i) la evaluación de un control ubicado paralelo a la transecta SAG en la zona que no fue afectada por los eventos de 2013, y ii) la evaluación de parcelas de 45 cm<sup>2</sup> en los puntos de contacto para evaluar la cobertura de especies vegetales, detectar la presencia de rebrotes de *Oxychloë andina* o recolonización por otras especies. De forma paralela se compararon coberturas en dos parcelas testigo de 1m<sup>2</sup> instaladas por Bioma Consultores el 21 de enero de 2016 en la zona afectada, posterior a la visita inspectiva, y se instalaron dos nuevas parcelas en zonas con coberturas contrastantes, asociadas a la presencia y ausencia de agua, con el objetivo de establecer factores que determinan la velocidad de recuperación de la vegetación (como la presencia de escurrimientos). Los resultados que se presentan a continuación consideran cobertura de plantas vasculares y fue realizado por la Dra. Maritza Mihöc, botánica experta en taxonomía y determinadora de flora en terreno del Laboratorio Ecobiosis de la Universidad de Concepción. Estos resultados muestran que existen diferencias significativas entre las evaluaciones de los años 2016 y 2017, centrándose la diferencia en el aumento de la cobertura vegetal y una disminución de áreas desprovistas de vegetación y mantillo a la vez que se evidencia regeneración por rebrote de individuos en casi toda el área afectada permitiendo establecer que la zona se encuentra en etapas tempranas de regeneración natural y donde la identificación de juveniles del género *Deyeuxia* puede ser importante ya que sus especies han sido identificadas como las primeras en recolonizar tanto zonas periféricas como centro de humedales de acuerdo con la 'Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica (SVAHT)' del SAG 2009.

## 2 Introducción

En el verano de 2013 un aumento en el volumen de agua de deshielos en la Quebrada Q9, provocó un evento de remoción en masa que afectó vegas cercanas a la “Obra Salida del Canal Perimetral Norte Inferior” (CPNI). De acuerdo con el Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2013-63-III-RCA-IA, la magnitud del evento afectó dos zonas de vegas, que fueron identificadas como Vega Norte y Vega Sur, con material sólido constituido por piedra y lodo los que fueron removidos oportunamente.

En enero de 2016, en el marco del Proceso de Sanción ROL A-002-2013, la Superintendencia del Medioambiente - SMA en conjunto con el Servicio Agrícola y Ganadero - SAG, realizó una inspección a las Vegas, Norte y Sur, con el objetivo de determinar la superficie afectada por este evento. En dicha oportunidad, y con la finalidad de evaluar la cobertura de vegetación en el área afectada, el SAG realizó una evaluación en la Vega Norte, ubicada en el sector del Pozo BT-2, mediante el método Point Quadrat para determinar la composición porcentual de los diferentes elementos que componen la zona afectada en una transecta de 20 m, donde se evaluaron las especies y/o sustratos presentes en un total de 100 puntos de contacto (cada punto de contacto evaluado a una distancia de 20 cm). Los resultados informados por el SAG mediante ORD. N° 842/2016 se clasificaron de acuerdo con lo que muestra la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición porcentual de cobertura determinado por el SAG en enero de 2016

Tipo	Porcentaje Cobertura
Musgo	2,8
Mantillo*	55,7
Suelo desnudo	11,3
Piedra	9,4
Agua	8,5
<i>Oxychloë andina</i>	12,3

\*Restos de Plantas de *Oxychloë andina* en descomposición  
Fuente: Informe Técnico SAG, 2016

En marzo de 2017 se replicó el muestreo realizado por la autoridad, además de realizar medidas complementarias con la finalidad de evaluar el estado de la vegetación en la Vega afectada y su potencial regeneración durante el periodo. Los resultados de los muestreos realizados se detallan y analizan a continuación.

Se debe tener presente que los sistemas ecológicos azonales hídricos, como lo indica su nombre, son sistemas que se encuentran correlacionados con aportes hídricos permanentes y constantes durante la temporada de crecimiento de las especies vegetales que lo componen (fines de primavera, verano e inicios de otoño) (MMA, 2011). La dependencia de este tipo de formaciones al suministro hídrico es variable, y aun cuando es frecuente que las especies presentes sean las mismas, el nivel de dependencia puede ser distinto (Ahumada & Faúndez, 2009). Por otro lado, no existen en Chile ni en el mundo experiencias publicadas de recuperación y/o restauración relacionadas con fenómenos aluvionales en zonas altiplánicas, como tampoco estudios de tasas de recuperación de vegetación post eventos aluvionales.

## 2.1 Componente Ambiental

Flora y Vegetación

## 2.2 Variables ambientales

Las variables ambientales objeto de seguimiento se muestran en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Variables ambientales objeto de seguimiento

COMPONENTE AMBIENTAL	Flora y vegetación
SUBCOMPONENTE AMBIENTAL	Vegas
VARIABLE AMBIENTAL OBJETO DE SEGUIMIENTO	Recuperación Vega
PARÁMETROS A EVALUAR	Cobertura vegetal

## 2.3 Periodo sobre el que se reporta

Marzo 2017.

## 2.4 Documento donde se establece el compromiso

El presente documento hace referencia principalmente al Ord. N° 842/2016 emitido por el Servicio Agrícola Ganadero, SAG, el que da cuenta de la evaluación realizada durante la visita inspectiva del día 20 de enero de 2016 en el marco del Proceso Sancionatorio Rol A-002-2013 de la Superintendencia del Medio Ambiente - SMA.

## 2.5 Institución que realiza monitoreo

La institución que realizó las actividades es Bioma Consultores S. A.

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo General**

Evaluar el avance de la recuperación de la cobertura vegetal en la zona afectada por los eventos de 2013 en “Vega Norte” mediante el seguimiento de la transecta realizada por el SAG en enero de 2016.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Replicar la estimación de cobertura vegetal establecida por el SAG en fiscalización del 20 de enero de 2016 en conjunto con la SMA.
- Complementar la estimación de cobertura establecida por el SAG.

## **4 Metodología**

### **4.1 Descripción del área de estudio**

La zona de vegas objeto de este seguimiento, se inserta en la parte alta de la cuenca del Río del Estrecho cuya dinámica de restauración y recuperación depende del comportamiento de la escorrentía superficial y de la recarga de los acuíferos que se producen en la parte alta de la cuenca (Quebrada La Olla) de acuerdo con los estudios de nivel freático realizados por la Universidad de Waterloo los años 2012 a 2015<sup>1</sup> en la Vega NE-5 y las mediciones consideradas en la RCA N°24 de 2006. Ambos documentos señalan que las aguas que alimentan las vegas en el tramo superior del Río del Estrecho son distintas a las del río en composición fisicoquímica (río y surgencias con pH 3-4 y pH 6-7).

