

ALTO MAIPO SpA

DIAGNÓSTICO DE LA VEGA EY-1 EN EL SECTOR DE ACCESO AL PUENTE EL YESO



Abril 2017



Autor: Santiago Ríos

Ingeniero Forestal,

Diplomado derecho ambiental, diplomado rehabilitación ambiental

Certificación acreditador Forestal CONAF RAF-XIII-022 N

INDICE

1. Introducción.....	2
2. Objetivos.....	2
3. Revisión bibliográfica.....	3
3.1. Definición de humedal y vega.....	3
3.2. Ecología.....	4
3.3. Perturbaciones.....	6
4. Antecedentes.....	6
4.1. Situación Inicial (2007).....	9
4.2. Construcción del acceso al puente el Yeso (2012).....	10
4.3. Situación Actual, periodo 2013-2017.....	11
5. Metodología.....	15
6. Resultados de diagnóstico.....	18
6.1. Área potencial.....	18
6.2. Área afecta.....	20
6.3. Estado Actual de la Vega y Área degradada Aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso	20
7. Conclusiones y sugerencias.....	23
8. Bibliografía.....	24
Anexo Fotográfico	26

1. Introducción.

El presente estudio se desarrolla en el contexto del Programa de Cumplimiento presentado por Alto Maipo SpA en respuesta a la formulación de cargos de la Superintendencia del Medio Ambiente, específicamente asociado al cargo N°1, y corresponde a un Diagnóstico de la situación actual y pasada de la vega EY-1, en una porción que fue intervenida para la construcción de una sección del camino privado que conecta la ruta pública G455 con el puente que cruza el río Yeso, el cual permite la conectividad con las obras que se desarrollan en el sector denominado Lo Encañado.

El diagnóstico entrega la superficie donde se encontraba distribuida la vega EY-1, de forma previa a la intervención; además de las dimensiones del área de vega que se eliminó producto del emplazamiento de la obra (camino de acceso); la superficie de la vega que se ha visto degradada a raíz de la fragmentación producida por la obra; así como la composición florística de la formación vegetal en su estado pasado y actual.

Para tales efectos, la elaboración del diagnóstico se apoya en estudios previos e información bibliográfica disponible, el uso de imágenes históricas y actuales del sector, así como visitas de campo actuales.

Cabe señalar que la Vega EY-1 fue descrita e identificada en la Línea de Base de la flora y vegetación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto (EIA, 2008), como una formación herbácea correspondiente a una pradera húmeda, de alta cobertura, en donde predominan la especie *Carex gayana*, *Juncus articus* y *Poa pratensis*.

2. Objetivos.

- Identificar y clasificar la formación de vega de acuerdo al concepto de área máxima potencial de la vegetación azonal.
- Especificar secuencialmente las causas de perturbación de la vega para precisar y delimitar aquellas que fueron causadas por la construcción del camino.
- Determinar el área de vega que fue afectada y eliminada por la construcción del camino y el área contigua donde se observa degradación de la vegetación producto de la perturbación producida por el camino.

3. Revisión bibliográfica.

3.1. Definición de humedal y vega

Los humedales son “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal (Ramsar, 2005).

Los humedales, incluidos: pantanos, marismas, lagos, vegas, bofedales, salares pastizales húmedos, turberas y estuarios, están integrados a la cuenca hidrográfica, y se caracterizan por poseer una diversidad biológica única y un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales. Su alta fragilidad está asociada a causas naturales, como el cambio en el régimen pluviométrico y también a causas antrópicas, como las actividades de drenaje, pastoreo excesivo, o alteración en el régimen hídrico. Los humedales están asociados a sustratos saturados temporal o permanentemente, los que permiten la existencia y desarrollo de biota acuática. Estos ecosistemas cuya existencia depende de las condiciones hídricas del suelo y de la materia orgánica, sobreviven gracias al aporte de agua constante de escorrentías glaciales, manantiales y un nivel freático alto. Debido a estas características, los humedales constituyen un refugio para diferentes especies de flora y fauna, proveyéndoles los insumos necesarios para su supervivencia (Emagua, 2006).

De acuerdo a Conama, 2006, las principales diferencias entre las vegas y los bofedales son que, las primeras están dominadas por juncáceas en cojín (*Scirpus americanus*), en cambio los bofedales presentan una predominancia de gramíneas (*Oxychloe andina* y *Distichia muscoides*). Además, las vegas se encuentran a una menor altitud que los bofedales (estos últimos se encuentran sobre los 2800 msnm), poseen mayor salinidad, se encuentran en zonas menos lluviosas y presentan un microrelieve más plano que los bofedales.

Para efectos de delimitación se considerará la presencia y máxima extensión areal (cobertura) de la vegetación hidrófila. Tratándose de ambientes que carezcan de vegetación hidrófila se utilizará para la delimitación la presencia de otras expresiones de biota acuática (DS 82/2010 Minagri).

3.2. Ecología

Ecológicamente, los humedales están constituidos por componentes vivos (bióticos) y no vivos (abióticos), que interactúan activamente como una unidad ecológica. Estos componentes generan interacciones a través de las cuales son capaces de modificarse mutuamente, y determinar en último término, los estados futuros del ecosistema. A diferencia de los ecosistemas terrestres, los humedales suelen presentar una gran variabilidad, tanto en el tiempo como en el espacio. Esto tiene efectos muy importantes sobre la diversidad biológica que habita en los humedales, ya que deben desarrollar adaptaciones para sobrevivir a estos cambios, que pueden llegar a ser muy extremos, por ejemplo, ciclos hidrológicos anuales con períodos de sequía e inundación extremos (Ahumada et al, 2011). Particularmente, los humedales altoandinos son ecosistemas frágiles, escasos y con un endemismo relevante. Han sido utilizados históricamente por grupos humanos y desde hace varias décadas por un sector relevante de la economía, la minería. Constituyen lugares de alta relevancia en cuanto a diversidad biológica y por su rol en los sistemas productivos de las comunidades indígenas (MMA, 2014).

Los humedales en general, presentan un patrón de distribución azonal, lo que corresponde a un modelo de distribución de una comunidad o especie que responde fundamentalmente a condiciones locales, y para el caso de los humedales están acotadas a características de sustrato, suministro hídrico y en el caso de humedales altiplánicos a afloramiento salino. Los humedales de altura corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, correlacionados con un aporte hídrico permanente y constante durante la temporada de crecimiento de las especies vegetales que lo componen (fines de primavera, verano e inicios de otoño) y que, desde el punto de vista de la vegetación, se caracterizan por su presencia en ambientes normalmente árido-fríos, asociados a la Cordillera de Los Andes, en donde en medio de matrices arbustivas o herbáceas de escaso o bajo cubrimiento (inferiores a 30% normalmente) y baja estratificación (habitualmente inferiores a 1 m) aparecen resaltando con su mayor actividad vegetativa y sus mayores cubrimientos (normalmente sobre el 50 % (Ahumada et al, 2011).

Muñoz et al, 2000, en su caracterización florística y pisos de vegetación en los Andes de Santiago, describe las vegas como una vegetación azonal de amplia distribución en los Andes, que se desarrollan en las laderas con afloramientos de agua, fondos de quebradas y hondonadas resultantes de procesos del modelado coluvial, glacial y tectónico, interrumpiendo la distribución de las estepas y matorrales zonales. Señala que se componen de praderas densamente cubiertas

por Juncáceas, Ciperáceas, principalmente *Patosia clandestina*, *Oxychloe andina*, *Juncus lesueuri*, *J. stipulatus* y *Carex gayana*, más una gran diversidad de especies pequeñas como *Gentiana prostrata*, *Pratia repens*, *Colobanthus quitensis*, *Erigeron aff. Myosotis*, *Eleocharis albibracteata* y *Scirpus macrolepis*. Junto a los cursos de agua se desarrolla una densa cubierta de especies palustres y acuáticas: *Hydrocotyle ranunculoides*, *Verónica anagallis-aquatica*, *Rippa nasturium-aquaticum*, *Cotula coronopifolia*, *Scirpus cernuus*, *Mimulus luteus*, *M. glabratus*, *Baccharis juncea*, *Azolla filiculoides* y *Senecio fistulosus*. En los márgenes de las vegas predominan *Acaena magellanica*, *Calceolaria biflora*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca Kurtziana* y *Poa aff. Denudata*. El conjunto de las vegas presenta notorios signos de intervención antrópica (por pastoreo de ganado), que se manifiesta en la presencia de un gran número de especies introducidas como *Trifolium repens*, *Tanacetum parthenium*, *Anthemis cotula*, *Plantago lanceolata*, *Melilotus sp.*, *Rumex acetosella* y *Taraxacum officinale*.

