

Minuta Complementaria
074-2017- MIN-14
Análisis de escorrentía superficial y efecto sobre vega sector túnel V5
Cargo N°14 Resolución Exenta N°01/Rol D-001-2017

Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo SpA (PHAM)

1 INTRODUCCIÓN

En cumplimiento a lo indicado en la observación específica (j) de la Res. Ex. N°22/Rol D-001-2017, esta minuta técnica complementa el análisis de efectos ambientales asociados al Cargo 14 de la formulación de cargos efectuada por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), mediante la Res. Ex. N° 1/Rol D-001-2017; el cual fue expuesto en la minuta "Análisis y estimación complementaria de efectos ambientales asociados a rebalse de aguas infiltradas desde túnel V5" del Programa de Cumplimiento Refundido (PdC) presentado por Alto Maipo Spa el día 16 de febrero de 2017.

2 OBJETO DE PROTECCIÓN DE LA EXIGENCIA INFRINGIDA

En el Programa de Cumplimiento Refundido (PdC) presentado por Alto Maipo Spa en julio de 2017 se presentó la minuta "Análisis y estimación complementaria de efectos ambientales asociados a rebalse de aguas infiltradas desde túnel V5" (074-2017-MIN-14; Anexo A). El objetivo de ese análisis fue evaluar los posibles efectos ambientales originados producto de un evento de infiltración de aguas desde el frente de trabajo V5, que no pudo ser manejado de acuerdo a los procedimientos normalmente aplicados por PHAM, debido a una huelga de trabajadores contratistas, hechos denunciados ante la SMA con fecha 2 de diciembre de 2016. En él se determinó la potencialidad de las aguas infiltradas desde el túnel V5 para afectar los medios receptores de interés y se evaluó la existencia de una alteración en la calidad de las aguas del río Yeso durante el evento denunciado. Luego del análisis, se concluyó que no se generaron efectos ambientales negativos, dado que:

"1. Tanto las aguas contenidas en la planta de tratamiento de riles, como aquellas representativas del rebalse de aguas de infiltración no superan los límites normativos, cumpliendo con los estándares establecidos para su descarga y/o disposición.

2. Las aguas muestreadas aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga de los sistemas de tratamiento del túnel V5 presentan características similares, con variaciones dentro de lo esperable para la variable ambiental caracterizada.

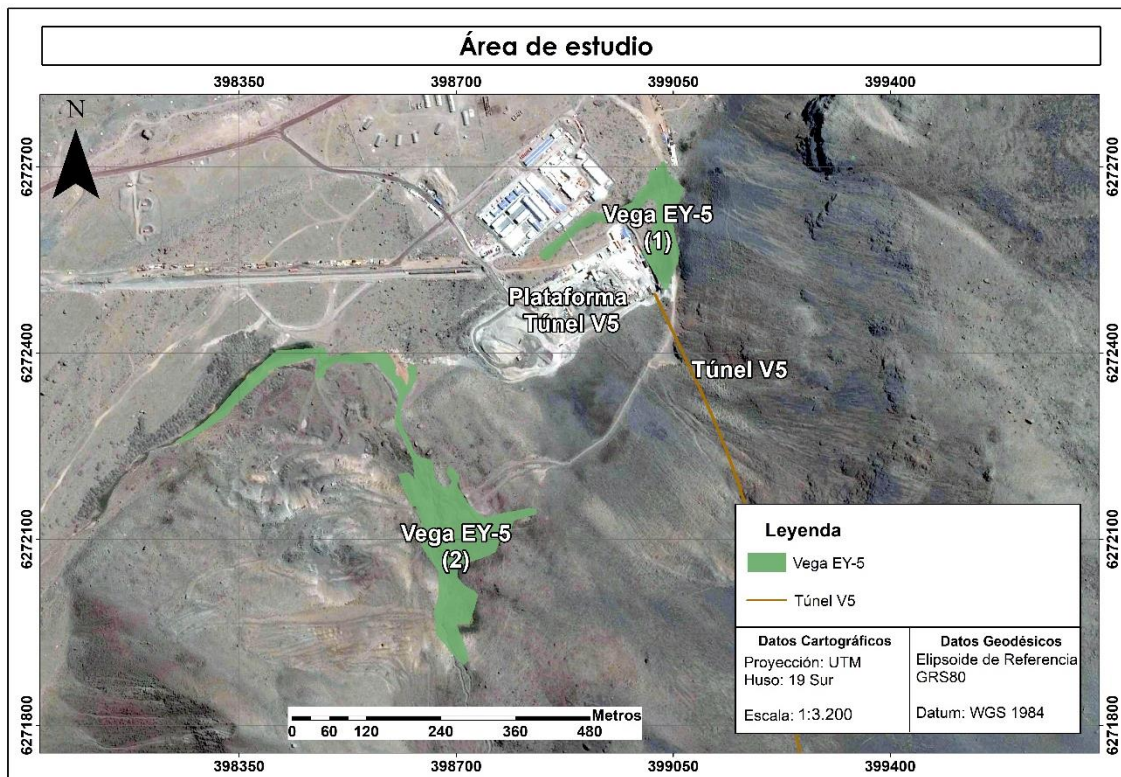
3. Las aguas acumuladas durante el evento bajo análisis se mantuvieron en el sector del frente de trabajo, sin existir evidencia de escurrimientos directos hacia cauces superficiales u otras áreas de interés. Una vez finalizada la huelga, las aguas acumuladas fueron enviadas a distintas plantas de tratamiento del proyecto, para su manejo y posterior disposición."