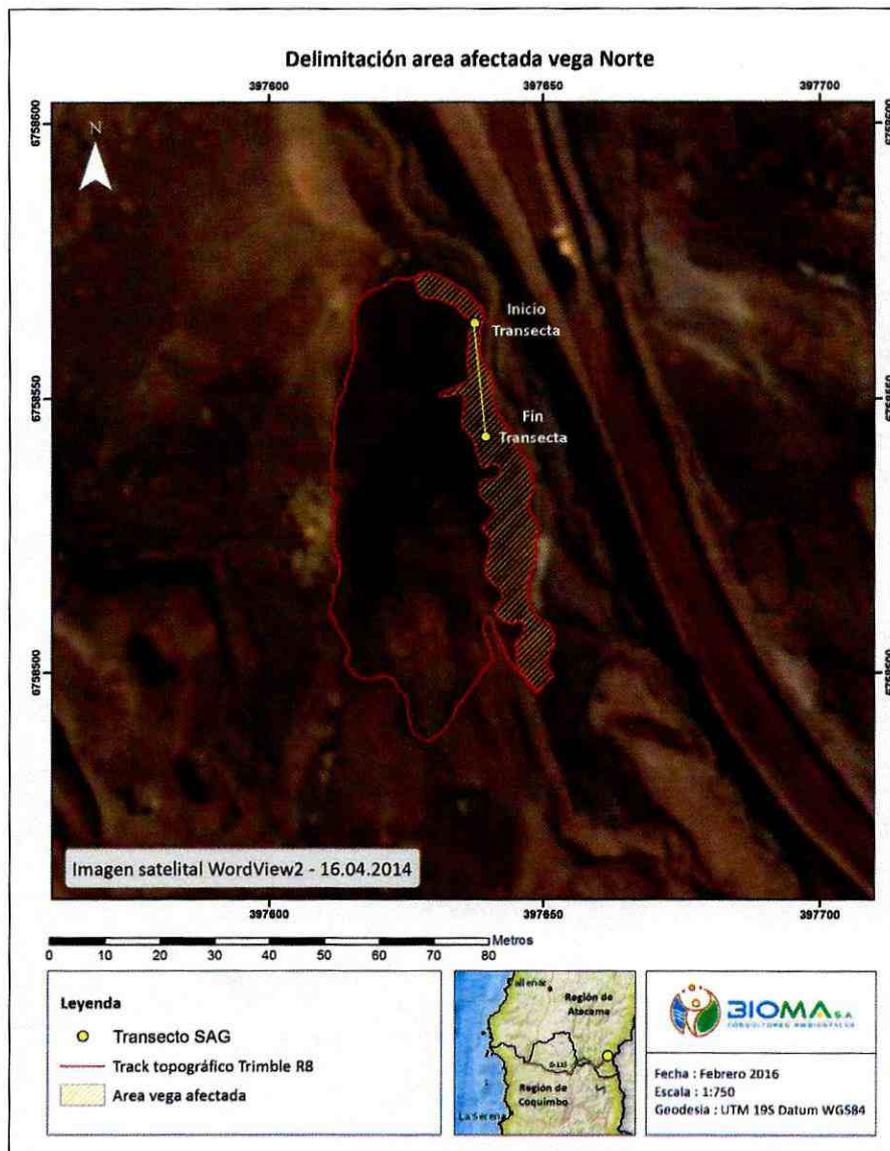
De acuerdo con la “Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica” de Ahumada y Faúndez 2008, el tipo de vega de la formación afectada corresponde a vega no salina compuesta por especies de crecimiento rizomatoso que forman un césped parejo o desarrollo de cojines herbáceos menores a 40 cm de altura y presenta afloramientos salinos con porcentajes menores al 20% en los periodos de mayor aridez (inicios de primavera).

---

<sup>1</sup> informes enviados al Director Regional del Servicio de Evaluación Ambiental de la Región de Atacama el 6 de junio de 2012, mediante carta PL-078/2012. Respecto de los años siguientes, los antecedentes de dicho informe fueron subidos al portal web de la SMA con fecha 27 de julio de 2015 (código verificador 34484).

## 4.2 Ubicación de sitio de muestreo, medición, análisis y/o control

El área de estudio se concentra en la transecta realizada por el SAG en 2016 en la “Vega Norte”, ubicada al oeste del Río del Estrecho, frente a la piscina de sedimentación, en las coordenadas UTM 397631.62 N, 6758540.70 E (Datum WGS 84, Huso 19S) como muestra la Figura 1. En esta vega se encuentra el pozo de monitoreo BT-2, por lo que también se hará referencia a la vega como “Vega BT-2”.



**Figura 1:** Área de Estudio, delimitación de Vega Norte durante la visita inspectiva del 20 de enero de 2016 con equipo de alta precisión Trimble R8. En achurado el área afectada por los eventos de 2013. En amarillo transecta SAG. Fuente: Informe Pericial Bioma Consultores, enero 2016.

### 4.3 Parámetros que fueron utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales

Cobertura vegetal: Se consideró la cobertura vegetal de la flora vascular presente.

### 4.4 Metodología de muestreo, medición, análisis y/o control

Se replicó el método (Point Quadrat) y transecta realizada por personal del Servicio Agrícola y Ganadero - SAG, en la visita inspectiva realizada junto a la Superintendencia del Medio Ambiente - SMA, el 20 de Enero de 2016, cuyos resultados se encuentran en el Informe Técnico del SAG entregados mediante Ord. N° 842/2016 del 25 de febrero de 2016.

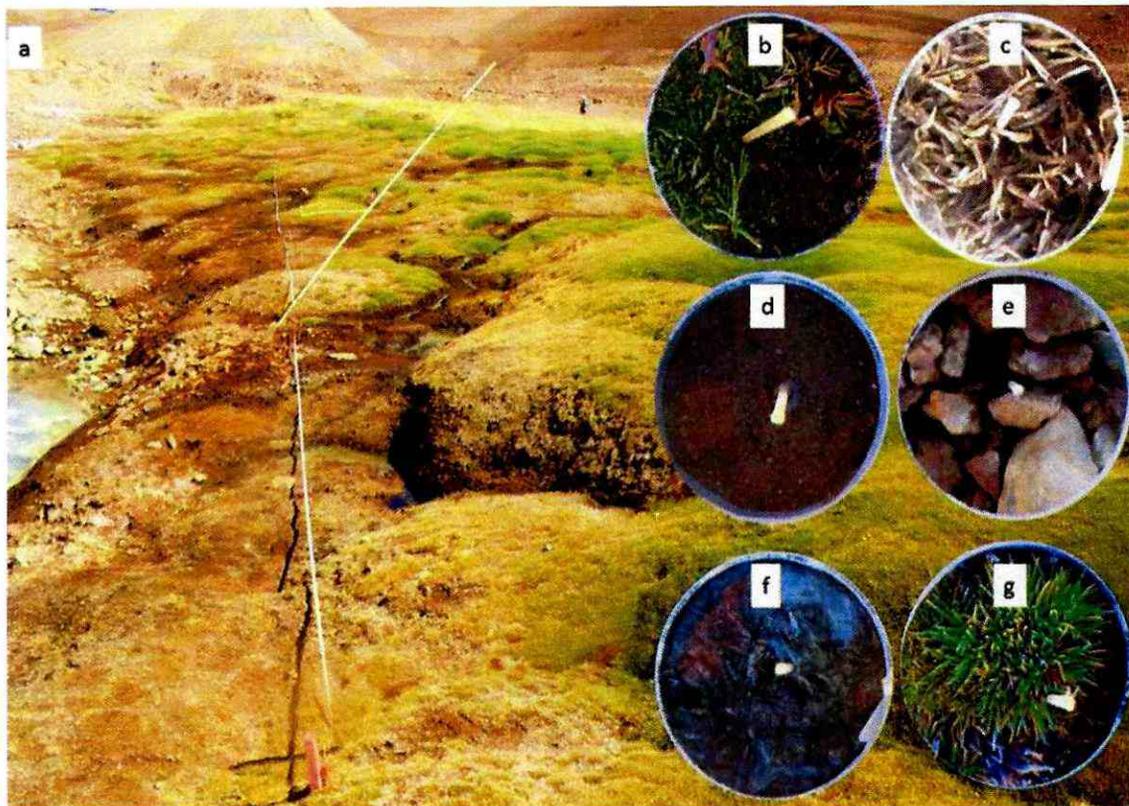
Los resultados del muestreo realizado por la autoridad serán considerados en el presente estudio como datos referenciales del estado de la vegetación post limpieza de los escombros depositados en la vega. El muestreo realizado a comienzos de marzo del año 2017, replica la metodología utilizada por la autoridad, con el fin de poder comparar y evaluar el desarrollo de la vegetación en la vega transcurrido un año de evaluación. Con esta finalidad, este año se identificaron y marcaron los puntos de inicio y de término del transecto realizado el año 2016 con apoyo del equipo geodésico de alta precisión, Trimble R8, utilizado en la inspección de enero de 2016. Las coordenadas consideradas se muestran en la Tabla 3:

**Tabla 3.** Coordenadas UTM (WGS84 huso 19s) de la transecta objeto de seguimiento obtenidas con equipo Trimble R8 en enero de 2016.

