

INFOME TÉCNICO INGENIERO AGRONOMO

PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO ROL A-002-2013

COMPAÑÍA MINERA NEVDA SPA, PROYECTO PASCUA LAMA

Orlando Macari Rosales
Ingeniero Agrónomo
10 de Febrero de 2016

1) Introducción

El presente es un informe de la asistencia especializada de un Ingeniero Agrónomo, en el contexto de la diligencia probatoria de inspección personal mandatada por la SMA en su Resolución Exenta N° 1191 de 17 de Diciembre de 2015, realizada el 20 de Enero de 2016, en el marco del proceso A-002-2013 contra Compañía Minera Nevada SpA, ubicada en el Valle del Huasco, III Región.

El presente informe fue elaborado por Orlando Macari Rosales (en adelante, Perito), Ingeniero Agrónomo, designado como Perito por las comunidades del Valle del Huasco, organizadas al alero de la Asamblea por el Agua del Guasco Alto, a partir de las observaciones realizadas el día 20 de Enero de 2016 en los terrenos pertenecientes a la Compañía Minera Nevada SpA, con objeto de determinar las superficies de las denominadas Vega Sur y Vega Norte, el área afectada por el evento aluvial ocurrido el 10 de Enero de 2013 en la denominada Vega Norte, y paralelamente realizar una evaluación visual del estado actual de ambas Vegas, considerando la ocurrencia evento antes señalado.

La ubicación aproximada de las Vegas, considerando un punto equidistante entre ambas, corresponde a las siguientes coordenadas UTM (WGS 1984, Huso 19 S): 397670 m Este, 6758450 m Sur.

El Perito procedió, en orden a las instrucciones de la Fiscal Instructora respecto de la visita a las denominadas Vegas Norte y Sur, a tomar registro fotográfico de ambas, así como a georreferenciar y dimensionar a estas Vegas mediante un dispositivo GPS, esto último acorde a la ruta de medición seguida por los peritos del Servicio Agrícola Ganadero (SAG) dirigidas a este mismo propósito.

Antecedentes

Con fecha 22 de Enero de 2013, la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) recibe la autodenuncia por parte de Compañía Minera Nevada SpA denominada "Obra salida de Canal Perimetral Norte Inferior y medidas de control posteriores", mediante la Carta PL-0008. En esta, se detallan los hechos sucedidos el 22 de Diciembre de 2012 y 10 de Enero de 2013 (SMA, 2013¹).

Según consta en el Informe de fiscalización ambiental a Pascua Lama (SMA, 2013¹), el 22 de Diciembre de 2012, un aumento en el caudal en el Canal Perimetral Norte Inferior (CPNI) sobrepasó las medidas de protección de dicho canal, ocurriendo una remoción en masa de coluvio que superaron particularmente las obras diseñadas para el encauzamiento de las aguas hacia el sedimentador norte, ocasión en que se informó la no afectación de los componentes ambientales. Posteriormente, el 10 de Enero de 2013, se produjo un nuevo aumento de caudal de aguas de no contacto en el CPNI, que terminó por afectar una zona de vegas, las que fueron alcanzadas por el movimiento de tierra generado por dicho aumento de caudal. De esta forma, el alud del 10 de Enero de 2013 tuvo, como una de sus consecuencias, la disposición de material aluvional en zonas de Vegas (SMA, 2013¹).

En el título 5.2 del Informe de fiscalización ambiental a Pascua Lama (SMA, 2013¹) “Pérdida de flora y vegetación (Sector de Vegas)”, se constatan una serie de hechos, algunos de los cuales son los siguientes:

- En observación de los hechos constatados, la afectación de la vega ocurre por consecuencia de haber quedado cubierta (enterrada) por el material aluvional desplazado durante los eventos indicados por el titular (...).
- De acuerdo a lo informado por el encargado de la actividad fiscalizada, los aluviones afectaron 705,5 m² de la Vega 1 y 672,5 m² de la Vega 2. En consideración de lo anterior, la afectación corresponde a 1372 m² (...).
- Durante las actividades de inspección, personal del SAG tomó coordenadas geográficas del sector de vegas afectadas, concluyendo que la superficie total afectada corresponde aproximadamente a 1378 m², 678,1 m² y 700 m² (...). Teniendo los resultados de ambos levantamientos de superficie afecta, titular (Compañía Minera Nevada SpA) y SAG respectivamente, se puede indicar que son similares en extensión.
- El titular (Compañía Minera Nevada SpA) hace entrega en terreno del levantamiento de información de la superficie afectada de vegas, durante la inspección ambiental del día 25 de Enero de 2013.

La representación gráfica de las Vegas afectadas por el aluvión ocurrido el día 10 de Enero de 2013, elaborada por la Compañía Minera Nevada SpA, se puede observar en la Figura 1.

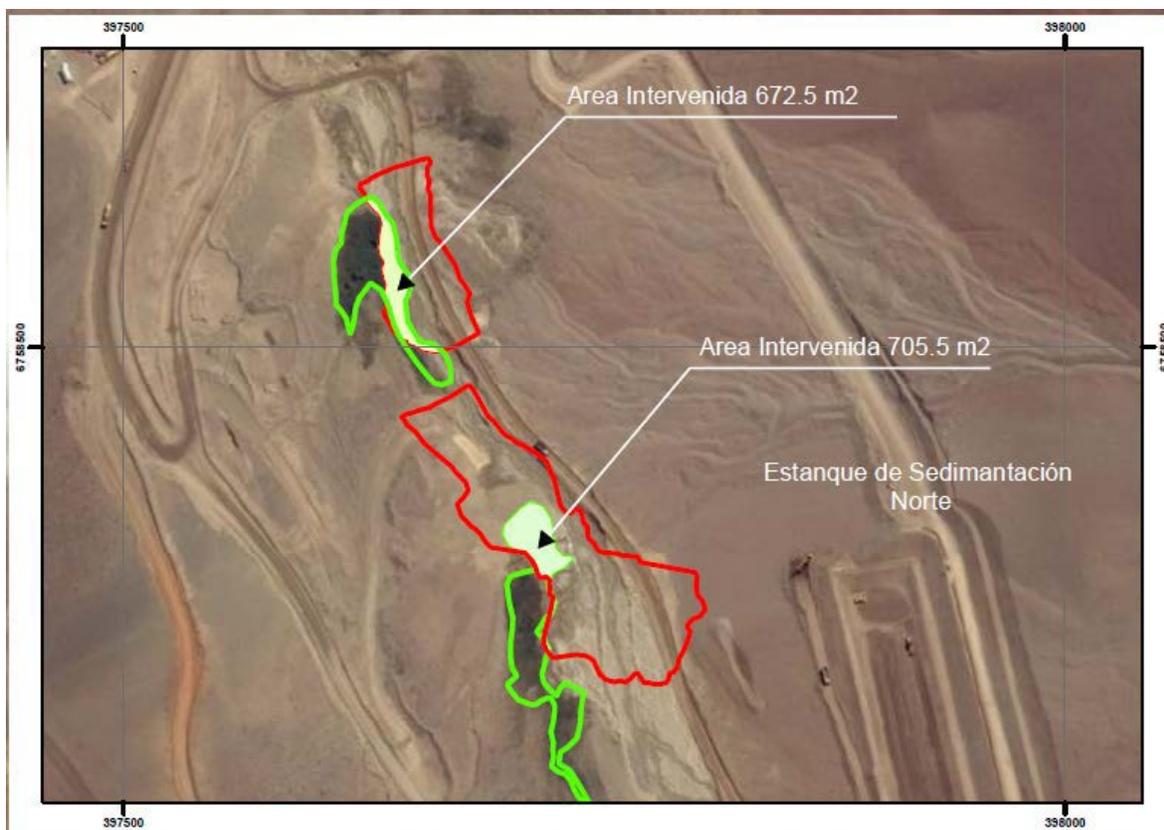


Figura 1. Representación gráfica de levantamiento topográfico de la superficie afectada de las Vegas entregada por Compañía Minera Nevada SpA el día 25 de Enero de 2013 (en: Informe de fiscalización ambiental a Pascua Lama (SMA, 2013¹)).