En la observación específica (j) contenida en la Res. Ex. N°22/ Rol D-001-2017, la SMA solicitó a PHAM complementar el análisis realizado en la minuta 074-2017-MIN-14, de modo de incorporar lo siguiente:

"A su vez, también asociado al análisis de efectos y a las observaciones realizadas en Res. Ex. N° 1/Rol D-001-2017, se incorporó en el PDC refundida la minuta "Análisis y estimación complementaria de efectos ambientales asociados a rebalse de aguas infiltradas desde túnel V5". Al respecto, cabe indicar que dicho análisis debe ser complementado, de modo que se considere un análisis de escorrentía superficial desde el túnel basado en la observación, por ejemplo, de curvas de nivel, análisis de pendientes, u otro método. Respecto a la determinación de efectos sobre las vegas, deberá determinar el aporte hídrico o alimentación de la vega colindante al frente de trabajo V5. Todo ello con el objeto de determinar o descartar la posibilidad de afectación de dicha vega por la construcción del túnel El Volcán y los flujos de aguas generados durante la construcción del mismo."

De esta manera la observación hace referencia a complementar el análisis presentado en la minuta 074-2017-MIN-14 para evaluar **la potencial afectación de la vega aledaña al frente de trabajo** (Figura 1), adicionando un análisis de escorrentía superficial del sector del túnel V5 y su vega colindante, con el objetivo de, por una parte, determinar los potenciales escurrimientos del agua de infiltración ocurridos desde el frente de trabajo durante el hecho infraccional y, por otra parte, evaluar la potencial afectación de la vega provocada por los cambios en su alimentación debido a la construcción del túnel V5 y su plataforma.

Figura 1. Área de ubicación del túnel V5, su plataforma y vegas colindantes.



Fuente: Elaboración Propia.

3 ENFOQUE METODOLÓGICO

De acuerdo a lo solicitado por la SMA, el presente análisis tiene dos objetivos específicos:

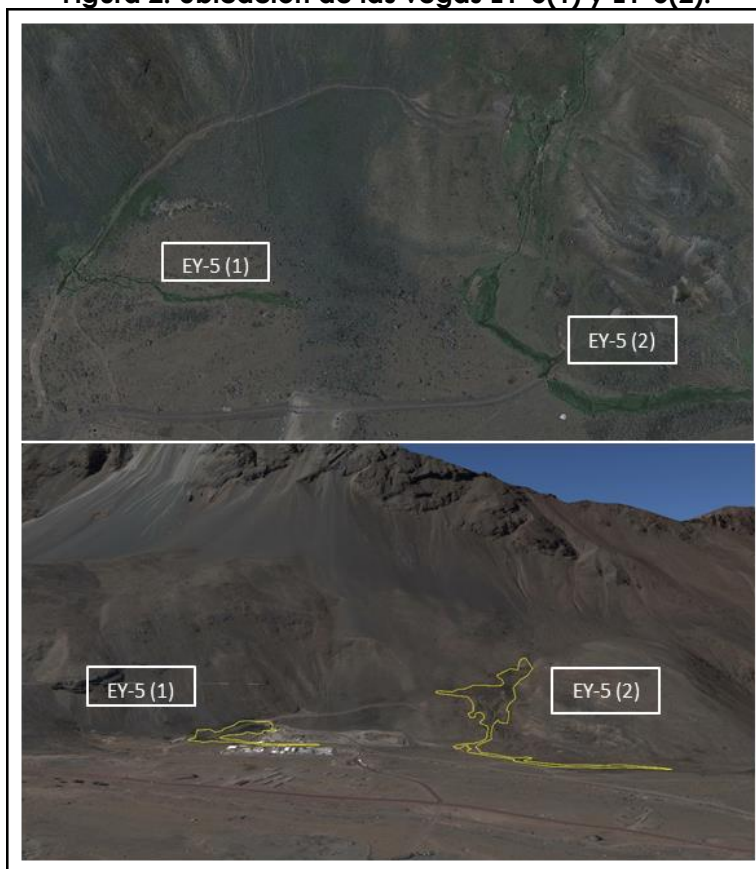
- Complementar el análisis de potenciales efectos ambientales originados producto del evento de infiltración de aguas desde el frente de trabajo V5, incluyendo un análisis de escorrentía superficial desde el túnel.
- Determinar o descartar la posibilidad de afectación de la vega colindante al frente de trabajo V5 por la construcción del túnel El Volcán mediante la determinación del aporte hídrico o alimentación de la misma.

El enfoque metodológico utilizado para abordar ambos objetivos específicos fue determinar las regiones donde la topografía permitiría el paso de escorrentía superficial del sector del túnel V5, su plataforma y vega colindante. Este análisis se realizó bajo dos escenarios: previa construcción del túnel y durante la construcción del mismo.

Para abordar el objetivo específico (a), se utilizaron los resultados del análisis de escorrentía superficial bajo el escenario actual (con proyecto) y se determinó si, durante la huelga de trabajadores contratistas ocurrida en noviembre de 2016, las aguas infiltradas desde el frente de trabajo V5 pudieron potencialmente escurrir a sectores aledaños, específicamente a la vega EY-5 (1).

Por otra parte, para abordar el objetivo específico (b), se utilizaron los análisis de escorrentía superficial realizados bajo las situaciones con y sin proyecto. A partir de ellos se determinaron las áreas de alimentación de la vega colindante EY-5(1) bajo ambos escenarios. La diferencia entre las áreas fue analizada para evaluar si el cambio en la topografía, provocado por la construcción del túnel, pudo alterar significativamente su aporte hídrico. Cabe mencionar que realizando un análisis preliminar de la zona mediante curvas de nivel e imágenes satelitales (Figura 2), se observa que la vega EY-5(2) obtiene su suministro hídrico principalmente desde la quebrada proveniente del sector sur del área de estudio, el que no incluye el área del túnel V5 y su plataforma. De esta manera, la construcción de las obras no modifica la topografía de ese sector, por lo que es posible descartar su potencial afectación.

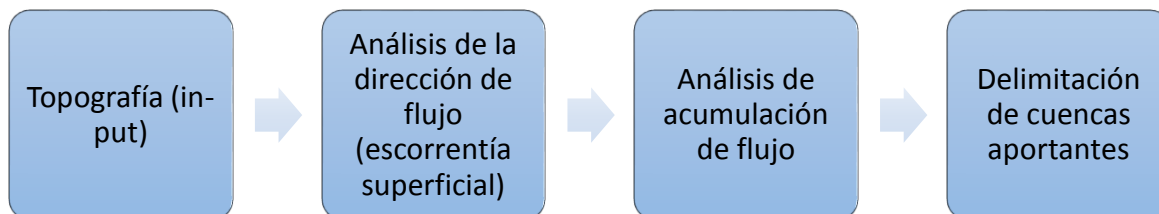
Figura 2. Ubicación de las vegas EY-5(1) y EY-5(2).



Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth Pro.

La metodología específica utilizada para realizar los análisis se presenta de manera esquemática en la Figura 3 y se describe a continuación.

Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología utilizada.