	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
Inicio	397639,39	6758543,17	3975,38
Fin	397637,38	6758563,8	3974,01

Fuente: Informe Pericial Bioma Consultores, enero 2016.

El transecto objeto de seguimiento posee un largo total de 20 m (Figura 1a), dirección Norte-Sur. A lo largo del transecto y cada 20 cm (100 puntos de contacto), se evaluó la(s) especie(s) y/o el tipo de sustrato presente. El tipo de contacto se clasificó en especies vegetales, mantillo (restos de vegetación seca y/o en estado de descomposición), suelo desnudo, piedras y agua (Figura 2 b-g).



**Figura 1:** Transecto realizado en la Vega Norte sector Pozo BT-2 y sustratos encontrados. a) Vista general del transecto, b-g clasificación de los sustratos en los puntos de contacto: b) Musgo, c) Mantillo, d) Suelo desnudo, e) Piedras, f) Agua y g) Plantas Vasculares. En el centro de cada área se distingue el punto de contacto evaluado en el primer muestreo. Los círculos corresponden al área evaluada a lo largo del transecto.

Para evaluar el estado actual de la zona afectada se consideró además un transecto paralelo al transecto ya mencionado a 17 m de distancia en la zona no afectada de la vega. En este transecto, y siguiendo la metodología empleada por la autoridad se evaluaron 100 puntos de contactos cada 20 cm. De igual forma, el tipo de contacto se clasificó en especies vegetales, mantillo, suelo desnudo, piedras y agua. Este transecto fue utilizado como referencia (control) para el transecto del año en curso. Ambas transectas fueron marcadas en terreno con estacas de madera.

Si bien la metodología utilizada (puntos de contacto a lo largo de un transecto) se encuentra ampliamente recomendada para el muestreo de vegetación densa y de baja altura (como la vegetación encontrada en vegas y bofedales), este tipo de muestro puede presentar un sesgo cuando la vegetación a evaluar no es tan densa y se presume la presencia de especies en baja abundancia o raras (Bråkenhielm & Qinghong 1995). Por este motivo, de forma complementaria,

en los mismos puntos de contacto se evaluó la cobertura de especies vegetales, y/o distintos tipos de sustratos en un área aproximada de 45 cm<sup>2</sup>, (100 cuadrantes de 45 cm<sup>2</sup> a lo largo del transecto distanciados a 20 cm cada uno). Este muestreo se realizó para detectar la presencia de rebrotes de *Oxychloë andina* o bien la recolonización de las áreas afectadas por otras especies.

A su vez, en la salida a terreno efectuada por la autoridad en enero del 2016, personal de Bioma Consultores dejó dos parcelas testigo (1 x 1 m) en la zona afectada de la vega. Este año se revisitaron ambas parcelas y en el presente informe se detalla la evolución de las mismas en términos de cobertura vegetal. Para el análisis solo se considerará la cobertura de plantas vasculares en las parcelas.

El muestreo de vegetación se llevó a cabo el 9 de marzo del 2017 y fue realizado por la Dra. Maritza Mihöc, botánica experta en taxonomía y determinadora de flora en terreno del Laboratorio Ecobiosis de la Universidad de Concepción, junto a profesionales de Bioma Consultores, quien realiza además los análisis presentados en este documento. Antecedentes recogidos en terreno se entregan como anexos al presente informe, además del registro fotográfico de las actividades realizadas en terreno.

#### **4.5 Materiales y equipos utilizados**

Debido a que los puntos de inicio y fin de la transecta no fueron estacados ni marcados en terreno en enero de 2016, y con el objetivo de disminuir al máximo el error en el seguimiento de la evolución de la recuperación de la vega, se utilizó el mismo equipo de alta precisión con el que fueron georreferenciados los extremos durante la fiscalización, Trimble R8 con sistema de navegación por satélite GNSS de alta precisión que cuenta con un equipo GPS de doble frecuencia de medición Geodésica de 440 canales cuya precisión es del orden de 8mm en el plano horizontal y 15 mm en el plano vertical. El sistema de referencia utilizado para la georreferenciación de los puntos fue el Datum WGS84 Huso UTM 19 S. La transecta control fue georreferenciada con un equipo Garmin e-Trex 30.

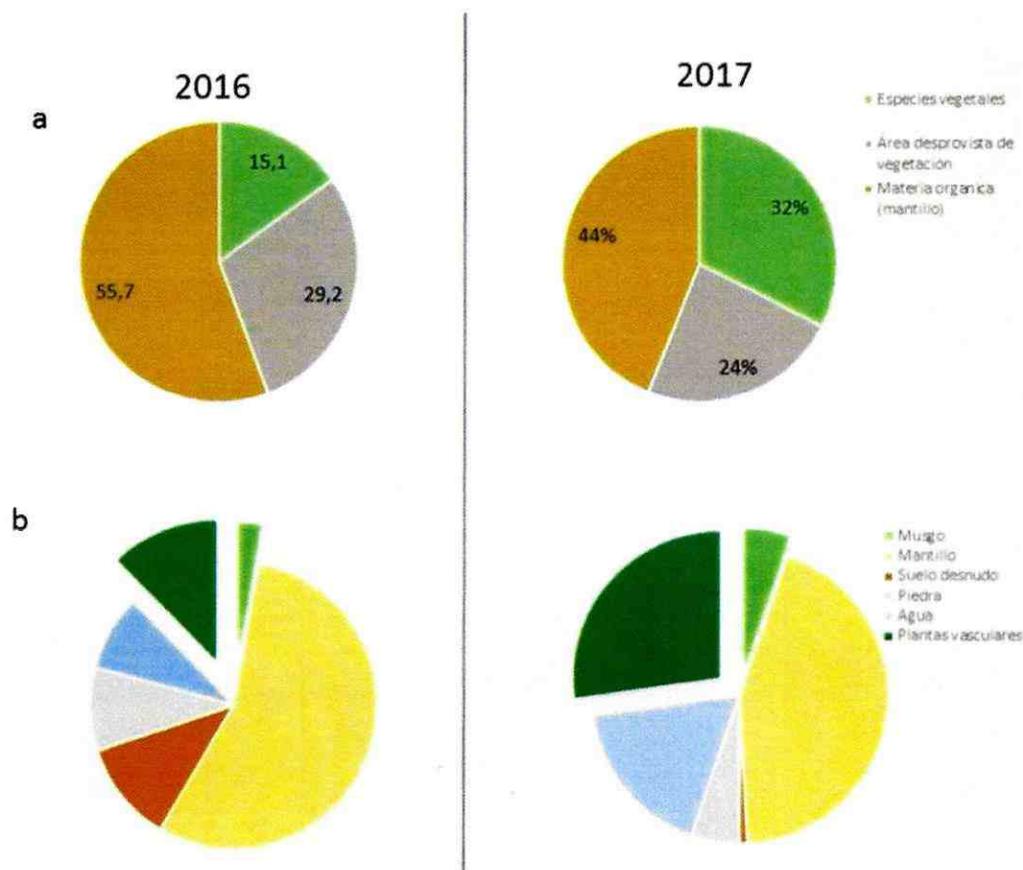
Se consideró el estacado de los extremos de ambas transectas con el objetivo de no perder las referencias y se realizaron registros fotográficos de la actividad.

#### 4.6 Fechas de muestreo, medición, análisis y/o control de cada parámetro

Las actividades de terreno se realizaron el 9 de marzo 2017. Las actividades de gabinete por su parte, se desarrollaron entre el 20 de marzo y 02 de abril de 2017.

### 5 Resultados

De acuerdo al muestreo realizado en el transecto objeto de seguimiento, o transecta SAG, el principal componente de la zona afectada es el Mantillo, el cual en la mayor parte de los casos corresponde a restos de *Oxychloë andina*. Esta tendencia se mantiene en ambos periodos evaluados (Figura 3, Tabla 4). Sin embargo, la cobertura vegetal duplica su valor entre los periodos.