Teillier (2011), indica que las vegas, si bien en apariencia son muy homogéneas, hay recambio de especies a lo largo de su distribución en altitud y también diferencias relacionadas con el tipo de suelo y la historia de uso. Producto de ello, propone dos grupos:

- a) Vega con *Patosia clandestina*, que se ubica en sitios con humedad permanente, flujo de agua tipo laminar y poco escurrimiento de agua. Son frecuentes en las cabeceras de los cursos de agua ubicadas por sobre los 3.000 m de altitud, y se caracterizan por la presencia frecuente de hierbas perennes que forman cojines convexos, principalmente compuestos por *Patosia clandestina*, *Oxychloe bisexualis* y *Zameiscirpus gaimardioides*, y por especies acompañantes de *Carex spp.*, *Eleocharis spp.*, *Juncus stipulatus*, *Agrostis glabra* y *Poa acinaphylla*, entre otras.
- b) Vega con *Juncus balticus*, las que disponen de menos humedad y se sitúan entre los pisos subandino y andino (1800 m – 2800), generalmente en áreas con afloramientos de agua en planicie, generando situaciones similares a un pantano. *Juncus balticus* es la especie dominante y como codominantes aparecen *Carex gayana* y *C. macloviana*, *Eleocharis pseudoalbibracteata*, *Phylloscirpus acaulis*, *Juncus stipulatus*, *Agrostis glabra*, *Polypogon australis*, *Acaena magellanica*, *Astragalus looseri*, *A. pehuenches*.

3.3. Perturbaciones

Las perturbaciones son procesos que afectan la estructura y funcionamiento de los humedales. Dependiendo de la naturaleza de la perturbación, será la calidad y magnitud del efecto que se genera sobre el ecosistema. De este modo, podemos señalar que perturbaciones de tipo físico pueden superar la capacidad de resiliencia del sistema, llevándolo a un estado diferente del observado en condiciones naturales (Ahumada et al, 2011). Con la creciente extracción de agua desde los acuíferos y cauces naturales a una velocidad mayor que la recarga, sumado a los cambios en los patrones de precipitaciones y el retroceso de los glaciares que alimentan cauces y lagos en gran parte del territorio chileno se genera un escenario complejo para la mantención de ecosistemas frágiles (MMA, 2014). Los bofedales altoandinos han sido fragmentados por la construcción de caminos y carreteras, alterando el flujo normal de las aguas; introducción de especies exóticas vegetales o animales que amenazan el frágil equilibrio; contaminación; drenaje, para expansión de la agricultura o para actividades productivas y extractivas, restándole agua necesaria para sobrevivir (EMAGUA, 2006).

La revitalización y restauración de los paisajes contaminados mediante la restauración de humedales puede recuperar el funcionamiento de los ecosistemas y ofrecer hábitats sostenibles, un aprovechamiento económico y beneficios sociales, como actividades educativas, mejoras en la calidad del agua, provisión de hábitats para la vida silvestre y actividades recreativas.

En algunos casos, la degradación de los humedales es tan grave que no es posible la restauración de algún tipo de humedal histórico, por ejemplo la pérdida total de suelos orgánicos, que obliga a llevar a cabo la restauración sobre un sustrato mineral. Incluso en tales circunstancias, pueden existir oportunidades para reavivar los procesos de los humedales y recuperar servicios ecosistémicos importantes más que tipos específicos de humedales (MMA, 2014).

4. Antecedentes.

La Central hidroeléctrica de pasada Alto Maipo, construyó en el año 2012 un acceso de aproximadamente 338 metros de largo que conecta la ruta pública G-455 con el puente que cruza el río Yeso y permite la conectividad con las obras que se desarrollan en el sector denominado Lo Encañado. Este lugar se encuentra a unos 15 km de El Romeral (Figura 1) en la ruta pública G-455.

La habilitación de este acceso implicó el cruce de una vega, produciendo una fragmentación de la formación vegetal. Esta vega es parte de la formación vegetal identificada en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA, 2008) como **Vega EY-1** (Figura 2, Foto N°1). En dicho estudio, esta vega fue descrita como una pradera húmeda compuesta principalmente por *Carex gayana*, *Juncus articus* y *Poa pratensis*, especies higrófilas altoandinas que se distribuyen y desarrollan gracias a los diversos afloramientos de agua subterránea que se encuentran en las laderas.



Figura 1. Sector de estudio.

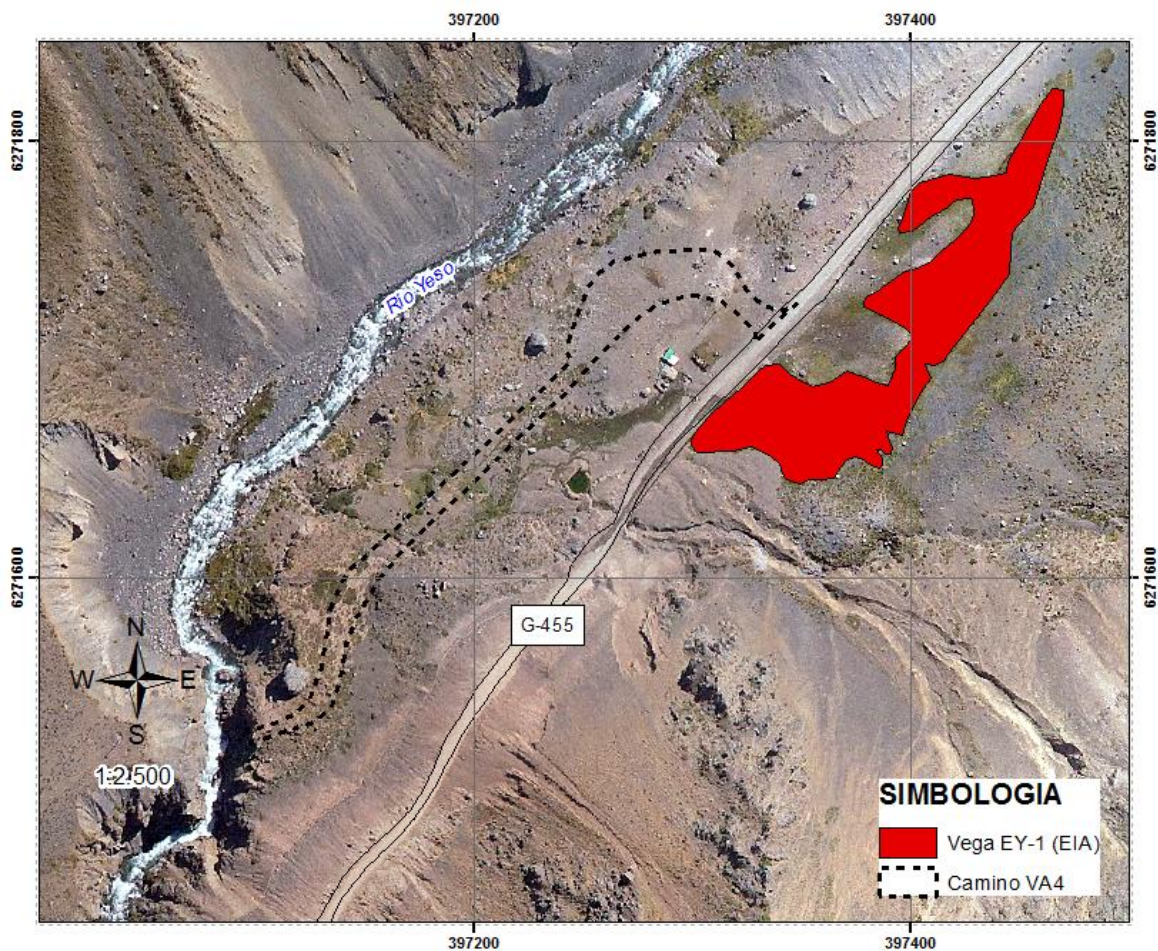


Figura 2. Identificación Vega original en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA, 2008), sobre la base del vuelo aéreo privado año 2007.