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar las regiones donde la topografía permitiría el paso de escorrentía superficial se realizó un análisis de curvas de nivel utilizando las herramientas “dirección del flujo” y “acumulación del flujo” del software ArcGis. La herramienta “dirección del flujo” determina la dirección del flujo de una celda comparando su cota de elevación con la de sus celdas vecinas. El resultado se representa mediante flechas que indican la dirección de la escorrentía superficial. Por su parte, la herramienta “acumulación del flujo” determina la cantidad de agua que potencialmente fluye dentro de cada celda desde todas las celdas que la drenan, resultando una representación del potencial encauzamiento de las aguas, equivalente a la determinación de la red de drenaje del sector. Cabe mencionar que esta herramienta entrega como resultado la potencial dirección del flujo superficial, y por ende no considera otros procesos ni la magnitud de los aportes o salidas (ej. infiltración, precipitación, evaporación).

El análisis se realizó utilizando como datos de entrada las curvas de nivel del año 2013 (antes de las obras) y las del año 2015 (con construcción de las obras). Ambas capas de curvas de nivel poseen una discretización de 1 metro entre cotas y cubren el área que incluye el sector túnel y plataforma V5 y la vega EY-5 (1). Para complementar la información de manera de abarcar toda el área de alimentación de la vega, se incluyeron para el sector no intervenido por obras del proyecto, curvas de nivel del año 2017 con 5 metros de distancia entre cotas. Todas las capas de curvas de nivel utilizadas en este análisis fueron entregadas por PHAM.

Para delimitar la potencial área de alimentación de la vega se utilizó la herramienta de ArcGis “delimitación de una cuenca”, la cual permite delinear la subcuenca o área aportante de flujo superficial hacia un punto específico, a partir del resultado de dirección de flujo.

Finalmente, para complementar este análisis y descartar la existencia de potenciales efectos provocados por la construcción del túnel V5 sobre la vega EY-5 colindante, se analizaron los potenciales cambios experimentados por la flora y vegetación de esta unidad vegetacional, antes y después de la construcción de las obras del proyecto, utilizando para ello los siguientes estudios realizados en el área, que corresponden a

- Línea de base del EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo Exp. N°105.
- Estudio de Vega Adyacente a SAM 2 en sector El Yeso. Proyecto Hidroeléctrico CEA (2015).
- Prospección Sector Vega EY-5. Preparado para Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Grez (2017)

4 DETERMINACIÓN DE LA DIRECCIÓN DEL FLUJO SUPERFICIAL DESDE EL FRENTE DE TRABAJO DEL TÚNEL V5 Y DE LAS ÁREAS APORTANTES A LAS VEGAS COLINDANTES

A continuación, se presentan los resultados de los análisis realizados. Se exponen en tres secciones, dando cuenta de los distintos objetivos específicos planteados para el presente análisis.

4.1 Análisis de la potencial escorrentía superficial desde el frente de trabajo del túnel V5

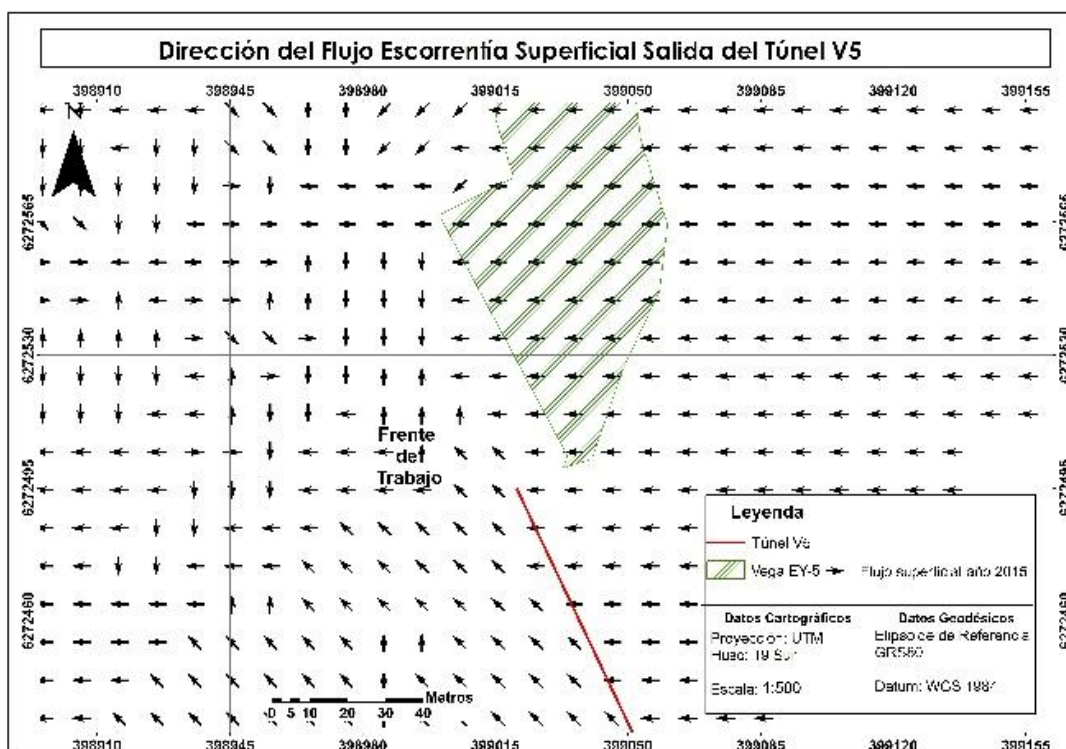
El análisis de la topografía del sector del túnel V5 y sus alrededores, indica que el agua contenida en el frente de trabajo no pudo escurrir naturalmente hacia la vega colindante EY-5(1). En la Figura 4 se presentan las direcciones que tendría un flujo superficial generado en el sector (e.g. por precipitación) y la ubicación de la vega colindante.