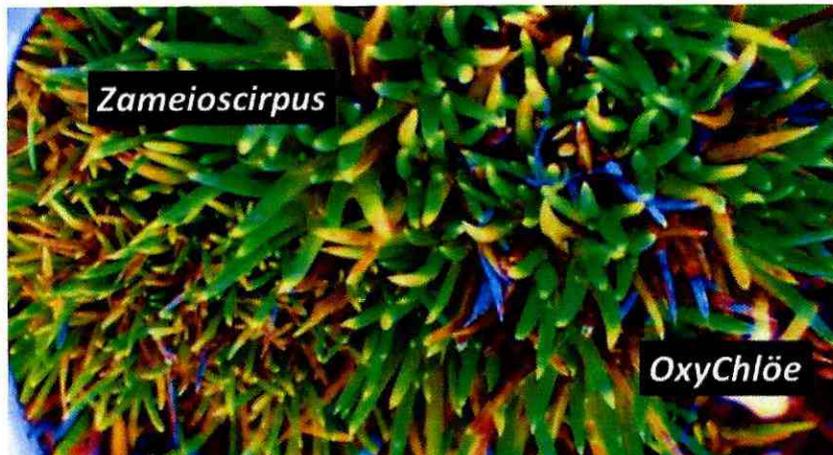
**Figura 3:** Variación de los componentes de acuerdo a cobertura: a) Cobertura de los sustratos agrupados de acuerdo a origen; b) Cobertura de los sustratos descritos anteriormente. \* Fuente para el periodo 2016: ORD. N° 846/2016, SAG.

Cabe destacar, que la cobertura de plantas vasculares registrada en el presente año corresponde principalmente a individuos de *Oxychloë andina* Phil. y *Zameioscirpus gaimardioides* (E. Desv.) Dhooge & Goetgh, (Tabla 4). La diferencia entre años (como la ausencia de registros de esta última especie en el muestreo del año anterior) puede deberse a que ambas especies poseen rasgos vegetativos que hacen muy difícil su determinación a simple vista (Figura 4). A su vez, los ejemplares registrados en el presente año, corresponden en su mayor parte a individuos adultos, lo que hace suponer que el determinante del aumento de cobertura se deba principalmente a rebrote de la vegetación afectada (observación personal Dra. Mihöc).

**Tabla 4:** Componente porcentual de la vegetación afectada en la Vega Norte en 2017.

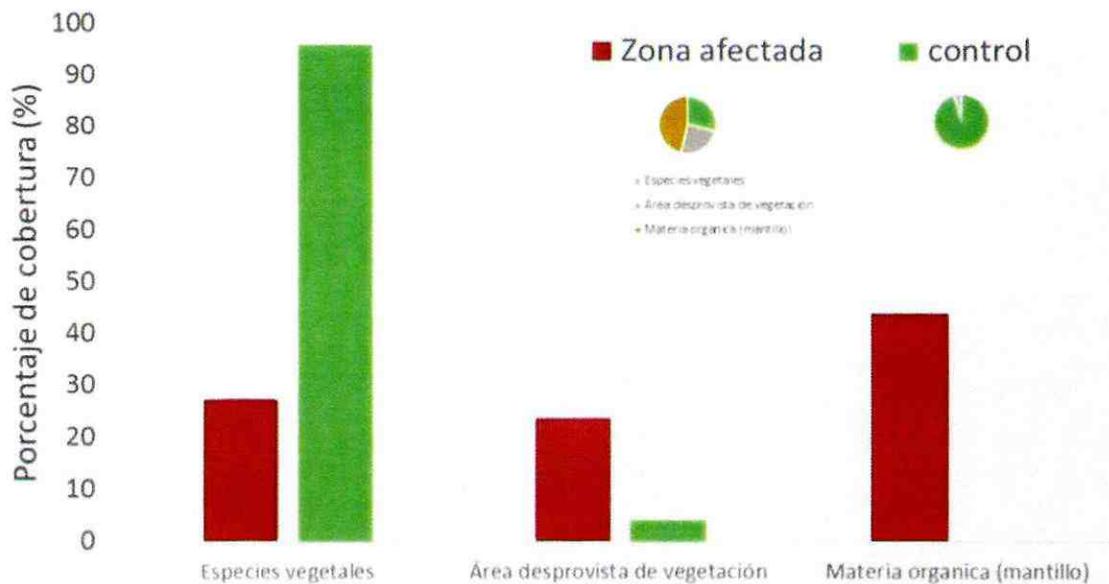
Tipo	Porcentaje
Musgo	5,3
Mantillo	43,9
Suelo desnudo	0,9
Piedras	5,3
Agua	17,5
<i>Oxychloë andina</i>	13,2
<i>Zameioscirpus gaimardioides</i>	11,4
<i>Conf. Deyeuxia</i>	0,9
<i>Halerpestes exilis</i>	1,8

Otro de los resultados destacables corresponde a la incorporación de dos nuevas especies: una Poaceae (conferida al género *Deyeuxia*, cuya determinación a nivel específico no se pudo realizar debido a que los ejemplares encontrados correspondían a juveniles) y *Halerpestes exilis* (Phil.) *Tamura* (Ex *Ranunculus exilis* Phil.), este último también en estado juvenil colonizando principalmente las zonas con afloramientos de agua (de pH neutros) (ver anexo fotográfico). Es importante mencionar que las zonas inundadas en la zona afectada han aumentado de acuerdo al registro del periodo anterior tras los deshielos de la temporada, y que bajo esta categoría se registraron los espejos de agua que se están desarrollando o bien a zonas inundadas producto de la escorrentía de los afloramientos (ver anexo fotográfico).



**Figura 4:** Principales géneros que dan cuenta de la cobertura vegetal en la vega Norte, sector Pozo BT-2 , zona afectada.

Al comparar la cobertura de la vegetación entre la zona afectada con la vegetación de la misma vega pero sin perturbación (control), se da cuenta de las diferencias significativas entre ambas condiciones (Figura 5). El componente principal de la zona no perturbada es la cobertura densa del estrato herbáceo, interrumpido solo en algunas ocasiones por los espejos de agua o los cursos de agua que forman los afloramientos propios de la vega. El mantillo (componente principal de la zona afectada y totalmente cubierto de vegetación en la zona no perturbada), se encuentra cubierto por el desarrollo de individuos de gran talla (o adultos) de las especies *Oxychloë andina* y *Zameioscirpus gaimardiodes* (Tabla 5). Sin embargo, la zona afectada y la zona no perturbada de la vega no presentan diferencias significativas en la riqueza o número de especies encontradas, lo que indica que en la zona afectada se están desarrollando, o rebrotando, las especies que presenta el sistema de forma natural.



**Figura 5:** Comparación del porcentaje de cobertura entre los componentes de la zona afectada de la Vega Norte y el control. Existen diferencias significativas entre todos los porcentajes comparados (*Test de proporciones  $p < 0.005$* ).

En el caso de las áreas desprovistas de vegetación (suelo desnudo, zonas inundadas o con piedras), la zona no perturbada de la vega solo presenta zonas inundadas (Tabla 5), y estas zonas se encuentran confinadas a un espacio menor (determinando una menor cobertura de las zonas inundadas) que en el área afectada de la misma vega (comparación de Tablas 4 y 5).