La representación gráfica de las Vegas afectadas por el aluvión ocurrido el día 10 de Enero de 2013, elaborada el Servicio Agrícola Ganadero (SAG), es la siguiente (Figura 2):

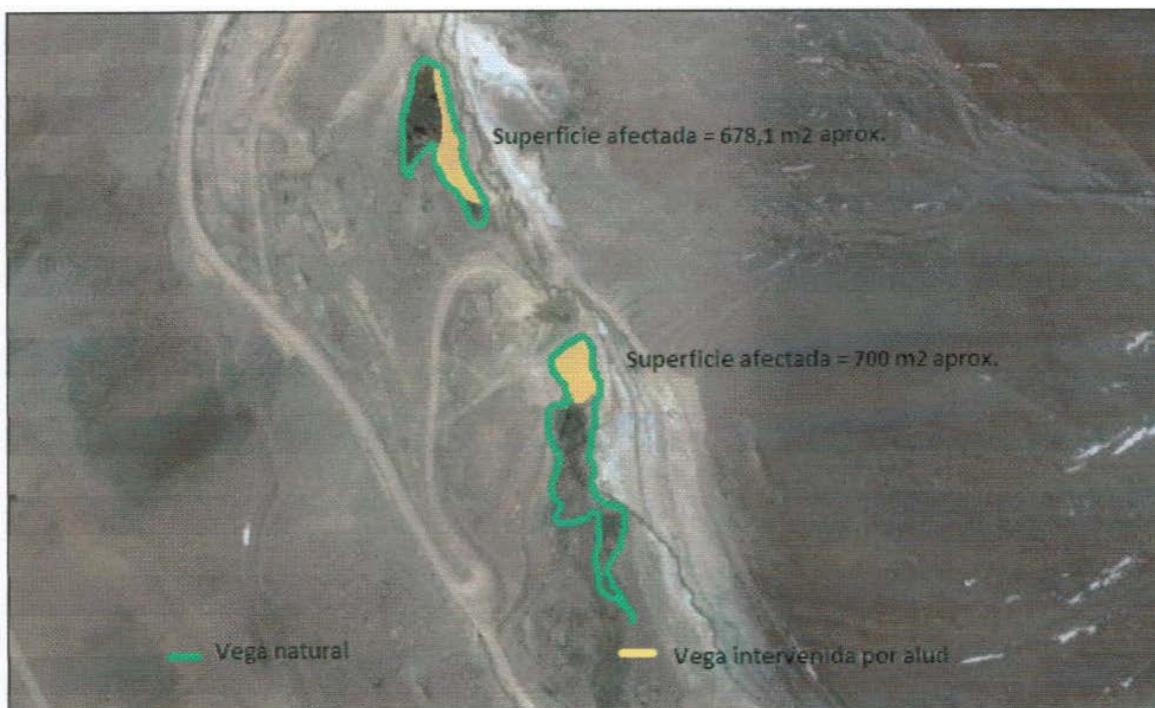


Figura 2. Representación gráfica de estimación de superficie afectada de las Vegas efectuada por el SAG en terreno del día 25 de Enero de 2013 (Informe de fiscalización ambiental a Pascua Lama (SMA, 2013¹)).

Estos hechos y su constatación están relacionados con las disposiciones establecidas en la RCA 024/2006, la cual en el Considerando 5.1), letra i) Flora y Vegetación, establece los siguiente (Informe de fiscalización ambiental a Pascua Lama (SMA, 2013¹)): “Se realizará protección efectiva del total de vegas andinas existentes en el área del proyecto, incluyendo las vegas en las cuencas de Río Tres Quebradas y Potrerillos, un área de protección ambiental en la cuenca del Estero Barriales y la exclusión de pastoreo en los bofedales del área de operaciones del proyecto definitivo según lo requerido por el SAG bajo el Protocolo Específico del Proyecto Pascua Lama”.

Posteriormente a ocurridos los hechos, y en respuesta al Ordinario U.I.P.S. N°171, la Compañía Minera Nevada SpA entrega un informe donde responde al Ord. 171, donde en el Anexo B se adjunta el denominado “Informe final recuperación zona afectada por el alud en sector río Estrecho proyecto Pascua Lama”, en Mayo de 2013, donde se da cuenta de los resultados del proceso de limpieza de las vegas andinas y el listado de especies de flora (CMNSpA, 2013).

En dicho informe, se establece que el alud ocurrido el 10 de Enero de 2013 se dividió en dos masas de roca y barro que afectaron dos áreas, una de 1,42 ha (Sector 1) y otra de 0,45 ha (Sector 2), las cuales como, se señala en el informe, comprometieron ambientes de vegas, entre otros. Estas superficies fueron estimadas mediante *tracks* con GPS, donde se consideraron sólo áreas con hábitats afectados y restando las zonas sin vegetación, como se señala (CMNSpA, 2013).

La representación gráfica de las áreas afectadas incluida en el “Informe final recuperación zona afectada por el alud en sector río Estrecho proyecto Pascua Lama”, se puede observar en la Figura 3.

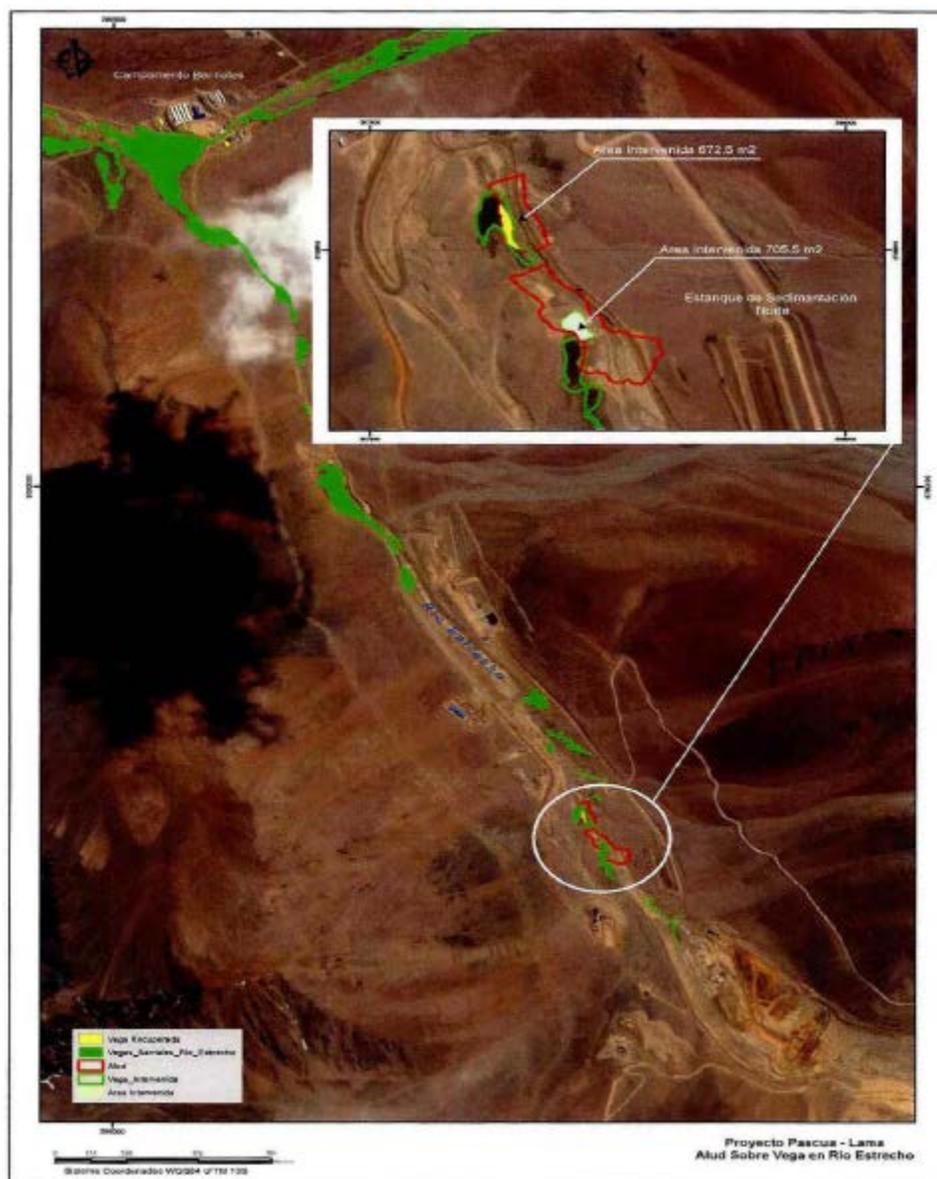


Figura 3. Áreas afectadas de Vegas por alud del 10 de Enero de 2013 (CMNSpA, 2013).

Como se puede observar en la Figura 3, esta concuerda con el levantamiento topográfico de la superficie afectada de las Vegas, entregada por Compañía Minera Nevada SpA el día 25 de Enero de 2013 (Figura 1), donde se informan las mismas superficies de vega afectadas en el denominado Sector 1, que fue donde se realizaron las obras de remoción y limpieza de material sobre vegas afectadas, considerando las dos áreas de trabajo detalladas en la Figura 3 (CMNSpA, 2013).