En el año 2007 la vega EY-1 ya se encontraba fragmentada por la construcción de la ruta pública G-455, además ha sido perturbada por otras actividades y proyectos. Dado este escenario, surge la necesidad de identificar las causas y oportunidad de las distintas situaciones que han determinado el estado actual de esta formación vegetal.

4.1. Situación Inicial (2007)

La vega EY-1, antes de la construcción del acceso al puente El Yeso, se encontraba fragmentada por la existencia del camino público G-455, el cual había generado una interrupción y desviación de una parte del caudal de agua hacia la alcantarilla 1 (Figura 3, Foto N°2 y N°3). El flujo de agua, luego de cruzar el camino por esta alcantarilla, era captado en un pequeño dique para luego ser devuelto al cauce original. Considerando la condición rústica del camino, es plausible suponer que la otra parte del caudal que no se desvió, haya continuado atravesando superficialmente y sub-superficialmente el camino público, manteniendo el curso natural del escurrimiento. Se puede observar en la imagen aérea del año 2007 (Vuelo privado), que a pesar de la fragmentación provocada por el camino público, la vegetación de la vega se mantenía activa.

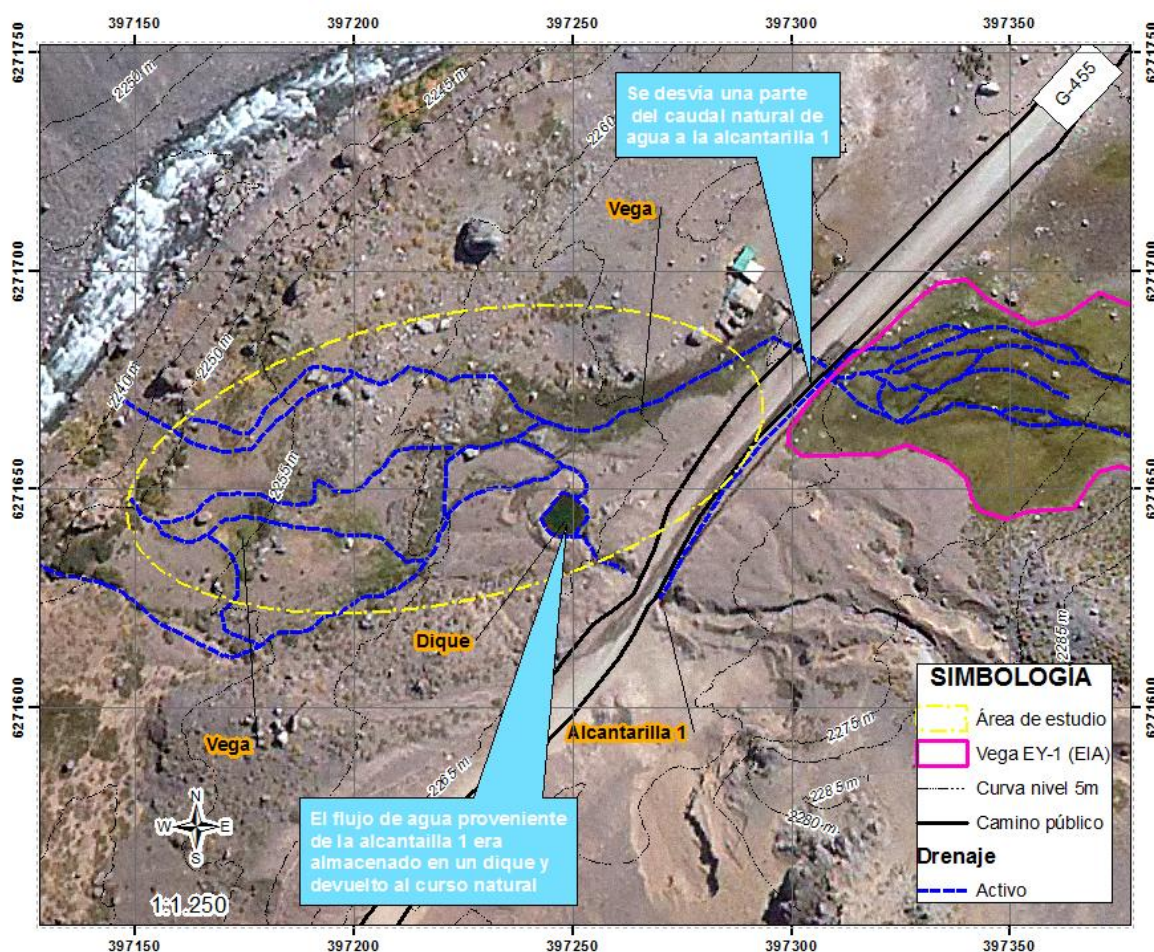


Figura 3. Situación antes de la construcción de camino VA4 (Imagen aérea de Vuelo privado, 2007)

4.2. Construcción del acceso al puente el Yeso (2012)

El acceso al puente El Yeso se construyó habilitando una faja de 8 m de ancho aproximadamente, la cual atravesó una zona donde se encontraba la vega, produciéndose una afectación directa debido a la eliminación de la vegetación de la vega y una degradación secundaria de otra parte de la formación localizada aguas abajo de la huella habilitada producto de la fragmentación. La construcción del acceso al puente produjo también la interrupción del flujo de agua el cual fue desviado hacia la alcantarilla 2 (Figura 4, Foto N°4 y N°5), para luego evacuar en una quebrada cercana. En la zona intervenida también se encontraba una formación de matorral, vegetación que se intervino mediante autorización del DS82/14-20/12.

Es importante señalar que el acceso al puente considera como área de intervención aquella compuesta por la calzada del camino nuevo, las áreas de terraplén y las obras de seguridad, las cuales fueron incluidas en el diseño de ingeniería y de construcción, quedando de manifiesto que no se realizó ni desarrolló ninguna otra actividad fuera de esta zona que pudiera haber producido algún efecto de degradación de la vega aguas arriba del camino nuevo.