**Tabla 5:** Componente porcentual de la vegetación no perturbada en la vega.

Tipo	Control (%)
Mantillo	-
Musgo	-
Agua	4,1
Piedras	-
Suelo desnudo	-
<i>Halerpestes exilis</i>	-
<i>Conf. Deyeuxia</i>	2,5
<i>Zameioscirpus gaimardiodes</i>	30,6
<i>Oxychloë andina</i>	62,8

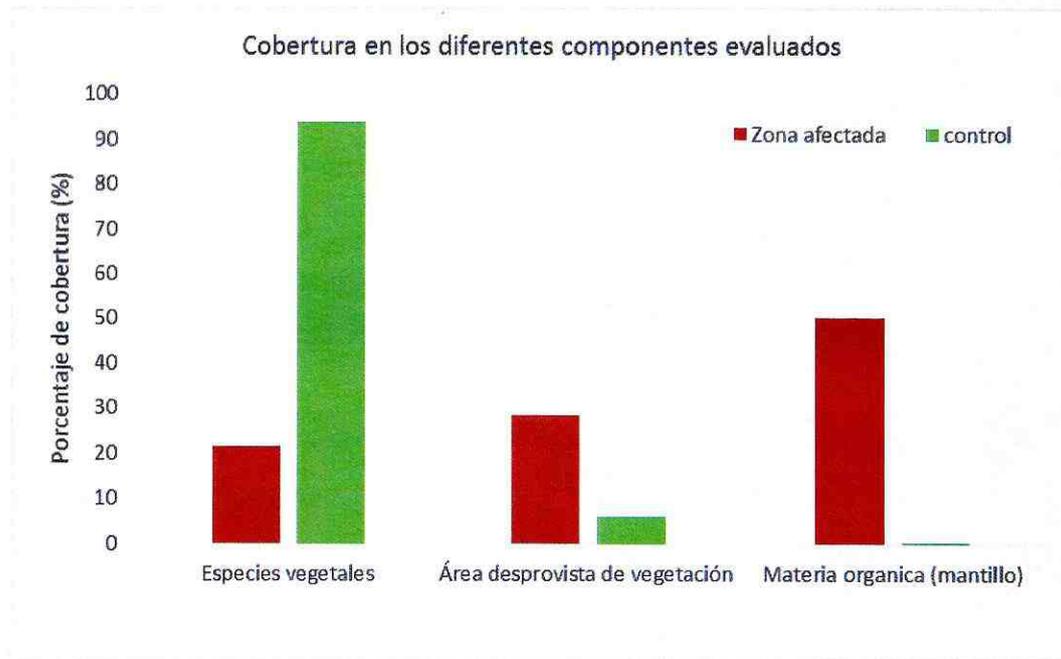
Cabe destacar, que parte del depósito de materiales que dejó el río al entrar en contacto con la vega (Figura 6) se encuentran inundadas, lo que podría estar contribuyendo con la descomposición de materia orgánica presente. Los afloramientos de agua de la vega por su parte, que escurren superficialmente, sumado al escurrimiento superficial producto de deshielos, han permitido que parte de estos materiales se estén lavando contribuyendo a la limpieza natural del sistema. Lo anterior cobra relevancia ya que la colonización de especies observadas en las zonas inundadas solo fue registrada en las regiones donde los afloramientos de la vega ya habían lavado el sistema.



**Figura 6:** zonas inundadas en la zona afectada de la vega.

#### ***Estimaciones a partir de cuadrantes***

Al considerar los porcentajes de coberturas de los distintos componentes evaluados en los cuadrantes de 45cm<sup>2</sup>, se obtienen resultados relativamente consistentes con los obtenidos con la metodología de los puntos de contacto (Figura 7, Tabla 6).



**Figura 7:** Diferencias en coberturas entre los componentes evaluados entre la zona afectada y el control.

La cobertura vegetal entre ambas zonas es significativamente diferente (estadísticamente hablando). Dichas diferencias son explicadas principalmente por la presencia de mantillo en la zona afectada. Sin embargo, las diferencias disminuyen entre las zonas desprovistas de vegetación de ambas regiones de la vega, a modo de ejemplo las zonas inundadas de ambos sectores de la vega no presentan diferencias significativas ( $p > 0,005$ ) (Tabla 6).

En el caso de la cobertura vegetal se registran las mismas especies que se encontraron utilizando los puntos de contacto. No obstante, las proporciones en las que se encuentran varían entre ambos muestreos. La inspección visual del transecto y la vegetación circundante de ambas zonas concuerdan con que este tipo de muestreo representa de mejor forma la vegetación de la vega.

Cabe destacar, que en este muestreo hay una mayor representatividad de los sustratos evaluados, aunque la baja proporción en la que aparecen, deja en evidencia la mayor sensibilidad del muestreo para registrar los componentes que aparecen en una menor proporción. Esto nos permite dar mayor robustez a la evaluación realizada.

**Tabla 6:** Componente porcentual de la vegetación no perturbada en la vega sector Pozo BT-2. \* Diferencias significativas entre los porcentajes (*Test de proporciones*  $p < 0,005$ ).

Tipo	Zona afectada (%)	Control (%)
Musgo	5,0	0,5*
Mantillo	50,3	0,1*
Suelo desnudo	10,0	-*
Piedras	8,0	-*
Agua	10,4	6,1
<i>Oxychloë andina</i>	7,2	53,3*
<i>Zameioscirpus gaimardiodes</i>	8,8	39,2*
<i>Conf. Deyeuxia</i>	0,1	0,8
<i>Halerpestes exilis</i>	0,2	-

### **Evaluación de las parcelas testigo**

Debido a que en el primer año de evaluación no se realizó un muestreo de las especies presentes, no es posible determinar la evolución de la riqueza en las mismas. La evaluación de las parcelas testigo muestra que en ambos casos la cobertura vegetal aumentó (Figura 8, Tabla 7). Los individuos antes registrados (rametes), se presentan este año más densos y de mayor tamaño. De igual forma los puntos de rebrote aumentaron (Figura 8).

**Tabla 7:** Evaluación de la cobertura vegetal en las parcelas testigo de la vega Norte.

TESTIGO	Cobertura 2016 (%)	Cobertura 2017 (%)
Parcela 1	18,9	32,5
Parcela 2	12,8	18,0
Parcela 3*	no evaluada	40,3
Parcela 4*	no evaluada	3,4