En el mismo informe se señala posteriormente que, sobre la superficie de Vega afectada estimada en 1378 m² en terreno del 25 de Enero de 2013, se logró recuperar 486,4 m² mediante las obras de remoción y limpieza de material.

Por otra parte, en el informe se indica que la vegetación presente en las vegas corresponde a la unidad denominada Piso andino inferior, descrita por Squeo *et al.* (1993), que como se indica, se distribuye entre los 3500 y 4200 msnm, y cuya vegetación corresponde a especies con crecimiento en cojín y subarbustos, con cobertura vegetal entre un 5 y 50% según las características del sustrato. Se identificaron seis especies presentes en “Vega y bofedal”, las cuales son las siguientes: *Deyeuxia* sp., *Mimulus* sp., *Oxychloe* sp., *Puccinellia frígida*, *Triglochin* sp. y *Deschampsia* sp. (CMNSpA, 2013).

De esta manera, se informa que la limpieza de vegetación, en el ambiente de vega, fue realizada principalmente sobre las especies *Oxychloe* sp., *Deyeuxia* sp., *Puccinellia frígida* y *Triglochin* sp. (CMNSpA, 2013).

En el mismo informe se señala que, como parte de los trabajos de limpieza de flora del sector de vegas, se procedió a re encasar el cauce del río Estrecho, ya que producto del alud el cauce de este Río fue desviado, provocando daño a la flora y vegetación existente. Las labores de re encause requirieron el uso de maquinaria pesada en conjunto con tareas manuales (CMNSpA, 2013).

Las labores de limpieza fueron realizadas en el denominado Sector 1, donde se ubican dos porciones de vegas y suelos naturales afectados. En la porción sur se retiró mediante maquinaria pesada una capa de 50 cm de profundidad de sedimento, en primera instancia, para luego continuar con labores manuales de remoción, usando pala, picota y fricción hídrica, realizando paralelamente labores de drenaje, otorgando una pendiente negativa al suelo. En la porción norte del denominado Sector 1, en tanto, se usó maquinaria pesada para forzar el curso del río a su cauce inicial, y excavadoras para extraer 2 metros de sedimento, en primera instancia, y posteriormente el uso de picotas, palas y rastrillos para retirar el material más fino (CMNSpA, 2013).

En el “Informe final recuperación zona afectada por el alud en sector río Estrecho proyecto Pascua Lama” (CMNSpA, 2013), se recomienda como alternativa de mitigación cerrar temporalmente el sector afectado, contemplando un área buffer aguas arriba y abajo, con el objeto de impedir el pastoreo de guanacos o ganado doméstico sobre la regeneración de especies vegetales. Por otra parte, en el informe se indica que para evaluar el área afectada es necesario realizar monitoreos en forma periódica cada 12 meses a lo menos (CMNSpA, 2013).

Posteriormente a la generación del “Informe final recuperación zona afectada por el alud en sector río Estrecho proyecto Pascua Lama” (CMNSpA, 2013), la SMA genera el Memorandum N°258/2013 con observaciones a dicho documento. En dicho Memorandum se señala que la superficie “No Limpiada” corresponde a un 64,7% (891,4 m²) del total afectado (1378 m²), lo que indica que las labores de limpieza solo consideraron el 35,3% de la superficie de las dos Vegas

afectadas. Esto conlleva a que en las conclusiones del Memorándum se determine que existe una pérdida significativa de los componentes flora y vegetación de las Vegas (SMA, 2013²).

Por otra parte, en el Memorándum N°258/2013 se establece que, en relación al nivel de afectación de las especies, no se entrega una metodología que permita entender la ponderación efectuada para establecer valores de niveles de pérdida de hábitat y especies, sino únicamente tablas con la valoración ya efectuada. En este mismo sentido, se indica que no se entrega una descripción de la metodología de valoración de las relaciones ecológicas entre flora y fauna del sector (SMA, 2013²).

Finalmente, en el Memorándum N°258/2013 se indica que, a modo de opinión de dicha división de la SMA, “existen las condiciones para determinar la existencia de daño ambiental y calificarla de irreparable en relación a los ecosistemas de vegas afectados, fundamentado en el valor ambiental del sujeto afectado, la extensión de la afectación y la irreparabilidad de la misma” (SMA, 2013²).

Con fecha 7 de mayo de 2015, la SMA, mediante el Ordinario D.S.C. N°755, realiza una solicitud de información asociada al proyecto minero Pascua Lama al SAG de la Región de Atacama, con el fin de recabar antecedentes que den cuenta de aquellos factores o componentes que permitan caracterizar de mejor manera la significancia del menoscabo, pérdida y/o detrimento inferido en las Vegas afectadas por el alud ocurrido el 10 de Enero de 2013 en el CPNI (SMA, 2015).

En respuesta a la solicitud de la SMA (Ordinario D.S.C. N°755), el SAG entrega un informe técnico con solicitud de información requerida, asociada al Proyecto Minero Pascua Lama (Ord. N°664/2015). En el título 4 de este documento (“Recuperabilidad del daño ocasionado”), el SAG establece la factibilidad de recuperación, mediante asistencia en corto mediano plazo, de los sistemas de Vegas afectadas, identificadas en este informe como Vegas altoandinas no salinas. Esta denominación indica, según se detalla en el informe, que se trata de un sistema vegetacional azonal hídrico, ubicado por sobre los 4000 msnm, compuesta por especies con hábito de crecimiento rizomatoso, desarrollando un césped parejo o con desarrollo de pequeños cojines herbáceos menores a 40 cm de altura de follaje y presenta superficie con afloramiento salino inferior al 20% de la superficie en el período de máxima aridez (SAG, 2015).

En el título 4 de dicho documento, el SAG indica que para la elaboración del oficio Ordinario N°152 del 12 de Febrero de 2013, se utilizó el polígono o shape de vegas incorporado en la Adenda 3 al Estudio de Impacto Ambiental (EIA), del proyecto “Modificación del Proyecto Pascua Lama”. Se procedió entonces a comparar dicho polígono con una imagen de Google Earth del 12 de Febrero de 2008, donde se identifica que en el extremo norte de la denominada Vega Sur (del Sitio 1), un área considerada previamente como área dañada por el aluvión no corresponde a vega, sino a un área de acumulación de agua o “espejo” de agua (Figura 4), ratificado por fotografía tomada en visita realizada por el SAG con fecha 4 de Abril de 2012 (Imagen 1).



Figura 4. Cuerpo de agua (en círculo rojo) identificado en extremo norte de Vega Sur en imagen de Google Earth del 12 de Febrero de 2008 (SAG, 2015).



Imagen 1. Ubicación cuerpo de agua (círculo en rojo) en foto captada en mes de Abril de 2012, previo al alud (SAG, 2015).

Respecto a la causa de la desaparición de dicho espejo de agua, en el informe elaborado por el SAG se señala que no se indagó en ello, lo cual tampoco fue posible de determinar mediante trabajo de gabinete (SAG, 2015).

Por otra parte, el informe del SAG indica que en visita realizada a terreno en Junio de 2015, se verifica existencia de “plantas aparentemente secas, en donde es factible diferenciar la especie o género”, en la zona de vegas afectadas por el aluvión, donde se identificó un inicio de recuperación por el rebrote de las estructuras de plantas que quedaron en “estado de rastrojo”,

caso de la *Oxychloe andina*, en un porcentaje muy bajo sin embargo. Esto último indicaría, como señala el informe del SAG, que en un plazo no conocido pudiera haber alguna recuperación de dichas áreas de vega, si se mantiene el aporte hídrico de dichas áreas (SAG, 2015).

En el informe elaborado por el SAG, en el título 4.6, se indica que la superficie de humedal (incluye a las denominadas Vega Norte y Vega Sur) alcanza una superficie de 8601 m², de los cuales 193 m² corresponden a superficie que se encuentra en estado de rastrojo de plantas acojinadas, con un incipiente proceso de recolonización. Se estima que la superficie de vega afectada por el alud y limpiada alcanza una superficie inferior al 5% del área afectada. Del total de 8601 m² de Vega identificada, mediante *track* de vegas con GPS de no precisión, 5979 m² corresponde a la denominada Vega Sur (Vega 1), donde se señala que no se observan impactos en la superficie por causa del alud; la denominada Vega Norte (Vega 2), presenta una superficie identificada de 3030 m², lo cual indica que una superficie de 409 m² fue removida por la acción del aluvión, donde el informe indica que se provocó la desaparición de todo vestigio de plantas y generando un desnivel respecto del nivel original del sustrato que mantenía la vegetación previo al alud, donde no se evidencian síntomas de recuperación, conclusión a la que se llegó al comparar la vega observada el año 2008 y el *track* de la vega hecha en junio de 2015 (Figura 5) (SAG, 2015).