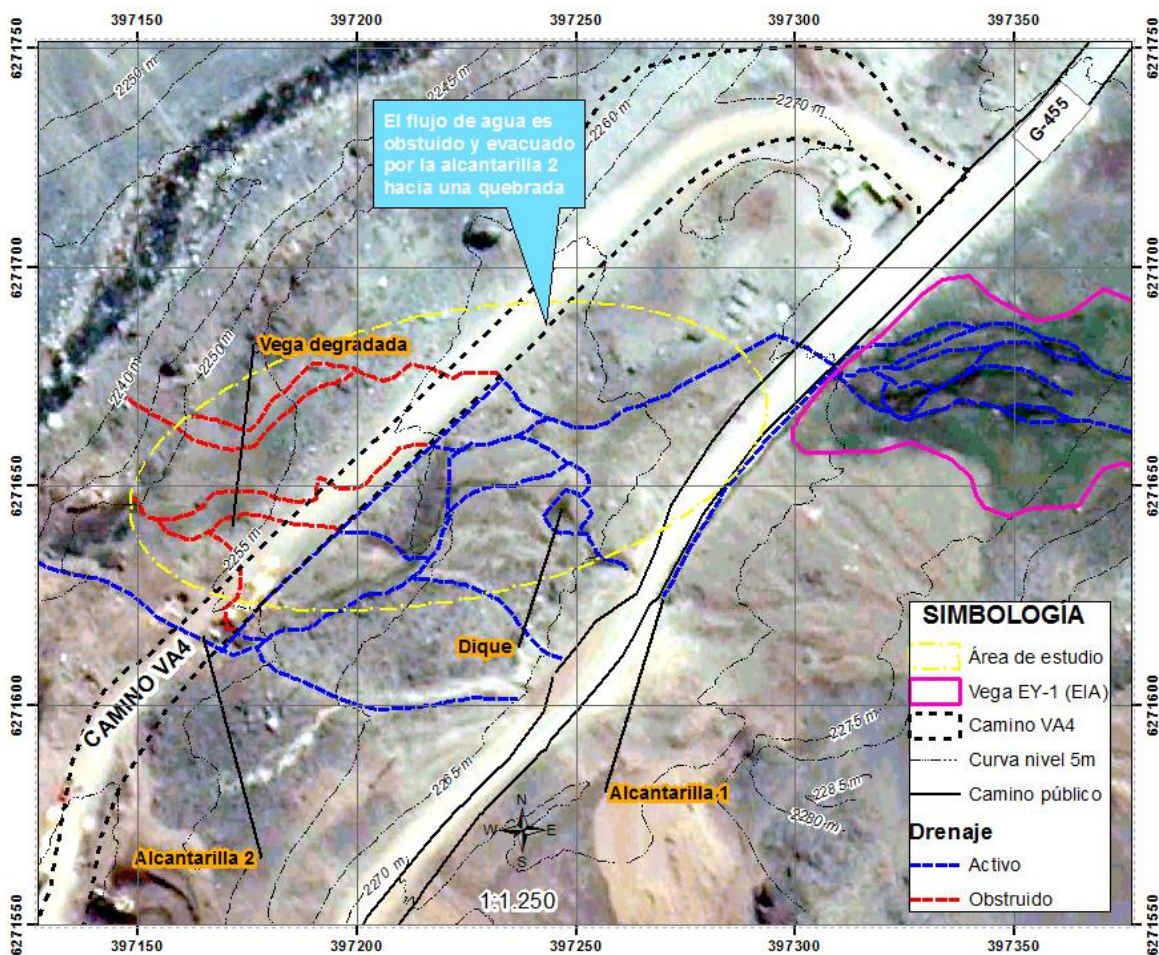


Figura 4. Construcción camino VA4 (Imagen Google Earth georeferenciada 03/OCT/2012)

4.3. Situación Actual, periodo 2013-2017

Entre el camino público y el camino nuevo de acceso al puente, se construyó una obra (ajena a Alto Maipo) que corresponde a un acueducto, para el cual se realizó una excavación de una faja de unos 8-12 m de ancho, y de 3-4 m de profundidad, generándose un cambio en la topografía y la interrupción y desvío de todo el flujo de agua proveniente de la vega aguas arriba del camino público G-455 hacia la alcantarilla 1, para luego evacuar en una quebrada aguas abajo del acueducto (Figura 5). Cabe señalar que en el último periodo, ambas alcantarillas se encuentran muy obstruidas con material de arrastre producto de los desprendimientos de suelo provocados en episodios de fuertes lluvias (Foto N°3 y N°5).

Es importante señalar que la degradación producida en la vega entre el camino nuevo y la ruta G-455, no se debe a las actividades desarrolladas por Alto Maipo, sino a actividades posteriores de otros proyectos civiles.

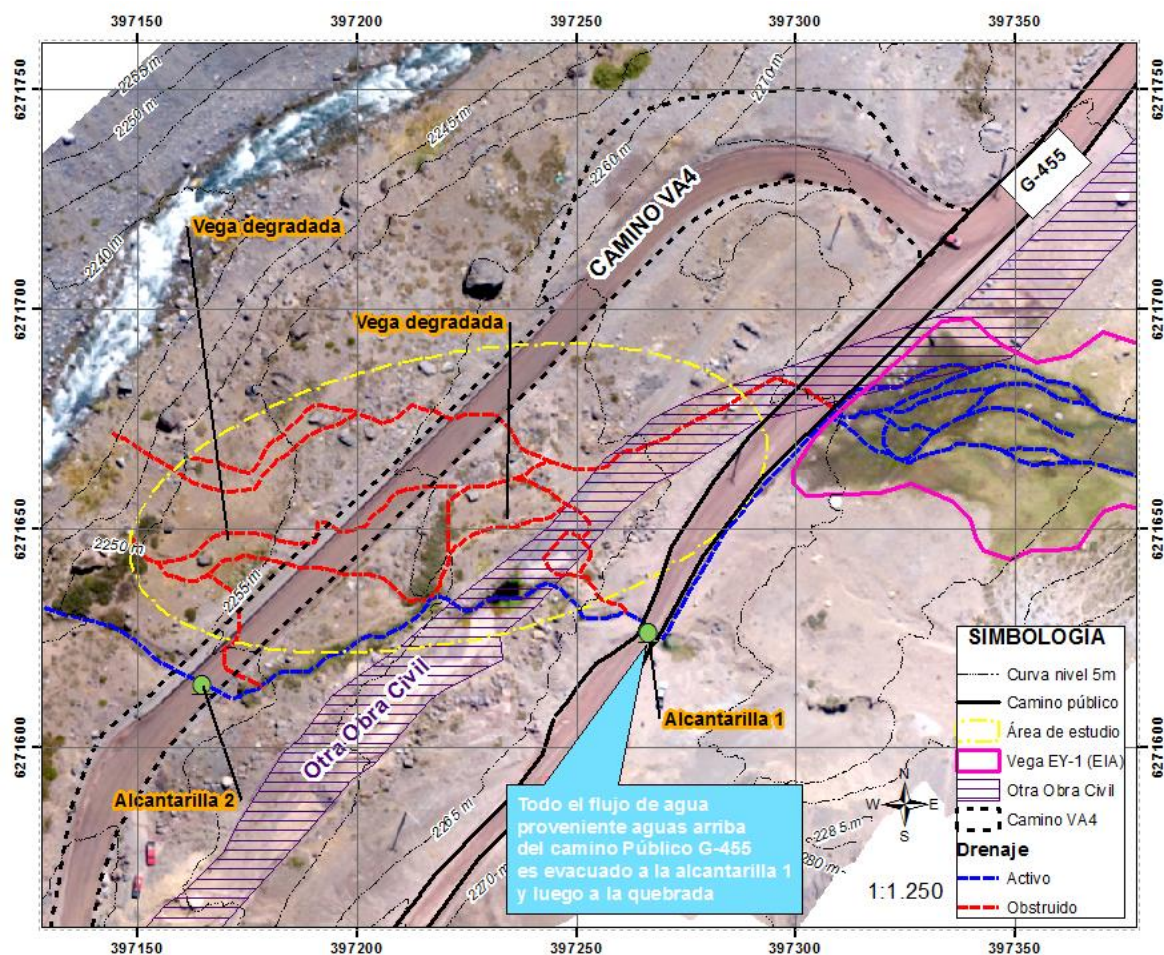


Figura 5. Situación actual (2017).

En el año 2013, en respuesta a requerimientos del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región Metropolitana (SAG RM), se encargó al Centro de Ecología Aplicada (CEA, 2013) un estudio de delimitación y caracterización florística de vegas andinas adyacentes al camino nuevo de acceso al puente, y se cuantificó la superficie y perímetro de ella a través de una imagen satelital anterior a la obra, se describió la flora y vegetación en función del número de especies, cobertura total y por especies y estado fenológico. Este estudio indicó que la vega EY-1 ya se encontraba fragmentada

por el camino público G-455 y que el área de afectación producto de la construcción del camino nuevo fue de 126,4 m². Además, se determinó que la flora de la vega estaba compuesta por 29 especies, la cobertura promedio fue de 90,20% \pm 2,93, y no se encontraron especies clasificadas en alguna categoría de conservación, de acuerdo a la revisión de los Decretos Supremos N° 151/2007, 50/2008, 51/2008, 23/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), y N° 33/2012, 41/2012, 42/2012 y 19/2013 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) que oficializan los procesos oficiales de clasificación de especies a nivel nacional, el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, 1989), y las publicaciones del Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Baeza *et al.*, 1998; Belomonte *et al.*, 1998; Ravenna *et al.*, 1998).

El informe de CEA (2013), señala que la vega EY-1 se encuentra en una ladera de exposición suroeste y de 10% inclinación, en un área donde el sustrato era rocoso, pero orgánico en los suelos bajo la vega y sin erosión. Respecto a la intervención antrópica, CEA observó evidencia de pastoreo, fuego y las obras del camino nuevo de acceso al puente.

La flora encontrada en esta vega se compone de 29 taxa, incluyendo 27 plantas vasculares, un alga verde de la Familia Characeae y un musgo. Las plantas vasculares pertenecen a 16 familias, siendo Asteraceae y Cyperaceae las familias mejor representadas, con cinco especies cada una. Del total de especies vasculares, 18 son nativas y nueve, introducidas.