Adicionalmente, cabe señalar que, como se detalló en la minuta 074-2017-MIN-14, el agua infiltrada desde el túnel V5 fue acumulada en el sector del frente de trabajo y posteriormente colectada evitando el potencial flujo hacia los sectores aledaños. Más aún, las aguas de infiltración fueron analizadas y no superaron los límites establecidos en la NCh 1.333/78, respecto a los valores de calidad de agua para riego en ninguno de los parámetros de control, a excepción del molibdeno, lo cual es característico de las aguas sector. Por lo que de haber escurrido no generaría efectos sobre la vega colindante EY-5 (1).

En su conjunto, los resultados de este análisis y del presentado en la minuta 074-2017-MIN-14 indican que no existieron efectos sobre la vega colindante producto del evento de infiltración de aguas desde el frente de trabajo V5 ocurrido en

noviembre de 2016, ya que: 1) los flujos generados no tuvieron el potencial de escurrir hacia la vega, 2) las aguas fueron captadas y acumuladas en el sector del frente de trabajo, para posteriormente ser tratadas y descargadas y 3) las aguas infiltradas durante el evento fueron analizadas y no superaron los límites establecidos en la NCh 1.333/78.

Figura 4 Dirección del Flujo Escorrentía Superficial Salida del Túnel V5.