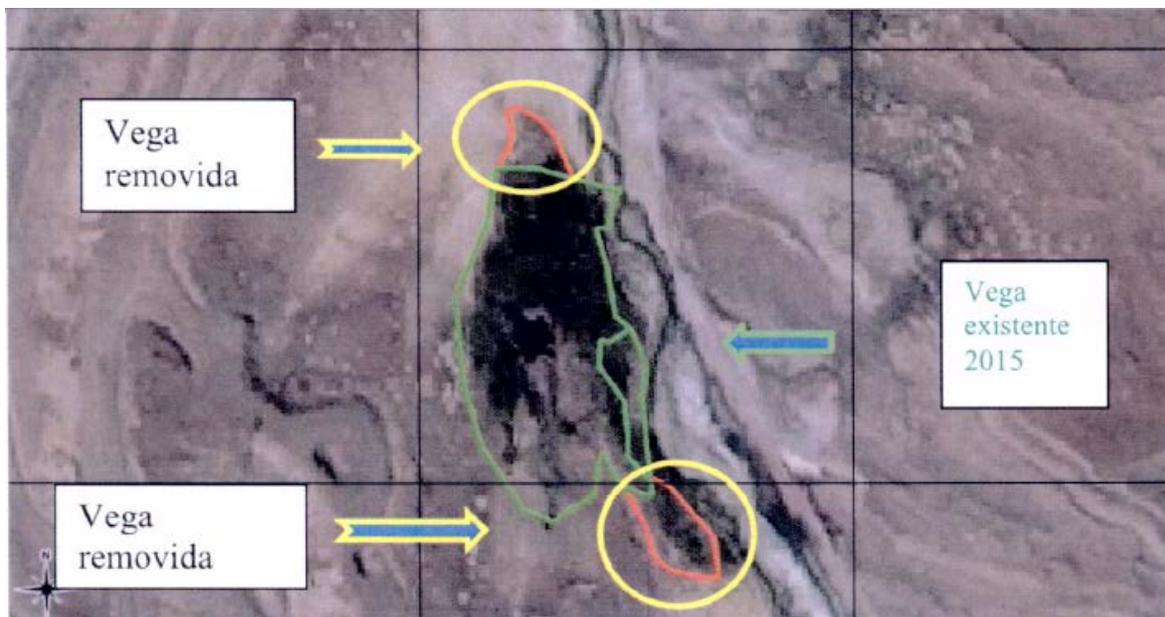


Figura 5. Parte Vega 2 (Vega Norte) removida por el alud no recuperada. Imagen de fondo correspondiente a imagen incorporada de EIA rectificada (SAG, 2015).

Finalmente, en el informe elaborado por el SAG se concluye que, a partir de visita realizada en junio de 2015, existe una superficie de 409 m² que no muestra indicios de recuperación, ubicado en el extremo sur y norte de Vega 2 (Vega Norte) (Figura 5). También se concluye que existe un área de 193 m², ubicada en la Vega 2 (Figura 6), cubierta por el aluvión y limpiada posteriormente por la empresa, que mostraba algún indicio de recolonización de vega. A raíz de esto último, se

señala que no es factible estimar si esta superficie de vega se recuperará en su totalidad ni el tiempo que un proceso de esa naturaleza pueda requerir (SAG, 2015).

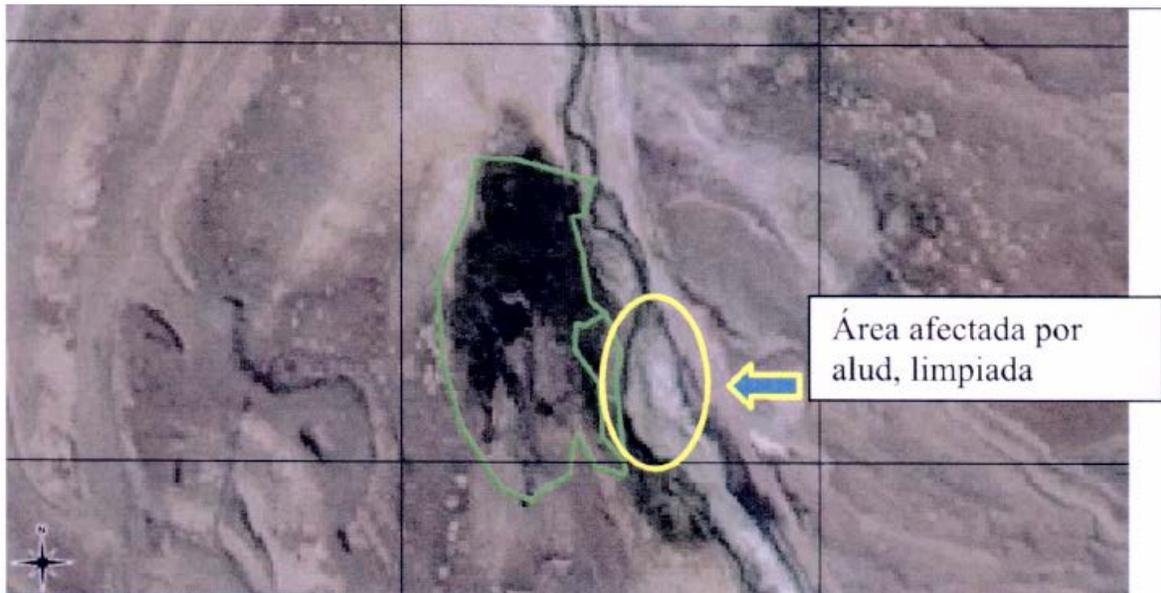


Figura 6. Ubicación de área afectada por aluvión limpiada por la empresa de aproximadamente 193 m², donde informe del SAG indica que existen indicios de recuperación (SAG, 2015).

Georreferenciación Vegas Norte y Sur realizada por Perito

Las denominadas Vegas Norte y Sur fueron georreferenciadas por el Perito durante la actividad en terreno realizada el día 20 de Enero de 2016, mediante el uso de un dispositivo GPS marca Garmin (Modelo Etrex 20), configurado para triangular posición espacial a partir de la red de satélites GPS y GLONAS, simultáneamente. Se procedió a generar un *track* que siguiese el margen de ambas vegas por separado, con objeto de obtener posteriormente un polígono que representase con exactitud las dimensiones espaciales de estos, siguiendo la misma ruta seguida por el equipo del SAG para delimitar las Vegas. Paralelamente, en el sector denominado Vega Norte, se siguió el mismo procedimiento para determinar el límite de la zona afectada por el aluvión ocurrido el 10 de Enero de 2013, con objeto de determinar la proporción de la Vega Norte afectada por este evento.

El resultado del procesamiento de la información obtenida por el dispositivo GPS, dio por resultado 3 polígonos, que posteriormente fueron transferidos al formato del Programa Google Earth (kml), con objeto de ilustrar su ubicación en el espacio, como se puede observar en la Figura 7.



Figura 7. Polígonos resultantes de contornos de las denominadas Vegas Norte y Sur, a partir de track obtenido mediante uso de dispositivo GPS en terreno (Imagen base obtenida de Google Earth, del 14 de Diciembre de 2014).

Las áreas calculadas para los polígonos observados en la Figura 7 se pueden observar en el Cuadro 1.

Nombre Unidad espacial	Área polígono (m ²)
Vega Norte	2571,19
Área afectada Vega Norte	653,54
Vega Sur	7165,47

Cuadro 1. Áreas calculadas para polígonos de Vegas Norte y Sur, y zona seca de Vega Norte

El detalle de la denominada Vega Norte se puede apreciar en la Figura 8.



Figura 8. Detalle límites de la denominada Vega 2 (Vega Norte) (línea color rojo) y de zona afectada por el evento aluvial del 10 de Enero de 2013 (superficie en verde), cuyos límites fueron determinados en visita a terreno del 20 de Enero de 2016 (Imagen base obtenida de Google Earth, del 14 de Diciembre de 2014).

Como se puede observar en el Cuadro 1, la superficie de la Vega Norte identificada como seca en terreno y diferenciada y delimitada como tal, se encuentra contiguo al curso del río, lo que es consistente con lo esperado dado el efecto adverso del evento aluvial ocurrido en Enero de 2013, que fluyó por el Río Estrecho, sobrepasando el cauce normal de este último, lo generó que se enterrase parte de las Vegas Norte y Sur. En el caso de la Vega Norte, el trabajo de remoción del material, realizado en el mes de Febrero de 2013, desenterró el área que en la Figura 7 se identificó como Área afectada Vega Norte, correspondiente al 25,41% de la superficie total de la Vega Norte delimitada y determinada en la actividad en terreno.