En ambas campañas la mayoría de las especies se encontró en estado de floración (17 registros en primavera y 13 en verano) y/o de crecimiento vegetativo (16 registros en primavera y 13 en verano). El estado de semillación fue observado en tres plantas en primavera y en dos en verano, mientras que el estado de fructificación se encontró en tres especies sólo en verano (

Tabla 1).

La vegetación de esta vega estuvo dominada por las especies *Carex gayana*, *Eleocharis lechleri* y *Phylloscirpus acaulis*; destaca también una alta cobertura de las hierbas introducidas *Festuca rubra* y *Trifolium repens*. En primavera la cobertura promedio de vegetación fue de 90,20% \pm 2,83, mientras que en verano, fue de 88,74 \pm 2,59. Las especies con mayores coberturas promedio en esta vega andina fueron *Festuca rubra* (23,97%), *Eleocharis lechleri* (19,74%) y *Carex gayana* (17,62%).

Tabla 1. Listado florístico vega VA4. Fuente: CEA, 2013.

	Familia	Especie	Fisionomía	Origen	Estado de conservación	Estado fenológico	
						Primavera	Verano
	DIVISIÓN CHAROPHYTA						
1	Characeae	<i>Chara sp.</i>	alga verde	n.d.	n.d.	C	C
	DIVISIÓN BRIOPHYTA						
2	n.d.	Musgo no identificado	n.d.	n.d.	n.d.	C	C
	DIVISIÓN MAGNOLIOPHYTA						
3	Apiaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
4	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	Arbusto	Nativa	n.d.	C	Fl
5	Asteraceae	<i>Maleza 1</i>	Hierba	Introducida	n.d.		C
6	Asteraceae	<i>Tanacetum parthenium</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C	Fl
7	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	Fl, S	Fl
8	Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, Fl	Fl
9	Berberidaceae	<i>Berberis empetrifolia</i>	Subarbusto	Nativa	n.d.	Fl	Fl
10	Caleolariaceae	<i>Calceolaria filicaulis</i> <i>ssp. luxurians</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	
11	Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C, Fl, Fr
12	Caryophyllaceae	<i>Cerastium humifusum</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
13	Cyperaceae	<i>Carex gayana</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl, S	C
14	Cyperaceae	<i>Eleocharis lechleri</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, Fl, S, L	C, Fr, S
15	Cyperaceae	<i>Eleocharis melanomphala</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
16	Cyperaceae	<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
17	Cyperaceae	<i>Phylloscirus acaulis</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, Fl	C
18	Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	Hierba anual	Introducida	n.d.	Fl	Fl
19	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, Fl	C, Fl, Fr
20	Juncaceae	<i>Juncus balticus</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
21	Onagraceae	<i>Epilobium denticulatum</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
22	Phrymaceae	<i>Mimulus luteus</i>	Hierba anual	Nativa	n.d.	Fl	Fl
23	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	Fl	Fl
24	Plantaginaceae	<i>Veronica serpyllifolia</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, Fl	Fl
25	Poaceae	<i>Festuca rubra</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, Fl	C, Fl, S
26	Poaceae	<i>Polypogon australis</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
27	Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	Hierba anual	Introducida	n.d.		Fl
28	Ranunculaceae	<i>Halerpestes cymbalaria</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
29	Rosaceae	<i>Acaena magellanica</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C

En el presente estudio de diagnóstico se realiza una nueva clasificación de la formación adoptando el concepto de área potencial de la vega.

5. Metodología

Para identificar y delimitar el área o la extensión de la vega antes de la construcción del acceso al puente El Yeso, se adoptó el concepto de máxima área potencial para el desarrollo de la vegetación azonal, de acuerdo a la definición de humedal encontrada en el DS 82/2011 Minagri. Para ello, se revisó la imagen aérea obtenida con un vuelo privado para el desarrollo del Proyecto del año 2007, y una serie de imágenes satelitales disponibles en Google Earth, desde el año 2003 hasta el 2016¹, donde se pudo observar los cambios dinámicos en la estructura, forma y tamaño de la vega en estudio. Para este efecto, se seleccionó una imagen del año 2010 (Figura 6), en la cual se observa un mayor desarrollo y cobertura de la formación, siendo dicha área, a través de un proceso de fotointerpretación, definida como el área potencial de la vega.

Posteriormente, el polígono delimitado, fue rectificado y afinado utilizando una ortofoto aérea actualizada de alta resolución, y un modelo de elevación (DEM), ambos generados con un vuelo con un dron (Figura 7), descartando del área potencial de la vega sectores que no corresponden a la vegetación azonal, como suelos rocosos y zonas con matorral denso que no son posibles de identificar en imágenes de menor resolución. En tanto, con el modelo de elevación (DEM), se pudo generar una topografía de alta resolución, y también el modelo de drenaje topográfico (Figura 7) a través de la función “Hydrology” del “Spatial Analyst tool” de ARCGIS², con el cual se pudo confirmar la distribución de los drenes originales que estaban asociados a la existencia de la vegetación azonal.

Para establecer el estado actual de la vega, se realizó una campaña de terreno (23 de marzo 2017 y 06-07 de Abril 2017) para muestrear la flora existente en el área perturbada, para lo cual se realizó un transecto de 15 m de largo, y en el cual se registraron todas las especies vasculares que interceptan la línea de muestreo, estableciendo porcentajes relativos y absoluto de cobertura de cada especie (Figura 7)

¹ Imágenes satelitales georreferenciadas obtenidas de Google Earth, con fechas 07 Febrero 2003, 02 Enero 2010, 03 Octubre 2012, 29 Diciembre 2013, 08 Febrero 2016.

² ArcGis versión 10.2.1. Esta función calcula los flujos de drenaje utilizando un modelo de elevación digital (DEM), con un algoritmo que calcula las zonas con las pendientes más altas, por donde se produce el escurrimiento, y las áreas en donde se acumula el flujo (Jenson y Domingue, 1988).

La cobertura se calculó de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l} \text{Cobertura absoluta} \\ \text{de una especie (\%)} \end{array} = \frac{\text{Nº de puntos interceptados por la especie}}{\text{Nº total de puntos de intercepción del transecto}} \times 100$$

$$\begin{array}{l} \text{Cobertura absoluta} \\ \text{de un transecto (\%)} \end{array} = \text{Sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies presentes en un transecto determinado}$$

$$\begin{array}{l} \text{Cobertura total de} \\ \text{vegetación (\%)} \end{array} = \text{Promedio de los valores de cobertura de los transectos}$$

Paralelamente, se obtuvo un registro de mediciones de humedad del suelo, en sectores de la vega con y sin degradación, utilizando un higrómetro digital (0-50%) para suelos, registrando los valores en un transecto de 15 m, cada 1 m (Figura 7). Los valores de humedad del suelo del sitio perturbado y no perturbado, fueron comparados para establecer si existe relación con la calidad de la vegetación azonal.

Para determinar el área de vega que fue afectada por la construcción del camino y determinar también el área de vega que fue degradada debido a la fragmentación, se obtuvo el polígono real de la Obra, utilizando la ortofoto actualizada obtenida con dron (Figura 7), considerando la planta del camino, terraplén y obras de seguridad. Luego, éste fue utilizado para la intersectarlo con la formación potencial de la vega, obteniéndose el área afectada directamente, mientras que el fragmento que quedó aguas abajo del camino nuevo de acceso al puente correspondió al área de vega degradada.