Fuente: Elaboración Propia

4.2 Análisis de potenciales efectos sobre la vega producto de la construcción del túnel V5

4.2.1 Potenciales modificaciones del aporte hídrico de las vegas

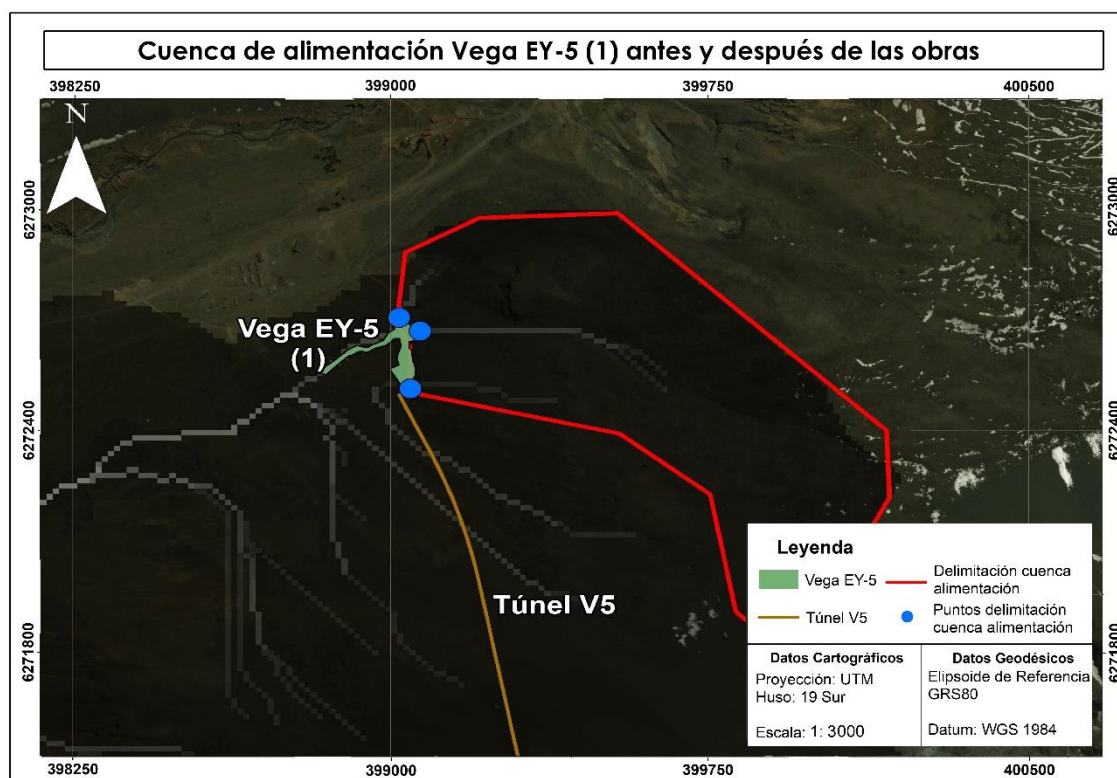
El análisis de la dirección del flujo presentado en la Sección 4.1 indica que se modificó la potencial dirección de la escorrentía superficial en el área aledaña al túnel y plataforma V5, y con ello las áreas de acumulación.

Debido al cambio observado, se determinó la potencial área aportante o cuencas de alimentación de la vega colindante EY-5 (1), con la herramienta "delimitación de cuencas", para la situación previa al inicio de construcción de las obras en el

túnel V5 y para la situación posterior, definiendo en primera instancia los puntos de entrada en los sectores de mayor acumulación del flujo superficial encontrados.

Debido a que la entrada de las aguas hacia la vega colindante al área de trabajo es principalmente por el sector oriente de ésta, el análisis realizado permite concluir que su cuenca de alimentación no se vio afectada, manteniendo la misma área de alimentación antes y después de las obras (análisis efectuado con curvas de nivel de 2013 y 2015 respectivamente), tal como se aprecia en la Figura 5.

Figura 5. Cuenca de alimentación Vega EY-5 (1) antes y después de las obras.



Fuente: Elaboración Propia.

4.3 Evolución de la flora y vegetación de la vega EY-5

En forma complementaria, a continuación, se analiza la evolución de la vegetación de la vega EY-5, de acuerdo al análisis de los estudios disponibles a la fecha.

El área de las vegas fue primeramente identificada en el EIA del proyecto como EY-5 (Figura 6). Posteriormente, en respuesta a requerimientos del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región Metropolitana, se realizó un estudio que fue encargado

Figura 7. Formación EY-5: vega con especies *Carex gayana* y *Eleocharis albibracteata*.



Fuente: EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo Exp. N°105, línea de base.

En la carta vegetacional asociada a la vega EY-5 realizada en la línea de base (Tabla 1) se verifica, mediante el grado de artificialización (GA) que presentaba en el momento pre-proyecto, que ésta ya correspondía a una **pradera natural degradada** o **matorral abierto con pasto degradado** y arbustos no ramoneados. Además, presentaba un bajo valor de suelo desnudo.

Tabla 1: Carta de vegetación vega EY-5 presentada en EIA

Formación vegetal	Especies dominantes	GA	SD	Fisonomía
LB1 H7 md	Bp Bs ea cg ja	3.1	1%	Pradera húmeda

Fuente: EIA del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo Exp. N°105, línea de base. GA: grado de artificialización; SD: suelo desnudo; Especies dominantes arbustos Bp: *Baccharis sagittalis*, Bs: *Baccharis sagittalis*; Especies de hierbas dominantes: ea: *Eleocharis albibracteata* cg: *Carex gayana* ja: *Juncus articus*.

Con fecha 3 de marzo de 2015 y 6 de febrero de 2017, se generaron estudios incluyendo prospecciones en terreno a objeto de dar cuenta de la situación de la vegetación en esos sectores de vega de altura (CEA (2015) y Grez (2017); Anexo B y Anexo C, respectivamente). Su metodología consistió principalmente en recorrer el terreno determinando la composición florística, estructura y densidad.