El detalle de la denominada Vega Sur se puede apreciar en la Figura 9.



Figura 9. Detalle límites de la denominada Vega Sur (línea color rojo), afectada por el evento aluvial ocurrido el 10 de Enero de 2013 en el costado Este, contiguo al Río Estrecho, cuyos límites fueron determinados en visita a terreno del 20 de Enero de 2016 (Imagen base obtenida de Google Earth, del 14 de Diciembre de 2014).

En la Figura 9 se puede apreciar la superficie total de la denominada Vega Sur, determinada en terreno en la visita del 20 de Enero de 2016, cuya superficie estimada a partir de *track* generado en terreno es de 7165,47 m² (Cuadro 1). En visita en terreno no se incluyó superficie identificada como “espejo de agua” (SAG, 2015), siendo delimitada como Vega Sur la superficie que actualmente se puede identificar superficialmente como provista de vegetación propia de Vegas/Bofedales. Este mismo criterio fue utilizado para delimitar la denominada Vega Norte (Figuras 7 y 8).

Observaciones del estado actual de Vegas Norte y Sur realizadas por el Perito

Se procedió a generar registro fotográfico de las denominadas Vegas Norte (Vega 2) y Vega Sur (Vega 1), a partir de lo cual se procedió a hacer un análisis de la situación actual de estas últimas y a establecer consideraciones respecto de los antecedentes existentes respecto de los efectos del alud ocurrido el día 10 de Enero de 2013. Paralelamente, se consideró información bibliográfica para efectos de sopesar la información disponible de acuerdo a estudios e información previa relevantes.

Vega 1 (Vega Sur)

Como se puede observar en la Figura 2, existe un área que fue afectada por el aluvión ocurrido el 10 de Enero de 2013 en la Vega 1, de aproximadamente 700 m², como se señala en dicha figura. Posteriormente, en el Ord. N°664/2015, el SAG establece que esta superficie corresponde a un “espejo de agua”, donde también se señala que, respecto a la causa de su desaparición, no se indagó en ello, lo cual tampoco fue posible de determinar mediante trabajo de gabinete (SAG, 2015). En base a la consideración de que se trata de que el área afectada se trata de un cuerpo de agua, se indica que no se observaron impactos en la superficie por causa del alud en la Vega 1.

El término bofedal corresponde a una denominación utilizada por la población aymara de la provincia de Parinacota, para identificar vegetación asociada a humedales, mientras que la población atacameña la denomina como vegas (Castro *et al.*, 1993; CONAMA-CEA, 2007). Las principales diferencias entre vegas y bofedales es que en las primeras predominan especies juncáceas en cojín (*Scirpus americanus*), mientras que en los bofedales predominan especies tales como *Oxychloe andina* y *Distichia muscoides*. Por otra parte, las vegas se encuentran a menor altitud que los bofedales (estos últimos se encuentran por sobre los 2800 msnm), y presentan un microrrelieve más plano que los bofedales, entre otros (Castro *et al.*, 2003; Squeo *et al.*, 2006). Contreras (2007), por su parte, define a los bofedales como formaciones ecosistémicas caracterizadas por presentar un relieve marcadamente irregular, por sobre los 3500 msnm en la Región de Atacama, conformados por vegetación de escasa altura que forma cojines densos y compactos, con un sustrato saturado con altos niveles de materia orgánica.

En base a estas definiciones, resulta razonable que las Vegas 1 y 2 corresponden a las formaciones ecosistémicas de bofedales, considerando que predomina la especie *Oxychloe andina* en las Vegas 1 y 2, caracterizadas por presentar vegetación de escasa altura que forma cojines densos y compactos, así como por encontrarse sobre los 3500 msnm, sobre un relieve irregular no plano.

Los bofedales corresponden a unidades donde se desarrollan comunidades de bacterias, metafiton, microcrustáceos macroinvertebrados, macrófitas y peces (Earle *et al.*, 2003; Squeo *et al.*, 2006; en Gonzales *et al.*, 2016). En este contexto, una característica de esta formación ecosistémica es la presencia de pozas, evidenciándose gran heterogeneidad ambiental en estos cuerpos de agua dentro de los bofedales (Declerck *et al.*, 2011). En la Imagen 2, obtenida a partir del Flash Report F-SSMA-P004-01 (Versión 2) (CMNSpA, 2013²), generado por la Compañía Minera Nevada SpA, donde se informa sobre la afectación de Vega, camino y Río Estrecho ocurrido el 10 de Enero de 2013, se puede observar a la Vega Sur (Vega 1) afectada, con presencia de pozas dentro de esta.



Imagen 2. Fotografía de Vega Sur (Vega 1) recién afectada por alud ocurrido el 10 de Enero de 2013, donde se observan una serie de pozas dentro de este (CMNSpA, 2013²).

La presencia de pozas poco profundas en los bodefades permiten el desarrollo de zooplancton (cladóceras) ha sido estudiada por trabajos como los desarrollados por Declerck *et al.* (2011) y Gonzales *et al.* (2014), cuantificándose y analizándose en este último comunidades acuáticas de metafiton, zooplancton, macroinvertebrados bentónico y macrófitas en las pozas de los bodefades, a diferentes escalas espaciales. Respecto a las macrófitas, estas corresponden formas macroscópicas de vegetación acuática.

En la Guía para la Conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos (MMA, 2011), se definen los parámetros mínimos a considerar para caracterizar la línea base de un humedal, entre los que se encuentran la composición específica de los parámetros biológicos, tales como descripción de comunidades de fitobentos, zoobentos, fitoplancton, zooplancton, macrófitas, fauna íctica y/u otros grupos taxonómicos asociados o dependientes directamente del sistema acuático.

La hidrología determina las características físicas y químicas de los subsistemas de inundación somera, caso de las pozas presentes en los bodefades. De esta forma, pequeños cambios hidrológicos pueden producir cambios significativos y masivos en la biota (Mitsch y Goselink, 2000; Gulani *et al.*, 2005; en Vila *et al.*, 2009). Por esta razón, es de gran importancia el conocimiento de aspectos hidrológicos, especialmente los relacionados con la mantención de su área de inundación y permanencia de la vegetación de borde (Vila *et al.*, 2009).

En base a las consideraciones antes señaladas, resulta relevante determinar la naturaleza del espejo de agua que fue afectado por el aluvión ocurrido el 10 de Enero de 2013 sobre la denominada Vega Sur (Vega 1), sin desestimar su importancia como subsistema de inundación somera que pudo haber albergado comunidades acuáticas de metafiton, zooplancton,

macroinvertebrados bentónicos y macrófitas, propias de las pozas de los bofedales. La superficie afectada en la Vega 1, de aproximadamente 700 m² (Figura 2), corresponde a un área donde no se ha determinado con precisión la naturaleza y cantidad de las especies preexistentes de flora y fauna, y eventualmente perdidas por efecto del aluvión ocurrido el 10 de Enero de 2013.

El espejo de agua identificado previamente al alud de 2013, no se presentaba en forma permanente, lo que hace suponer que era dependiente de la estacionalidad de las lluvias, pluviometría que varía según la temporada y el año. Sin embargo, esta condición es propia de las formaciones vegetacionales azonales hídricas de alta montaña, tal que las especies han desarrollado mecanismos que les permiten sobrevivir a prolongados períodos de sequía. Por esta razón, es probable que la vegetación de este cuerpo de agua fuese tolerante a las condiciones de escasez hídrica, incluidas las macrofitas, que solo en presencia de un cuerpo de agua somero desarrollan actividad fotosintética.

En la Imagen 3, se puede observar la condición en la que se encuentra actualmente la zona donde existió el espejo de agua indicado en el Ord. N°664/2015 SAG, como se indicó al Perito durante el terreno realizado el 20 de Enero de 2016.



Imagen 3. Sitio indicado como correspondiente a espejo de agua (primer plano, en cause actual del río) afectado por aluvión del 10 de Enero de 2013, en extremo norte de Vega 1 (Vega Norte) (Fotografía Perito).

Como se observa, las labores de reencausamiento del Río Estrecho en esta zona y de limpieza, posterior al aluvión, no lograron retornar a su estado original el denominado espejo de agua, que bien pudo haber sustentado a especies de flora y fauna.

Respecto al estado actual de la denominada Vega 1 (Vega Sur), esta presenta en su extremo Norte, en el área con vegetación contigua al cauce del Río Estrecho, zonas de vegetación acojinada ennegrecida, correspondiente a la especie identificada en el “Informe final recuperación zona afectada por el alud en sector río Estrecho proyecto Pascua Lama” como *Oxychloe andina*, probablemente correspondiente a tejido muerto. En la Imagen 4 y 5 se pueden observar los sectores de cojines ennegrecidos a los que se hace referencia.