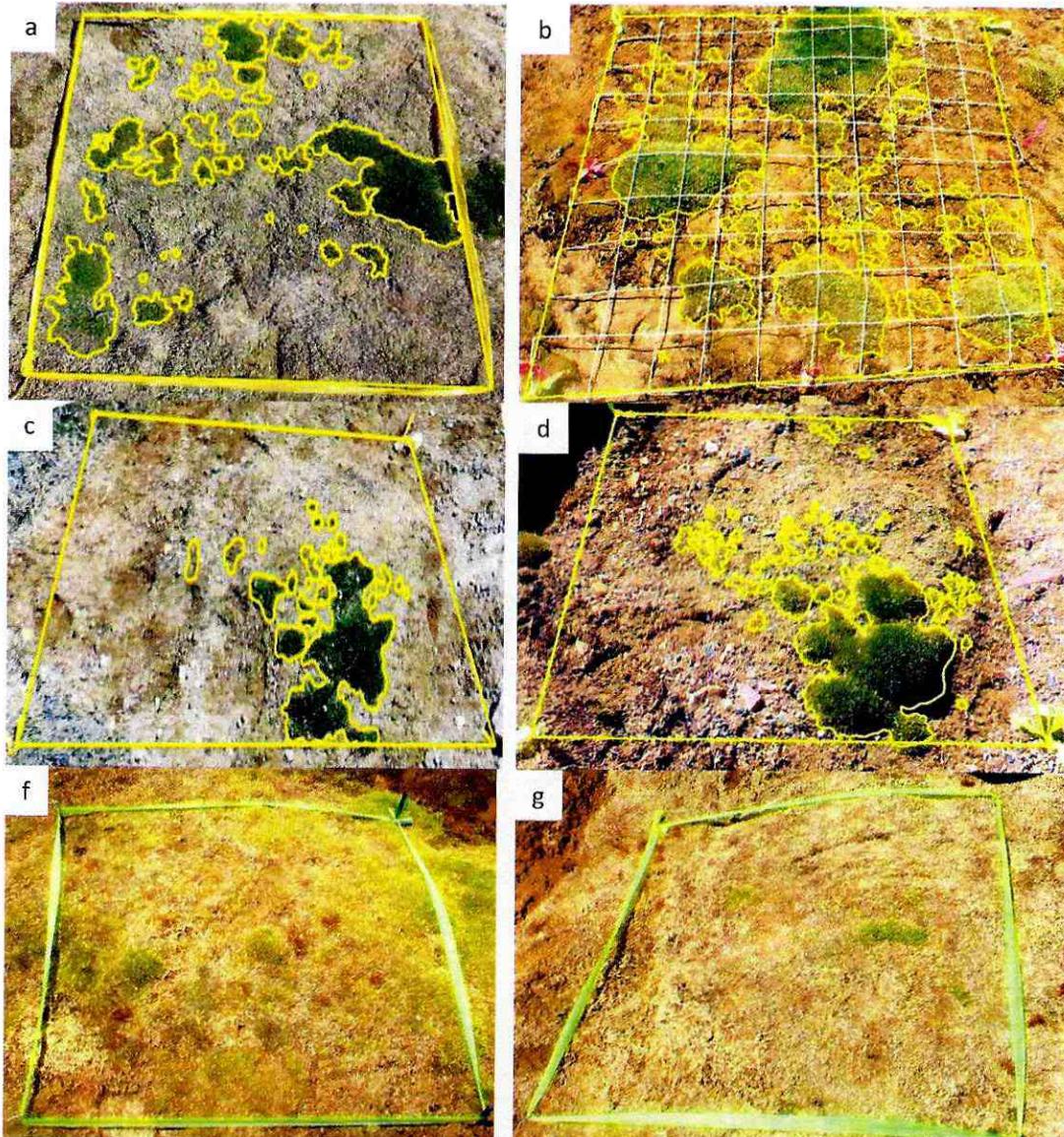
\*Parcela 3 fue ubicada unos metros al norte de la Parcela 1. La Parcela 4 fue ubicada al sur de Parcela 2. Ambas en la zona afectada de la Vega Norte.

El aumento de cobertura no fue proporcional en las parcelas y aunque el número de parcelas evaluadas no permite evaluar estadísticamente la relación, la parcela con una mayor proporción de mantillo presentó un mayor aumento en cobertura (Figura 8). De igual forma los distintos sectores afectados no presentan la misma velocidad de recuperación.

Para poder determinar los posibles factores que determinan una recuperación más rápida de la vega (por ejemplo la presencia de escurrimientos), este año se incorporaron dos nuevas parcelas

testigo (Parcelas 3 y 4), las cuales presentan diferencias en cobertura, distancia a los afloramientos de agua y a los individuos de *Oxychloë* de mayor tamaño y con menor grado de daño.

En todas las parcelas, la mayor parte de la cobertura corresponde a rebrotes de *Oxychloë andina*. No obstante, destaca la presencia de las mismas especies registradas en los transectos.



**Figura 8:** Parcelas testigo en la vega norte. a y c: Parcelas 1 y 2 evaluadas en el 2016; b y d: Parcelas 1 y 2 evaluadas en 2017; f y g: Parcelas incorporadas este año. La cobertura de las especies se calculó en función del contorno de los individuos. Las fotografías fueron tomadas por personal de Bioma Consultores y Ecobiosis.

---

## 6 Conclusiones

Existen diferencias estadísticamente significativas entre los muestreos realizados en el periodo anterior (enero 2016) y el informado en el presente informe (marzo 2017). La mayor parte de las diferencias entre el periodo de evaluación, por parte del SAG en 2016 y la realizada en 2017, se centran en el aumento de la cobertura vegetal y una disminución de las áreas desprovistas de vegetación y mantillo.

También existen diferencias estadísticamente significativas entre la vegetación de la zona no perturbada de la vega y la zona afectada (aun cuando su proximidad física determina que ambas zonas presenten la misma pendiente, exposición y composición de especies), la diferencia en cobertura vegetal y aumento de la misma, permite establecer que la zona afectada se encuentra en etapas tempranas de regeneración y donde se observó la presencia de las mismas especies que componen la vega en su parte sana.

A su vez, el proceso de regeneración de la vegetación de la vega se evidencia por rebrote de individuos en casi toda el área afectada (Observación personal Dra. Mihöc, Figura 9) y el mayor tamaño de los individuos registrados en la temporada anterior.



Figura 9: Rebrote de *Oxychloë andina*.

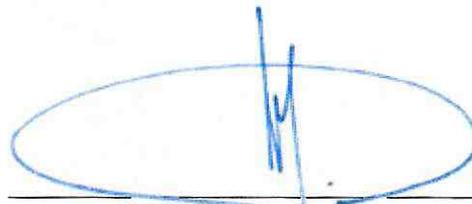
## 7 Recomendaciones

Es necesario conservar inalterado el mantillo presente en la zona afectada evaluada, asumido como materia vegetal muerta en proceso de descomposición, debido i) a que pueden presentar rebrote potencial de los individuos, o bien ii) debido a que en este momento corresponde al principal sustrato donde se está regenerando la vegetación observada.



**Tania Altamirano Azócar**

Profesional Líder  
Bioma Consultores S.A.



**Alexis Zepeda Contreras**

Gerente de Proyectos y Operaciones  
Bioma Consultores S.A.

---

## 8 Referencias

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 p.

Bråkenhielm, S. & Qinghong, L. (1995). Water Air Soil Pollution 79: 75-87

Ministerio del Medio Ambiente (2011). Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales.

## 9 Anexos

### 9.1 Anexo 1.

Registro de la cobertura de los componentes en la zona afectada de la vega y el control.

Distancia desde el origen	Zona de la vega	Cobertura (%)								
		<i>Oxychloë andina</i>	<i>Zameioscirpus gaimardoides.</i>	Musgo	Mantillo	Suelo desnudo	Piedras	Agua	<i>Deyeuxia sp.</i>	<i>Halerpestes exilis</i>
0,00	Área perturbada	80	10	0	5	5	0	0	0	0
0,20	Área perturbada	30	60	0	0	10	0	0	0	0
0,40	Área perturbada	25	75	0	0	0	0	0	0	0
0,60	Área perturbada	20	30	5	10	35	0	0	0	0
0,80	Área perturbada	5	10	15	40	30	0	0	0	0
1,00	Área perturbada	0	5	0	80	15	0	0	0	0
1,20	Área perturbada	5	0	0	95	0	0	0	0	0
1,40	Área perturbada	0	0	10	90	0	0	0	0	0
1,60	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
1,80	Área perturbada	0	1	0	60	39	0	0	0	0
2,00	Área perturbada	0	0	0	95	5	0	0	0	0
2,20	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
2,40	Área perturbada	0	0	0	70	30	0	0	0	0
2,60	Área perturbada	0	0	0	90	10	0	0	0	0
2,80	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
3,00	Área perturbada	0	0	0	0	0	0	100	0	0
3,20	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
3,40	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
3,60	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
3,80	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
4,00	Área perturbada	0	0	0	45	0	0	55	0	0
4,20	Área perturbada	0	0	0	0	0	30	70	0	0
4,40	Área perturbada	0	0	0	0	0	0	100	0	0
4,60	Área perturbada	0	0	0	60	0	5	35	0	0
4,80	Área perturbada	0	0	0	70	25	5	0	0	0
5,00	Área perturbada	0	0	0	0	0	100	0	0	0
5,20	Área perturbada	0	0	0	15	0	85	0	0	0
5,40	Área perturbada	0	0	0	50	47	3	0	0	0