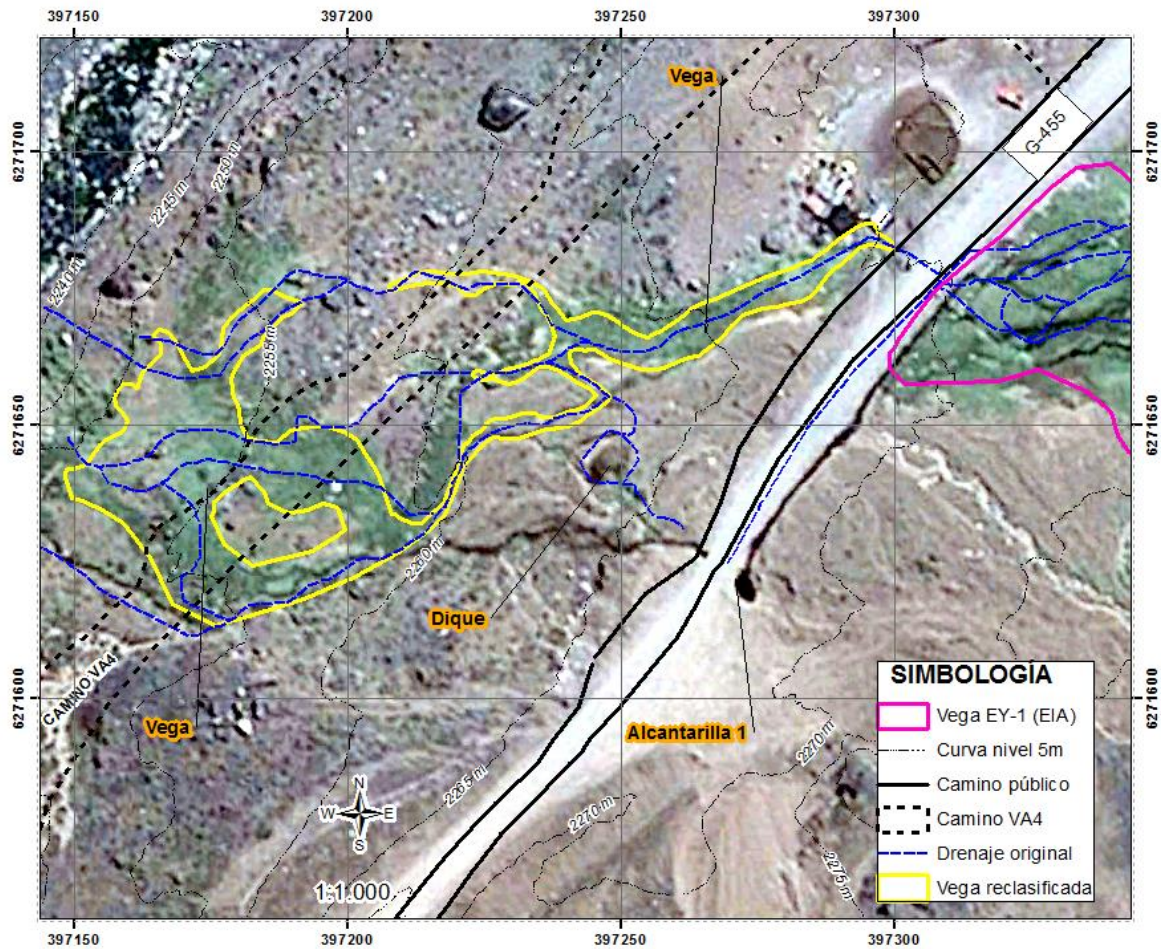


Figura 6. Clasificación de vega potencial. Imagen satelital Google Earth georeferenciada año 2010.

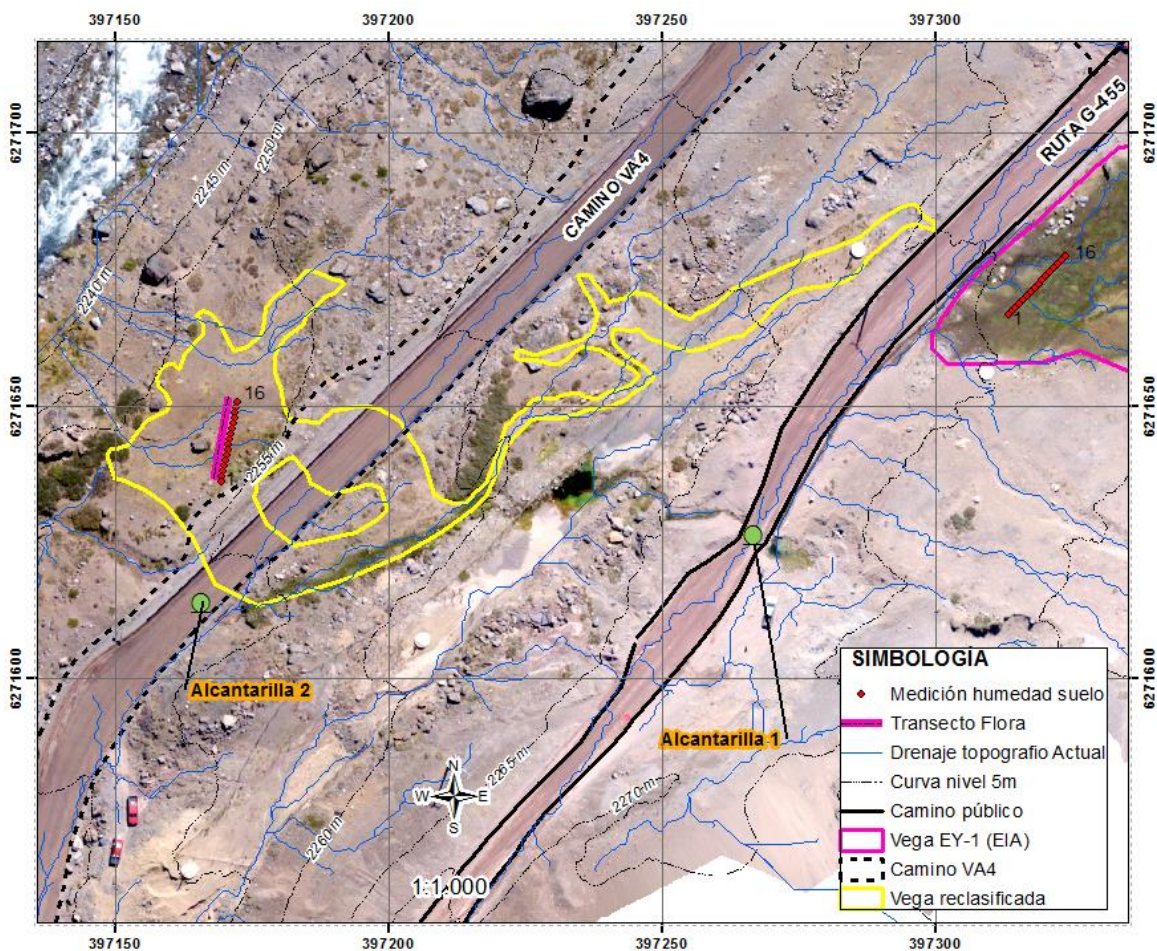


Figura 7. Ortofoto actualizada obtenida con dron, Abril 2017, tansecto de flora y puntos de medición de humedad del suelo.

6. Resultados de diagnóstico.

6.1. Área potencial.

De acuerdo a la fotointerpretación de la imagen satelital Google Earth año 2010, existe una formación vegetal azonal asociada al curso de agua que proviene de la vega EY-1, ubicada al lado oriente del camino público G-345. La formación vegetal azonal se puede diferenciar de las otras formaciones arbustivas y praderas abiertas existentes alrededor de ella, según se observa en la Figura 8, donde la imagen satelital fue filtrada a través de una ecualización de histograma³. Esta

³ Filtro de imagen que tiene como objetivo acentuar el contraste visual, aprovechando de mejor manera el rango de valores de intensidad disponible. Un histograma es una medida de frecuencia en la ocurrencia de

imagen satelital tiene fecha de 02 de Enero de 2010, por lo que corresponde a una estación de verano, razón por la cual se puede asegurar que la formación vegetal es de tipo azonal, pues depende exclusivamente del flujo de agua existente y de la humedad del suelo. Por otro lado, en esta imagen se presenta la mayor expansión o dispersión de la formación vegetal, en términos de superficie, de todas las imágenes analizadas, por lo que se adoptará esta cobertura como el hábitat potencial de la vega, el cual será considerado como un fragmento de la vega EY-1, dado que dependen del mismo sistema hídrico. Este fragmento (hábitat potencial) tiene una superficie de 2.208 m².