En el estudio realizado por el Centro de Ecología Aplicada (CEA) con campañas en primavera 2012 y en verano 2013, se constató que la flora observada en terreno en la sección de la vega EY-5, consistió en especies típicas de vegas andinas con las especies dominantes *Carex gayana*, *Eleocharis lechleri*, *Phylloscirpus acaulis*. Se detectó una alta cobertura de especies introducidas como *Festuca rubra*, *Taraxacum officinale* y *Trifolium repens*. Estas especies podrían indicar una situación

de sobrepastoreo, junto con la evidencia de fecas de animal. La riqueza de especies fue similar a otras condiciones de vegas andinas de la Región Metropolitana.

En términos de fragmentación, la sección de la vega EY-5 fue categorizada por el CEA como una vega con cinco polígonos distribuidos en una matriz densa de matorral. Respecto a la flora de la vega estudiada se encontraron 33 especies (32 de plantas vasculares y un musgo no determinado). La cobertura promedio de vegetación estuvo por sobre el 74% en la sección de la vega EY-5. La riqueza total en primavera fue de 26 taxa, mientras que en verano se observaron 23, existiendo algunas especies identificadas únicamente en una de las campañas (Anexo B). Esto se debió ya sea a la presencia de hierbas anuales que fueron observadas en sólo una de las estaciones o a que las especies no se pudieron diferenciar por no presentar estructuras reproductivas.

Por su parte, en verano de 2017 se observó una superficie superior al 85% cubierta por vegetación (Figura 8). Los sectores descubiertos correspondieron a sectores rocosos o de uso intensivo por parte del ganado menor (Grez, 2017). Respecto a la flora de la vega se encontraron 21 especies (Anexo C), no pudiéndose identificar otras debido a que no presentaron estructuras vegetales que permitieran el reconocimiento, estableciéndose además la continuidad en las actividades ganaderas tradicionales del lugar.

Figura 8. Vega EY-5 post-proyecto.



Fuente: Grez, 2017.

Según los antecedentes generados en ambos estudios, es posible concluir que no se aprecia una afectación negativa del sector de vega EY-5 producto de las obras del proyecto. Tanto la cobertura como la diversidad de especies son consistente con los antecedentes presentados en todos los estudios realizados en el área a través de los años.

Además, se evidencia que la principal amenaza potencial para la vega EY-5 es de tipo biológico (según la Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos 2011 Ministerio del Medio Ambiente Servicio Agrícola y Ganadero Dirección General de Aguas) correspondiendo al pastoreo que se realiza en el lugar.

5 CONCLUSIONES

En conclusión, los análisis y antecedentes presentados indican que no existiría una afectación negativa en la vega colindante al túnel y plataforma V5, tanto por los hechos ocurridos en noviembre de 2016 como por el cambio sufrido en la topografía producto de la construcción del túnel, toda vez que:

- La vega colindante al frente de trabajo EY-5(1) no pudo verse afectada por la infiltración de aguas desde el túnel V5 ocurrida en noviembre de 2016, debido a que la topografía del sector no dirige la escorrentía superficial hacia ésta, en adición a los antecedentes de acumulación, calidad, tratamiento y disposición presentados en la minuta "Análisis y estimación complementaria de efectos ambientales asociados a rebalse de aguas infiltradas desde túnel V5"
- La cuenca de alimentación de la vega no se ve modificada debido a la construcción del túnel V5 y de las obras asociadas, presentando un área aportante equivalente para la situación previa y posterior a la construcción de las obras (curvas de nivel del 2013 y 2015 respectivamente).
- Tanto la cobertura como la diversidad de especies presente actualmente en las vegas del sector son consistentes con los antecedentes presentados en la línea de base del proyecto y en los estudios realizados en el área a través de los años.

6 ANEXOS

- A. Minuta 074-2017-MIN-14 "Análisis y estimación complementaria de efectos ambientales asociados a rebalse de aguas infiltradas desde túnel V5".

- B. Estudio de Vega Adyacente a SAM 2 en sector El Yeso. Proyecto Hidroeléctrico CEA (2015).
- C. Prospección Sector Vega EY-5. Preparado para Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Grez (2017)