5,60	Área perturbada	0	0	0	0	50	50	0	0	0
5,80	Área perturbada	20	0	0	40	35	5	0	0	0
6,00	Área perturbada	0	0	0	40	0	60	0	0	0
6,20	Área perturbada	0	0	0	95	0	5	0	0	0
6,40	Área perturbada	5	1	10	84	0	0	0	0	0
6,60	Área perturbada	0	5	5	90	0	0	0	0	0
6,80	Área perturbada	0	0	0	90	10	0	0	0	0
7,00	Área perturbada	0	0	0	60	40	0	0	0	0
7,20	Área perturbada	0	0	0	90	5	5	0	0	0
7,40	Área perturbada	0	10	0	75	15	0	0	0	0
7,60	Área perturbada	100	0	0	0	0	0	0	0	0
7,80	Área perturbada	90	5	0	5	0	0	0	0	0
8,00	Área perturbada	25	30	0	35	10	0	0	0	0
8,20	Área perturbada	0	0	0	75	25	0	0	0	0
8,40	Área perturbada	0	0	0	70	0	0	30	0	0
8,60	Área perturbada	0	0	0	70	30	0	0	0	0
8,80	Área perturbada	0	0	0	80	20	0	0	0	0
9,00	Área perturbada	1	0	0	94	5	0	0	0	0
9,20	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
9,40	Área perturbada	10	35	5	45	5	0	0	0	0
9,60	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
9,80	Área perturbada	0	1	0	94	5	0	0	0	0
10,00	Área perturbada	10	0	0	0	90	0	0	0	0
10,20	Área perturbada	0	0	0	60	40	0	0	0	0
10,40	Área perturbada	0	0	0	70	30	0	0	0	0
10,60	Área perturbada	0	0	0	60	30	10	0	0	0
10,80	Área perturbada	0	0	0	0	0	20	80	0	0
11,00	Área perturbada	0	0	0	0	0	40	60	0	0
11,20	Área perturbada	0	0	0	0	0	80	20	0	0
11,40	Área perturbada	0	0	0	0	0	95	5	0	0
11,60	Área perturbada	0	0	0	5	0	95	0	0	0
11,80	Área perturbada	0	0	0	5	35	0	60	0	0
12,00	Área perturbada	0	0	0	0	0	90	10	0	0
12,20	Área perturbada	0	0	0	40	40	20	0	0	0
12,40	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
12,60	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
12,80	Área perturbada	0	30	0	65	5	0	0	0	0
13,00	Área perturbada	0	5	0	90	5	0	0	0	0
13,20	Área perturbada	0	1	0	80	19	0	0	0	0
13,40	Área perturbada	0	80	10	0	10	0	0	0	0
13,60	Área perturbada	0	15	50	35	0	0	0	0	0
13,80	Área perturbada	0	10	0	30	0	0	60	0	0
14,00	Área perturbada	0	1	0	55	0	0	44	0	0

14,20	Área perturbada	0	0	50	40	0	0	0	10	0
14,40	Área perturbada	1	0	0	75	24	0	0	0	0
14,60	Área perturbada	70	20	0	10	0	0	0	0	0
14,80	Área perturbada	0	5	0	55	40	0	0	0	0
15,00	Área perturbada	0	0	0	95	0	0	0	0	5
15,20	Área perturbada	0	0	0	60	0	0	30	0	10
15,40	Área perturbada	0	0	0	0	0	0	95	0	5
15,60	Área perturbada	0	5	0	95	0	0	0	0	0
15,80	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
16,00	Área perturbada	0	0	0	5	0	0	95	0	0
16,20	Área perturbada	0	0	0	0	0	0	100	0	0
16,40	Área perturbada	0	0	0	95	0	0	0	0	5
16,60	Área perturbada	0	0	0	100	0	0	0	0	0
16,80	Área perturbada	5	3	0	92	0	0	0	0	0
17,00	Área perturbada	3	0	3	74	20	0	0	0	0
17,20	Área perturbada	5	0	80	15	0	0	0	0	0
17,40	Área perturbada	1	0	0	59	40	0	0	0	0
17,60	Área perturbada	0	0	1	99	0	0	0	0	0
17,80	Área perturbada	20	55	15	5	5	0	0	0	0
18,00	Área perturbada	30	47	20	3	0	0	0	0	0
18,20	Área perturbada	10	0	90	0	0	0	0	0	0
18,40	Área perturbada	15	40	30	15	0	0	0	0	0
18,60	Área perturbada	0	40	0	5	55	0	0	0	0
18,80	Área perturbada	0	3	1	96	0	0	0	0	0
19,00	Área perturbada	10	30	40	15	5	0	0	0	0
19,20	Área perturbada	0	25	0	75	0	0	0	0	0
19,40	Área perturbada	40	60	0	0	0	0	0	0	0
19,60	Área perturbada	0	60	30	0	10	0	0	0	0
19,80	Área perturbada	30	60	10	0	0	0	0	0	0
20,00	Área perturbada	60	20	20	0	0	0	0	0	0
0,00	Control	90	7	0	0	0	0	0	3	0
0,20	Control	85	15	0	0	0	0	0	0	0
0,40	Control	60	35	0	5	0	0	0	0	0
0,60	Control	80	20	0	0	0	0	0	0	0
0,80	Control	80	5	0	5	0	0	0	10	0
1,00	Control	75	25	0	0	0	0	0	0	0
1,20	Control	85	10	5	0	0	0	0	0	0
1,40	Control	90	5	0	0	0	0	0	5	0
1,60	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
1,80	Control	40	60	0	0	0	0	0	0	0
2,00	Control	85	15	0	0	0	0	0	0	0
2,20	Control	95	5	0	0	0	0	0	0	0
2,40	Control	95	5	0	0	0	0	0	0	0

2,60	Control	95	5	0	0	0	0	0	0	0
2,80	Control	90	5	0	0	0	0	0	5	0
3,00	Control	80	5	0	5	0	0	0	10	0
3,20	Control	90	10	0	0	0	0	0	0	0
3,40	Control	100	0	0	0	0	0	0	0	0
3,60	Control	85	15	0	0	0	0	0	0	0
3,80	Control	50	0	0	0	0	0	50	0	0
4,00	Control	50	0	0	0	0	0	50	0	0
4,20	Control	90	5	0	0	0	0	5	0	0
4,40	Control	0	0	0	0	0	0	100	0	0
4,60	Control	0	95	0	0	0	0	5	0	0
4,80	Control	0	95	0	0	0	0	5	0	0
5,00	Control	10	90	0	0	0	0	0	0	0
5,20	Control	60	40	0	0	0	0	0	0	0
5,40	Control	60	40	0	0	0	0	0	0	0
5,60	Control	0	0	0	0	0	0	100	0	0
5,80	Control	0	0	0	0	0	0	100	0	0
6,00	Control	0	0	0	0	0	0	100	0	0
6,20	Control	0	0	0	0	0	0	100	0	0
6,40	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
6,60	Control	25	75	0	0	0	0	0	0	0
6,80	Control	20	80	0	0	0	0	0	0	0
7,00	Control	25	70	5	0	0	0	0	0	0
7,20	Control	20	80	0	0	0	0	0	0	0
7,40	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
7,60	Control	100	0	0	0	0	0	0	0	0
7,80	Control	100	0	0	0	0	0	0	0	0
8,00	Control	100	0	0	0	0	0	0	0	0
8,20	Control	80	20	0	0	0	0	0	0	0
8,40	Control	78	20	0	0	0	0	0	2	0
8,60	Control	98	2	0	0	0	0	0	0	0
8,80	Control	93	5	0	0	0	0	0	2	0
9,00	Control	99	0	0	0	0	0	0	1	0
9,20	Control	95	0	0	0	0	0	0	5	0
9,40	Control	75	20	0	0	0	0	0	5	0
9,60	Control	15	75	0	0	0	0	0	10	0
9,80	Control	45	50	0	0	0	0	0	5	0
10,00	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
10,20	Control	30	65	0	0	0	0	0	5	0
10,40	Control	30	65	0	0	0	0	0	5	0
10,60	Control	25	75	0	0	0	0	0	0	0
10,80	Control	25	75	0	0	0	0	0	0	0
11,00	Control	25	70	0	0	0	0	0	5	0