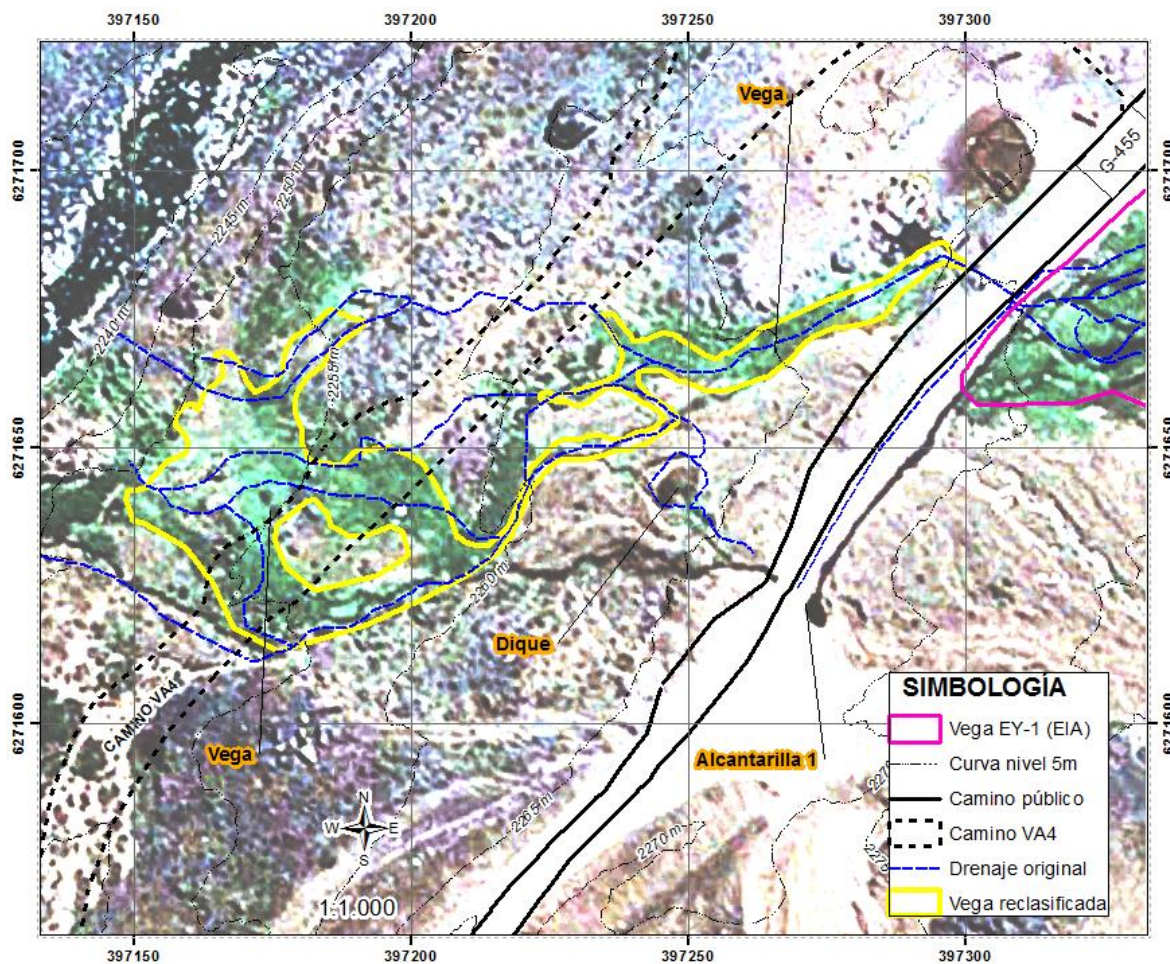


Figura 8. Filtrado y fotointerpretación Imagen satelital año 2010.

cada valor o rango de valores de nivel de intensidad de gris dentro de una imagen. El histograma se considera ecualizado si todos los niveles de intensidad tienen una frecuencia lo más similar posible.

6.2. Área afecta.

La superposición de la cobertura correspondiente a la Obra (calzada del acceso al puente más las áreas de terraplén, cunetas y zonas de protección) sobre el polígono correspondiente al hábitat potencial de la vega, determinó el Área de intervención o Área afecta, la cual corresponde a 446 m² (Figura 9). En esta área la vegetación fue eliminada, y se modificó la estructura del suelo y la topografía, debido a la nivelación del suelo, incorporación de carpeta de áridos y compactación, produciendo la interrupción de flujos de agua a nivel superficial y sub-superficial.

6.3. Estado Actual de la Vega y Área degradada Aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso

El fragmento de vega, del polígono correspondiente al hábitat potencial, que ha quedado aguas abajo del camino de acceso al puente, corresponde a una vegetación azonal degradada que tiene una superficie de 789 m² (Figura 9). Las causas de la degradación de la vegetación se deben principalmente a la interrupción del flujo de agua que proviene de la vega EY-1 producto de la construcción del camino nuevo, generándose un hábitat menos húmedo, provocando cambios en la flora, el suelo y la cobertura vegetal.

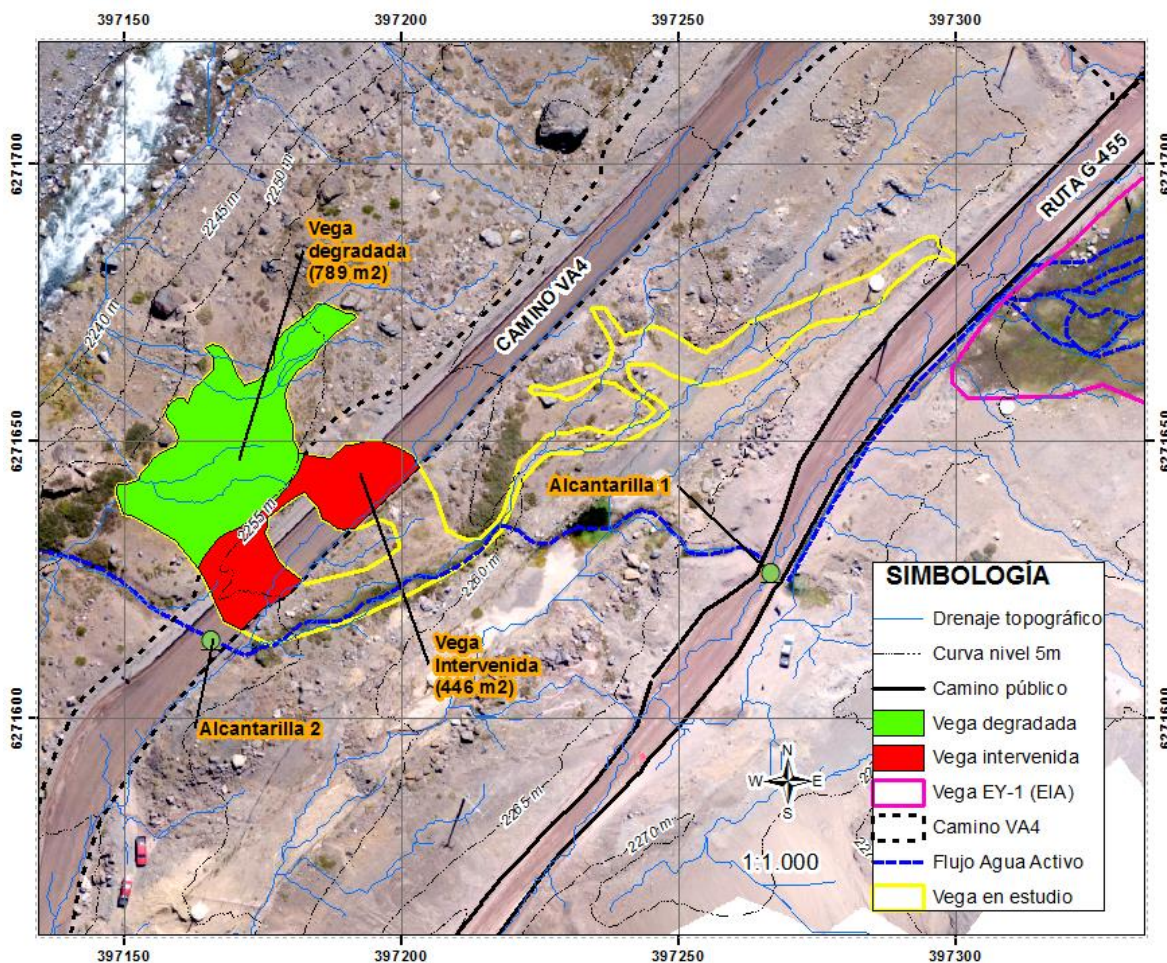


Figura 9. Áreas de Intervención y de degradación de la vega.