Imagen 4. Zona norte de la Vega 1 contigua a cauce actual de Río Estrecho, donde se distinguen zonas de cojines, correspondiente a la especie identificada como *Oxychloe andina*, ennegrecidos y aparentemente muertos (dentro de óvalos color rojo) (Fotografía Perito).



Imagen 5. Detalle de zona norte de la Vega 1 contigua a cauce actual de Río Estrecho, donde se distinguen zonas de cojines, correspondiente a la especie identificada como *Oxychloe andina*, ennegrecidos y aparentemente muertos (dentro de óvalos color rojo) (Fotografía Perito).

En la Imagen 6, se puede observar en plano general correspondiente a la denominada Vega 1 (Vega Sur), donde se puede observar el detalle de la ubicación de la zona que presenta cojines de *Oxychloe andina* ennegrecidos, aparentemente muertos.



Imagen 6. Vista general de Vega 1, fotografía tomada con dirección sur en visita en terreno del día 20 de Enero de 2016. En la Imagen se aprecia la ubicación de la zona que presenta cojines de *Oxychloe andina* ennegrecidos y aparentemente muertos (recuadro color rojo) (Fotografía Perito).

Como se observa en las imágenes 5 y 6, las zonas identificadas con estructuras vegetativas en forma de cojines ennegrecidos, se encuentran muy próximos al cauce del Río Estrecho, de lo que se puede inferir que su estado no se debe a escasez de agua, si no a otro factor que perturbó en forma permanente a los individuos de *Oxychloe andina* ennegrecidos. Por encontrarse en el límite de la zona afectada por el aluvión de 2013, donde se realizaron las labores de limpieza sobre la Vega 1 (CMNSpA, 2013), se infiere que el factor que afectó a dichos cojines corresponde a dicho evento, los cuales permanecen en dicho estado desde Enero de 2013 a la fecha.

Si bien esta área es proporcionalmente menor en relación a la superficie de la denominada Vega 1, es parte de la superficie de 700 m², aproximadamente, identificada como afectada en el Informe de fiscalización ambiental a Pascua Lama (SMA, 2013¹) (Figura 2), y que posteriormente se consideró como un espejo de agua en su totalidad.

Otra situación observada durante el terreno realizado el 20 de Enero de 2016, fue la presencia de vegetación sin actividad fotosintética aparente, en los bordes de cause se agua presente en el margen Este de la Vega 1 (Imágenes 8 y 9) Esta situación resulta inesperada, dada la presencia de un curso que provee de agua a esta zona, lo que haría suponer un estado hídrico óptimo de la

vegetación, lo que puede deberse a razones de la más diversa índole, pero que no pueden ser determinadas a partir de observaciones superficiales realizadas por el Perito, por lo que este recomienda realizar estudios de calidad de agua, determinación de frecuencia y caudal del cauce de agua al cual se hace mención y análisis correspondientes que puedan resultar esclarecedores respecto de la condición de la vegetación.



Imagen 8. Vista de tramo de cause de agua que recorre margen Este de la denominada Vega 1, donde se distingue presencia de vegetación sin actividad fotosintética aparente (Fotografía Perito).



Imagen 9. Fotografías de vegetación aparentemente seca en bordes de cause de agua que recorre margen Este de la denominada Vega 1. Detalle de vegetación afectada dentro de óvalos color rojo (Fotografía Perito).

Vega 2 (Vega Norte)

En el informe elaborado por el SAG (SAG, 2015), se informa que la denominada Vega Norte (Vega 2), presenta una superficie identificada de 3030 m², lo cual indica que una superficie de 409 m² fue removida por la acción del aluvión, lo que provocó la desaparición de todo vestigio de plantas y generando un desnivel respecto del nivel original del sustrato que mantenía la vegetación previo al alud, donde no se evidencian síntomas de recuperación, conclusión a la que se llegó al comparar la vega observada el año 2008 y el *track* de la vega hecha en junio de 2015 (Figura 5) (SAG, 2015)

Por otra parte, en el informe elaborado por el SAG se concluye que, a partir de visita realizada en junio de 2015, existe una superficie de 409 m² que no muestra indicios de recuperación, ubicado en el extremo sur y norte de Vega 2 (Vega Norte) (Figura 5). También se concluye que existe un área de 193 m², ubicada en la Vega 2 (Figura 6), cubierta por el aluvión y limpiada posteriormente por la empresa, que mostraba algún indicio de recolonización de vega. A raíz de esto último, se señala que no es factible estimar si esta superficie de vega se recuperará en su totalidad ni el tiempo que un proceso de esa naturaleza pueda requerir (SAG, 2015).

Como se indica en la Guía para la Conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos (MMA, 2011), las perturbaciones corresponden a procesos que afectan la estructura y

funcionamiento de los humedales, pudiendo ser de dos tipos: 1) presión, donde el proceso actúa por un período prolongado de tiempo, y 2) pulso, donde existe un evento único. Respecto a este último, se encuentran las perturbaciones catastróficas, correspondientes a eventos de corta duración pero de alta intensidad, tal que pueden ser naturales o antrópicas.

Las perturbaciones antrópicas son procesos materiales “no conocidos” por los sistemas, lo que determina que sus efectos pueden ser muy variables, generalmente negativos. De esta forma, las perturbaciones pueden afectar uno o varios de los factores que regulan los humedales, que son los factores físicos (los más importantes), los químicos y los biológicos. De esta forma, los factores biológicos en los ecosistemas acuáticos, caso de los humedales, son la expresión de las condiciones físicas y químicas que se producen en la columna de agua y sedimentos (MMA, 2011).

Dependiendo de la naturaleza de la perturbación, será la calidad y magnitud del efecto que se genere sobre los ecosistemas. De esta forma, se puede señalar que las perturbaciones de tipo físico pueden superar la capacidad de resiliencia del sistema, llevándolo a una condición distinta de la observada en condiciones naturales (MMA, 2011).

Caro *et al.* (2014) determinó el efecto de una perturbación física antrópica sobre bofedales producto de la práctica de “champeo”, o extracción de cojines, donde determinó que la recuperación de la vegetación en el bofedal no es un proceso continuo, sino que sufre avances y retrocesos a lo largo del tiempo, llegando a la conclusión de que se requiere un período de tiempo mayor a cuatro años para observar recuperación de la condición de la vegetación. De esta forma, en el proceso de cambios post perturbación del bofedal, no ha habido posibilidad de recuperación importante de la vegetación, lo que permitió diferenciar dos tipos de atractores (Walker *et al.*, 2004) en un análisis de componentes principales: uno que representa a la perturbación, y otro las condiciones previas a la perturbación. Dado esto último, el bofedal analizado por el autor requería un tiempo mayor a cuatro años para sobrepasar el atractor de la perturbación.

Si bien la actividad de “champeo” implica otro tipo de perturbación, distinta a la observada por consecuencia del alud ocurrido el año 2013, guarda ciertas semejanzas, en cuanto implica perturbación superficial de la vegetación del bofedal, tal que el alud llegó a acumular una capa de 2 metros de material sobre la Vega 2, pudiendo eventualmente arrancar partes de este producto de la fuerza del movimiento de material.

En base a los antecedentes recién señalados, cabe la posibilidad de que la perturbación física sufrida por la denominada Vega 2, de carácter antrópico y por tanto un proceso material “no conocido” por el sistema (en cuanto a los ciclos naturales de eventos aluviales en esta zona), pudo superar la capacidad de resiliencia de este último, llevándolo a una condición distinta de la observada en condiciones naturales. Esto es necesario verificarlo mediante observaciones en terreno regulares por un período de tiempo que considere varios años, donde se haga un seguimiento sobre los avances y retrocesos del estado de la vegetación a lo largo del tiempo.

A tres años aproximadamente del evento aluvial ocurrido sobre la Vega 2 el 10 de Enero de 2013, en la visita a terreno del 20 de Enero de 2016 se observó el estado actual de la vegetación en la

zona delimitada por funcionarios del SAG como afectada por dicho aluvión (Figura 8). En el área señalada, se evidenció un estado de afectación evidente (Imágenes 10 y 11) respecto de la zona no afectada de la misma Vega 2 (Imagen 12). Si bien se distinguen algunos pocos indicios de actividad fotosintética en la zona afectada, esto no necesariamente indica un proceso de recuperación sostenida a futuro, siendo muy incipiente y poco representativa de la condición general de la superficie afectada, situación que solo se puede verificar mediante monitoreos regulares y permanentes a futuro.