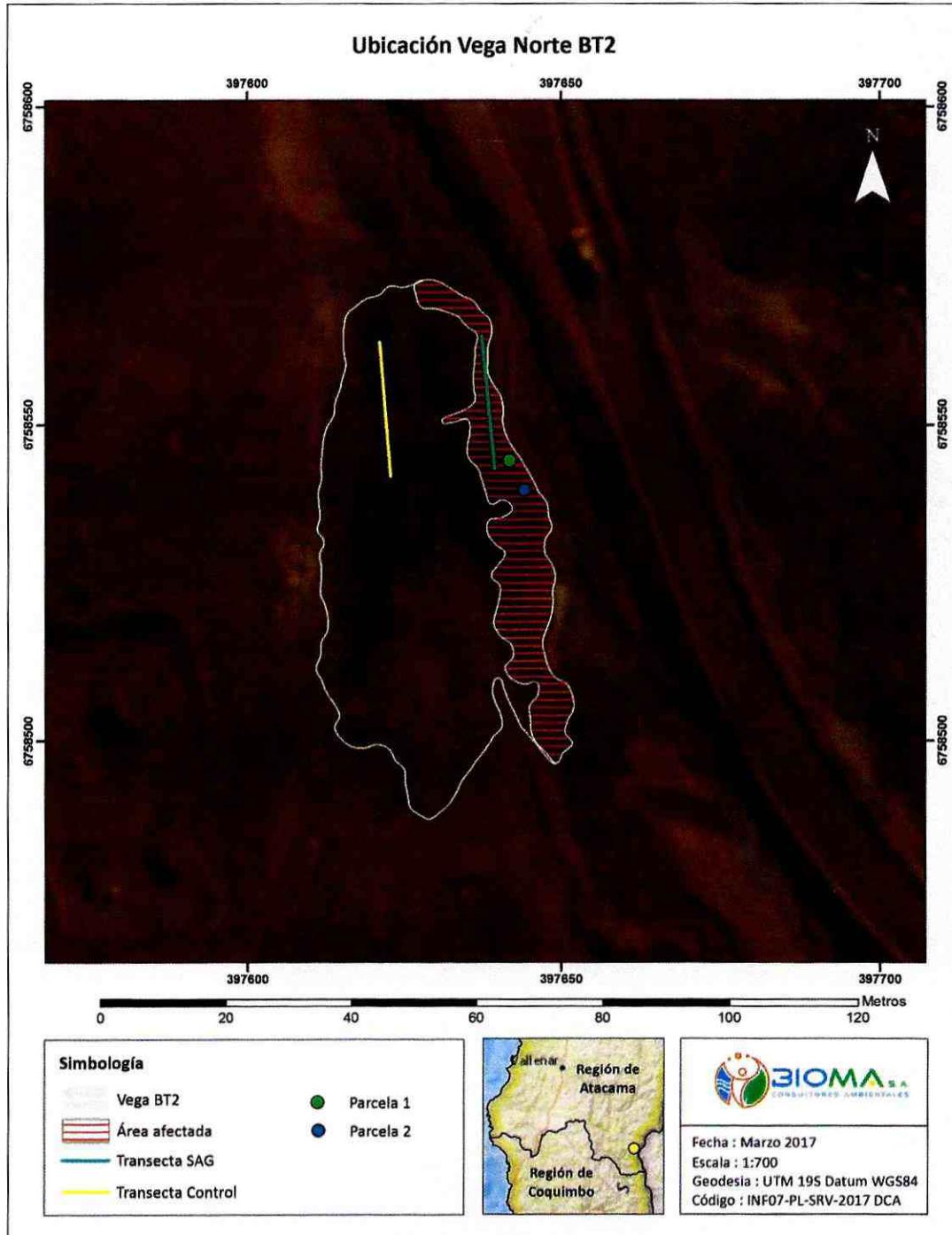
11,20	Control	25	70	0	0	0	0	0	5	0
11,40	Control	70	30	0	0	0	0	0	0	0
11,60	Control	20	80	0	0	0	0	0	0	0
11,80	Control	30	70	0	0	0	0	0	0	0
12,00	Control	10	90	0	0	0	0	0	0	0
12,20	Control	20	80	0	0	0	0	0	0	0
12,40	Control	10	90	0	0	0	0	0	0	0
12,60	Control	20	80	0	0	0	0	0	0	0
12,80	Control	10	90	0	0	0	0	0	0	0
13,00	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
13,20	Control	70	30	0	0	0	0	0	0	0
13,40	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
13,60	Control	20	80	0	0	0	0	0	0	0
13,80	Control	100	0	0	0	0	0	0	0	0
14,00	Control	80	20	0	0	0	0	0	0	0
14,20	Control	10	90	0	0	0	0	0	0	0
14,40	Control	30	70	0	0	0	0	0	0	0
14,60	Control	40	60	0	0	0	0	0	0	0
14,80	Control	30	70	0	0	0	0	0	0	0
15,00	Control	20	80	0	0	0	0	0	0	0
15,20	Control	40	60	0	0	0	0	0	0	0
15,40	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
15,60	Control	80	20	0	0	0	0	0	0	0
15,80	Control	90	10	0	0	0	0	0	0	0
16,00	Control	10	90	0	0	0	0	0	0	0
16,20	Control	10	80	10	0	0	0	0	0	0
16,40	Control	90	10	0	0	0	0	0	0	0
16,60	Control	98	2	0	0	0	0	0	0	0
16,80	Control	90	10	0	0	0	0	0	0	0
17,00	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
17,20	Control	70	30	0	0	0	0	0	0	0
17,40	Control	70	30	0	0	0	0	0	0	0
17,60	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
17,80	Control	10	90	0	0	0	0	0	0	0
18,00	Control	95	5	0	0	0	0	0	0	0
18,20	Control	60	40	0	0	0	0	0	0	0
18,40	Control	70	30	0	0	0	0	0	0	0
18,60	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
18,80	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
19,00	Control	40	60	0	0	0	0	0	0	0
19,20	Control	40	40	20	0	0	0	0	0	0
19,40	Control	60	30	10	0	0	0	0	0	0
19,60	Control	20	80	0	0	0	0	0	0	0

---

19,80	Control	50	50	0	0	0	0	0	0	0
20,00	Control	100	0	0	0	0	0	0	0	0

**9.2 Anexo 2.**

Cartografía con ubicación de transectas y parcelas evaluadas en 2017.



### 9.3 Anexo 3.

#### Registros fotográficos



Evaluación transecta: Imagen de la izquierda, 20 de enero de 2016. Imagen de la derecha, 9 de marzo de 2017.



Evaluación transecta: 20 enero 2016 y 9 de marzo 2017. Se observan escurrimientos superficiales y aumento de la cobertura vegetal en la zona afectada.



Comparación del sector. Izquierda, vista el día 20 de enero de 2016. Derecha, vista del día 9 de marzo de 2017. En terreno se observó también un aumento en la cobertura de briófitas en relación al año 2016.



Panorámica del sector afectado de la Vega Norte: Imagen superior, 3 de diciembre de 2015. Imagen inferior, 9 de marzo de 2017.



*Halerpestes exilis* en la zona afectada de la vega con presencia de escurrimiento superficial.



Presencia de rebrotes entre el mantillo en la zona afectada. El tamaño aproximado del rebrote es de 1 cm.



Transecta control realizada el 9 de marzo de 2017.

## 10 Responsables de la Actividad

INSTITUCIÓN	NOMBRE	CARGO	PROFESIÓN	ACTIVIDAD
Bioma Consultores SA	Tania Altamirano	Líder Área	Biólogo Ambiental	Coordinación, muestreo, revisión
Laboratorio Ecobiosis	Dra. Maritza Mihöc	-	Botánico Especialista en Sistemática y Taxonomía de Especies Nativas	Evaluación y muestreo en terreno. Análisis de datos, Informe técnico.