Los resultados del muestreo de flora en el Área degradada (aguas abajo del camino nuevo), indica que aún existen especies que habían sido identificadas en la vegetación azonal de hábitat de Vega (CEA, 2013), aunque en este caso, se encuentran distribuidas en una cobertura mucho menor (56% de cobertura) a la existente en una situación sin perturbación (100% de cobertura), como *Eleocharis melanomphala*, *Polypogon australis* y *Carex Gayana* entre las más representativas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). También se observa la invasión de especies alóctonas (exóticas) asilvestradas, las cuales tienen la capacidad de desarrollarse en gran diversidad de suelos, dentro de las cuales se observa *Convolvulus arvensis*, *Festuca rubra* y *Malva nicaensis*.

Se puede observar además, la presencia de especies de hábito más arbustivo, que corresponden a *Baccharis salicifolia* y *Baccharis pingraea* las cuales presentan una distribución más bien discreta, y probablemente su establecimiento ha sido exitoso debido a la disminución de la saturación de agua en el suelo.

Tabla 2. Listado florístico área perturbación indirecta.

Especie	Familia	Forma de vida	Origen	Cobertura absoluta (%)
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Convolvulaceae</i>	Hierba perenne	Exótica	15,33
<i>Eleocharis melanomphala</i> C. B. Clarke	<i>Cyperaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	12,00
<i>Polypogon australis</i> Brongn.	<i>Poaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	6,67
<i>Carex Gayana</i> Desv.	<i>Cyperaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	5,33
<i>Festuca rubra</i> L.	<i>Poaceae</i>	Hierba perenne	Exótica	4,00
<i>Malva nicaensis</i> All	<i>Malvaceae</i>	Hierba anual	Exótica	3,33
<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz et Pav.)	<i>Asteraceae</i>	Arbusto	Nativa	3,33
<i>Taraxacum officinale</i> G. Weber ex F.H. Wigg	<i>Asteraceae</i>	Hierba perenne	Exótica	2,00
<i>Baccharis pingraea</i> DC.	<i>Asteraceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Acaena magellanica</i>	<i>Rosaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Medicago minima</i> (L.) Bortal.	<i>Fabaceae</i>	Hierba anual	Exótica	0,67
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her. Ex Aiton	<i>Geraniaceae</i>	Hierba anual	Exótica	0,67
<i>Geranium berterianum</i> Colla	<i>Geraniaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Acaena pinnatifida</i> Ruiz et Pav.	<i>Rosaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
Suelo desnudo				44,00
Cobertura absoluta transecto (%)				56,00

De acuerdo a las mediciones de humedad del suelo, se determinó que en el área degradada, ésta varía entre un 0 % a 10,7 %, correspondiendo un promedio de 5,2%. Esta variabilidad indicaría que la humedad del suelo se está concentrando en algunos sitios (con mayor capacidad de retención de agua), no obstante, esta humedad no logra ser suficiente para mantener la vegetación azonal, en la misma calidad y cobertura como en el área no perturbada, en donde los valores de humedad obtenidos entrega valores entre 19% y 45,1%, lo cual indica que existen sectores con saturación de agua en el suelo casi total, principalmente en los sectores con menor pendiente y áreas anegadas con mal drenaje (Tabla 3).

Tabla 3. Registro de medición de humedad en el suelo.

Sector	Medición Humedad del suelo (%)																Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Área perturbada	1	7,1	0	0	0	0	8,6	7,3	3,5	0	7,1	8,3	7,2	15	10,7	7,7	5,22
Área no perturbada	23,9	45,1	19	20,3	27,3	23,8	23,4	42	20,9	23,1	21,6	22,1	21,1	21	24,7	23,0	25,14

7. Conclusiones y sugerencias.

Aguas abajo del camino público (Ruta G-455) y de la Vega EY-1 indicada en el EIA (2008), se identificó la existencia de una formación azonal correspondiente a una vega y por la cual se pudo establecer que posee un hábitat potencial de 2.208 m², el cual corresponde a la máxima expresión de desarrollo observada en imágenes aéreas y satelitales históricas. Este fragmento de vega, se forma a partir del mismo flujo de agua proveniente de la vega EY-1, por lo tanto se puede considerar que el fragmento es parte de la vega EY-1. Este hábitat potencial de vega, fue intervenido por la construcción del acceso al puente EL Yeso en el año 2012, y por otras obras civiles ajenas a Alto Maipo también en el año 2012.

La construcción del camino de acceso al puente produjo la intervención y eliminación de vegetación de vega, en un área de 446 m², debido a la habilitación de la faja para la calzada del camino y para las áreas de terraplén y obras de seguridad.

Además, la compactación del suelo y la adición de la carpeta de áridos de la obra produjeron la obstrucción del flujo de agua proveniente de la vega EY-1, generando una degradación en el fragmento de vega que quedó aguas abajo del camino nuevo. En este caso, el hábitat se volvió menos húmedo, lo que ha provocado una menor riqueza de especies, cambio en la composición, disminución de la cobertura vegetal; así como cambios en el suelo.

A partir de los resultados de este diagnóstico, se plantea, en una segunda etapa, la preparación de un Plan de rehabilitación del parche de la vega EY-1 que fue afectado por la construcción del camino de acceso al puente, que considere la compensación del fragmento que fue eliminado y la recuperación del que se encuentra degradado.

8. Bibliografía

- Ahumada, Mario; Aguirre, Fernando; Contreras, Manuel; Figueroa, Alejandra, 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos. Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- Baeza, M., Barrera, e., Flores, J., Ramírez, C. & Rodriguez, R. 1998. Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47, 23–46.
- Belomonte, E., Faúndez, L., Flores, J., Hoffmann, A., Muñoz, M. & Teillier, S. 1998. Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional Historia Natural 47, 69–89.
- Benoit. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre Chilena. Publicación Conaf.
- CEA, 2013. Estudio de Vegas adyacentes a camino VA4 y SAM 2 en sector El Yeso y Propuesta de Medidas de Manejo Ambiental.
- CONAMA, 2006. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Centro de Ecología Aplicada Ltda (CEA). Informe final Diciembre 2006.
- Ds 82/2010 Minagri. Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales de la Ley N° 20.283. Chile.
- Emagua, 2006. Plan de Manejo Bofedales. Ministerio de medio ambiente y aguas. Construcción Presa Khotia Khota. Pucarani y el Alto, Bolivia.
- EIA, 2008. Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Santiago, Chie.
- Jenson, S. K. y J. O. Domingue. 1988. "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11): 1593–1600.
- MMA, 2014. Los beneficios de la restauración de humedales. Ministerio de Medio Ambiente Gobierno de Chile – RAMSAR.
http://www.mma.gob.cl/correo-virtuales/humedales/doc/Los_beneficios_de_su_restauracion.pdf

- Muñoz, Melica, Moreira, Andrés, Villagran, Carolina Y Luebert, Federico, 2000. Caracterización florística y pisos de vegetación en los Andes de Santiago, Vhile Central. Boletin del Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 49:9-50.
- Ramsar, 2005. 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Estrategia Regional de Conservaión y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. COP9 DOC.26. Kampala, Uganda 8-15 de Noviembre de 2005.
- Ravenna, P., Teillier, S., Macaya, J., Rodríguez, R. & Zöllner, O. 1998) Categorías de conservación de las plantas bulbosas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional Historia Natural 47, 47–68.
- Tellier, S, Marticorena, A & Niemeyer, H. 2011. Flora andina de Santiago. Guia para la identificación de las especies de las cuencas del Maipú y del Mapocho.



Anexo Fotográfico



Foto N° 1. Vega EY-1 descrita en el EIA (2008), no afectada por las obras.



Foto N°2. Flujo de agua proveniente de la vega EY-1 y alcantarilla N°1, en el camino Público G-455.



Foto N°3. Desagüe alcantarilla N°1.



Foto N°4. Alcantarilla N°2 en camino de acceso al puente El Yeso.



Foto N°5. Desagüe alcantarilla N°2.



Foto N° 6. Vega degradada



Foto N° 7. Medición humedad del suelo área degradada.



Foto N°8. Medición humedad del suelo vega activa.