Imagen 10. Zona afectada por el alud del 10 de Enero de 2013, en costado Este de la Vega 2, donde se evidencia la presencia de vegetación que no indica actividad fotosintética activa comparado con zona no afectada por dicho alud (Fotografía Perito).



Imagen 11. Zona afectada por el alud del 10 de Enero de 2013, en costado Este de la Vega 2, donde se evidencia la presencia de vegetación que no indica actividad fotosintética activa comparado con zona no afectada por dicho alud (Fotografía Perito).



Imagen 12. Fotografía de parte de la superficie de la Vega 2 no afectada por el alud de 2013 (Fotografía Perito).

Como se observa en las Imágenes 10 y 11, la afectación sobre la Vega 2 producto del alud del 10 de Enero de 2013, fue significativa, haciéndose evidente al comparar con la zona no afectada (Imagen 12). De esta forma, pese a presentar ciertos indicios de rebrotes, la zona afectada en su generalidad no presenta indicios de recuperación luego de a los 3 años transcurridos desde el evento aluvial, lo que indica que esta perturbación física no natural haya sido de tal magnitud que supere la capacidad de resiliencia de la de la formación ecosistémica de la Vega 2.

Como se indica en la Figura 5, existe una superficie de 409 m² que no muestra indicios de recuperación, ubicado en el extremo sur y norte de Vega 2 (Vega Norte). Al comparar el área de la Vega 2 indicada en la Figura 5 con el área georreferenciada para la misma Vega por el Perito (Figura 10), siguiendo la ruta del *track* determinada por funcionarios del SAG, se puede observar que esta superficie de 409 m² efectivamente no presenta indicios de recuperación, sin ni siquiera haber sido considerada como parte de la Vega 2.



Comparación superficie de Vega 2 bservada el año 2008 con el track de la vega hecha en junio de 2015

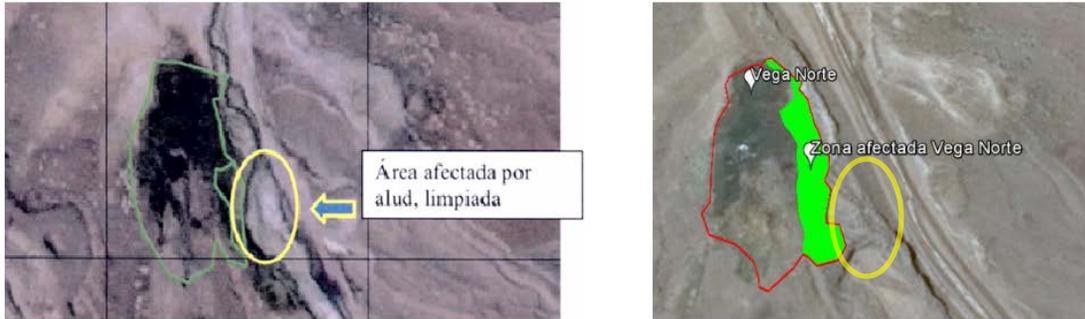


Track realizado por Perito de Vega 2, incluyendo límites de zona afectada por alud de 2013, en terreno del 20 de Enero de 2016

Figura 10. Comparación límites y proporciones de superficie de Vega 2 de *track* realizado en Junio de 2015 sobre imagen satelital de 2008, con *track* realizado por Perito en Enero de 2016 con imagen satelital de 2014. En esta última, se observa área aproximada considerada Vega removida (óvalos color amarillo) en imagen de *track* realizado en Junio de 2015.

Cuidando el tratar las proporciones de ambas imágenes de tal forma que se puedan apreciar a una escala muy similar, se observa que superficie indicada como Vega removida en la imagen del año 2008, efectivamente en imagen del año 2014 no se identifica con presencia de vegetación. Esto confirmaría la observación realizada en informe del SAG en el informe Ord. N°664/2015, respecto de que 409 m² de la Vega 2 no se recuperaron posteriormente al alud de 2013.

Por otra parte, en informe del SAG (SAG, 2015) se indica que existe un área de 193 m² ubicada en la Vega 2 (Figura 6), cubierta por el aluvión de 2013 y limpiada posteriormente por la empresa, que mostraba algún indicio de recolonización de vega. Al observar ubicación indicada en la Figura 6 como “Área afectada por alud, limpiada”, esta no corresponde a la identificada en *track* realizado en terreno del 20 Enero de 2016 como afectada por el alud, ni fue contemplada dentro de límites de la Vega 2 (Figura 11).



Comparación superficie de Vega 2 bservada el año 2008 con el track de la vega hecha en junio de 2015

Track realizado por Perito de Vega 2, incluyendo límites de zona afectada por alud de 2013, en terreno del 20 de Enero de 2016

Figura 11. Comparación límites y proporciones de superficie de Vega 2 de *track* realizado en Junio de 2015 sobre imagen satelital de 2008, con *track* realizado por Perito en Enero de 2016 con imagen satelital de 2014. En esta última, se observa área aproximada considerada como afectada por alud y limpiada (óvalo color amarillo) en imagen de *track* realizado en Junio de 2015.

A partir de superficies calculadas en el Cuadro 1, obtenidas a partir de *track* realizado por el Perito en terreno del 20 de Enero de 2016, la superficie identificada como zona afectada por el alud de 2013 en la Vega 2 tiene una superficie de 653,54 m², superficie que supera los 193 m² informados como limpiados posteriormente a este último evento.

Por otra parte, se identificaron una serie de situaciones inusuales en terreno en el área identificada como afectada por el alud de 2013, detalladas a continuación.

- Olores sulfhídricos en zonas con algas: se observaron una serie de pozas y cursos someros de agua con presencia de algas y agua con aspecto de contaminada, desde donde provenían olores sulfhídricos (olor a “huevo podrido”), lo que indica la existencia de un proceso de descomposición anaerobia (sin la presencia de oxígeno, caso de un medio acuoso) que genera ácido sulfhídrico en un medio acuoso, que el volatilizase se convierte en sulfuro de hidrógeno, el cual origina el mal olor.

En los bofedales, la descomposición anaeróbica no ocurre en condiciones normales, ya que la microfauna (metazoos) se encarga de degradar la materia orgánica (MMA, 2011). Por lo demás, en un bofedal saludable y bien irrigado, existe un flujo de agua subterráneo que impide que el agua se estanque, incluso en las pozas, donde el agua se encuentra en forma semipermanente.

Cuando las condiciones de drenaje y la microfauna son afectados en un bofedal, ocurren procesos tales como la eutrofización, consistente en la aceleración de los procesos de acumulación de nutrientes que conlleva al incremento de la productividad de los sistemas acuáticos. De esta forma, los cambios hidrológicos generan cambios de estado en el bofedal, donde los sistemas pasan de tener aguas “claras”, dominados por vegetación hidrófita, a aguas “turbias” con presencia de florecimientos masivo de algas (Vila *et al.*,

2009). Esta última situación, de aguas turbias con mucha presencia de algas se evidencia en las zonas con malos olores en la Vega 2, lo que confirma la alteración del estado hidrológico del esta última (alteración de flujos de agua superficial y subsuperficial) y de la microfauna propia de estos ecosistemas de humedales. En las Imágenes 13 y 14 se pueden observar las zonas con malos olores, presencia de algas y aguas estancadas, consecuencia de la disturbación en la Vega 2 que implicó el alud ocurrido el año 2013.



Imagen 13. Fotografía de cuerpo de agua en zona afectada por alud de 2013 en Vega 2, con presencia de algas y constatación de olores sulfhídricos en terreno (Fotografía Perito).



Imagen 14. Fotografía de cuerpo de agua en zona afectada por alud de 2013 en Vega 2, con presencia de algas y constatación de olores sulfhídricos en terreno (Fotografía Perito).

- Presencia de capa de material blanquecino en cause proveniente de Vega 2: Como se observa en las Imágenes 15 y 16, en un cauce de agua proveniente aparentemente de la Vega 2, existe la presencia de un material blanquecino en el lecho de este, material cuyo origen se desconoce, por lo que el Perito recomienda verificar naturaleza de este último, así como también su origen.



Imagen 15. Presencia de material blanquecino en el lecho de cause de agua proveniente aparentemente de la Vega 2.



Imagen 16. Presencia de material blanquecino en el lecho de cause de agua, donde se puede apreciar que origen de este se encuentra aparentemente en la propia Vega 2

- Presencia de excavación en sector afectado por alud en Vega 2: como se puede observar en las Imágenes 17 y 18, existe un sector, ubicado en el margen Este de la Vega 2, con presencia de una excavación aparentemente rellena con material de detritos propio de las laderas de los cerros colindantes. El origen antrópico de esta excavación resulta evidente, dada la forma rectangular de la excavación, y su posición completamente inusual, dentro de la Vega 2.



Imagen 17. Fotografía de excavación observada dentro de los márgenes de la Vega 2, por el costado Este de esta última.



Imagen 18. Fotografía de excavación observada dentro de los márgenes de la Vega 2 (en óvalo color rojo), por el costado Este de esta última.

Conclusiones

1. La superficie de la Vega 1, también denominada Vega Sur, obtenida a partir de un *track* generado mediante el uso de un dispositivo GPS en terreno, por parte del Perito, dio por resultado una superficie total de 7.165,47 m². El mismo procedimiento se aplicó sobre la Vega 2, también denominada Vega Norte, cuya superficie total se determinó en 2571,19 m², siendo también delimitada la superficie de Vega 2 afectada por el alud de 2013, dando por resultado una superficie afectada de 653,54 m², equivalente al 25,41% de la superficie total de la Vega 2.
2. En base a información bibliográfica, las Vegas 1 y 2 pudiesen corresponder más bien a bofedales, considerando la existencia y predominancia de la especie *Oxychloe andina* en las Vegas 1 y 2, caracterizadas por presentar vegetación de escasa altura que forma cojines densos y compactos, así como por encontrarse sobre los 3500 msnm, sobre un relieve irregular no plano, todas características propias reportadas para las formaciones ecosistémicas correspondientes a bofedales. Teniendo en cuenta lo anterior, Vegas y Bofedales corresponden a humedales que se presentan en la Cordillera de los Andes.

3. De la superficie identificada como un “espejo” de agua en el extremo Norte de la Vega 1, existente previamente a alud ocurrido el 10 de Enero de 2013, actualmente no quedan rastros. Este espejo de agua, a partir de estudios previos realizados en pozas existentes en bofedales, pudieron haber albergado comunidades acuáticas de metafiton, zooplancton, macroinvertebrados bentónicos, macrófitas, fauna íctica y/u otros grupos taxonómicos asociados o dependientes directamente del sistema acuático, aun considerando una presencia esporádica de dicho cuerpo de agua somero, dada la tolerancia de estas especies a períodos de escasez de agua. Esto implicaría que pudo existir la pérdida de especies de flora y fauna en el extremo Norte de la Vega 1, situación que debiese ser verificada en terreno de ser posible.
4. Existen zonas con presencia de cojines ennegrecidos y secos, pertenecientes a la especie identificada como *Oxychloe andina*, en el extremo Norte y parte del costado Este de la Vega 1, muy cercanos al cauce de Río Estrecho, lo que descarta la posibilidad de dificultad de acceso a fuentes de agua. Esta situación indica un efecto permanente sobre el estado de la vegetación producto del alud ocurrido el 10 de Enero de 2013, superficie que es parte de los 700 m² considerados como afectados por este evento en la Vega 1.
5. Se observó en terreno que en riveras de un cauce de agua que recorre el margen Este de la Vega 1, existe vegetación sin signos de actividad fotosintética en mal estado, aún dada la cercanía de dicho cauce superficial. Dada esta situación, el Perito recomienda realizar estudios de calidad de agua, determinación de frecuencia y caudal del cauce de agua al cual se hace mención y análisis correspondientes que puedan resultar esclarecedores respecto del estado actual de la vegetación.
6. En base a antecedentes bibliográficos, las perturbaciones de tipo físico pueden superar la capacidad de resiliencia de un sistema o formación ecosistémica, caso de las Vegas 1 y 2, llevándolo a una condición distinta de la observada en condiciones naturales. En base a lo anterior, cabe la posibilidad de que la perturbación física sufrida por la denominada Vega 2, de carácter antrópico y por tanto un proceso material “no conocido” por el sistema (en cuanto a los ciclos naturales de eventos aluviales en esta zona), pudo superar la capacidad de resiliencia de este último, llevándolo a una condición distinta de la observada en condiciones naturales. Si bien se distinguen algunos pocos indicios de actividad fotosintética en la zona afectada de la Vega 2, esto no necesariamente indica un proceso de recuperación sostenida a futuro, dado que la recuperación de la vegetación en un bofedal alterado físicamente no es un proceso continuo, sino que sufre avances y retrocesos a lo largo del tiempo. De esta forma, los indicios de recuperación de vegetación en la Vega 2 es muy incipiente y poco representativa de la condición general de la superficie afectada, situación que solo se puede verificar mediante monitoreos regulares y permanentes a futuro.
7. En base a antecedentes recopilados, en la Vega 2 se existe una superficie de 409 m² que no muestra indicios de recuperación, ubicado en el extremo sur y norte de esta. Al comparar el área de la Vega 2 observada el año 2008, previo al alud del 2013, con el área georeferenciada para la misma Vega por el Perito, siguiendo la ruta del *track* determinada por funcionarios del SAG, se puede observar que esta superficie de 409 m² efectivamente

no presenta indicios de recuperación, al punto de no haber sido considerada en el *track* realizado en terreno de Enero de 2016 como parte de la Vega 2.

8. En base a antecedentes recopilados, existe un área de 193 m² ubicada en la Vega 2, cubierta por el aluvión de 2013 y limpiada posteriormente por la empresa, que mostraba algún indicio de recolonización de vega a Junio de 2015. Al observar ubicación informada de esta superficie, identificada en Junio de 2015 y catalogada como “Área afectada por alud, limpiada”, esta no se corresponde con la superficie identificada en *track* realizado en terreno del 20 Enero de 2016, que identificó la zona afectada por el alud, ni fue contemplada dentro de límites de la Vega 2 en dicho terreno.
9. En zona afectada por el alud de 2013 identificada como tal en terreno del 20 de Enero de 2016, se observó la presencia de agua con olores sulfhídricos, propios de una descomposición anaeróbica, y con presencia de algas. Esta situación es anómala en un ecosistema como el de la Vega 2, donde en condiciones de un equilibrio natural, existe un flujo de agua permanente subterráneo que impide que el agua permanezca apozada por períodos largos de tiempo, y una microfauna propia de las pozas de humedales que se alimenta de la materia orgánica, evitando su acumulación. La presencia de olores propios de la descomposición y de algas, que indican un proceso de eutrofización que no existe en un humedal en condiciones de equilibrio, indican que el alud del año 2013 generó un impacto sobre la diversidad biológica y el ciclo hidrológico de la parte de la Vega 2 afectada, pudiendo ser de carácter permanente.
10. Se observó la presencia de un curso de agua en el costado Este de la Vega 2, aparentemente originado en esta última, que presenta en su lecho un material blanquecino impregnado a las piedras de este, cuyo origen y naturaleza se desconoce. El perito recomienda verificar naturaleza de este último, así como también su origen.
11. En el margen Este de la Vega 2 se observó la existencia de una excavación, aparentemente rellena con material de detritos propio de las laderas de los cerros colindantes. El origen antrópico de esta excavación resulta evidente, dada la forma rectangular de la excavación, y su posición completamente inusual, dentro de la Vega 2.

Referencias bibliográficas

Caro, C., Sánchez, E., Quinteros, Z., y Castañeda, L. 2014. Respuesta de los pastizales altoandinos a la perturbación generada por extracción mediante la actividad de "champeo" en los terrenos de la Comunidad Campesina Villa de Junín, Perú. *Ecología Aplicada*, 13(2): 85-95.

Castro, M., Bahamondes, M., Salas H. y Azócar, P. 1993. Identificación y Ubicación de Áreas de Vegas y Bofedales de las Regiones Primera y Segunda. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales, y Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago, Chile.

Castro, M., Bahamondes, M., Azócar, P. y Molina, L. 2003. Humedales de la puna: territorios de pueblos indígenas del norte de Chile. En: Neiff, J. J. (ed.) *Humedales de Iberoamérica*. Buenos Aires, CYTED, p. 113-128.

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)–Centro de Ecología Aplicada (CEA). 2007. Protección y Manejo de Humedales Integrados a nivel de la cuenca hidrográfica. Disponible en: www.mma.gob.cl

Compañía Minera Nevada SpA (CMNSpA). 2013. Carta PL -0097/2013. "Responde Ordinario N° 171 de la SMA. Santiago 8 de mayo de 2013.

Compañía Minera Nevada SpA (CMNSpA). 2013². Flash Report RIMS: EHSIN3162. 16 de enero de 2013. Parte de los Flash Report solicitados como medida para mejor resolver el Tribunal Ambiental.

Contreras, F. 2007. Uso de vegas y bofedales de la zona cordillerana y precordillerana de la Región de Atacama. Tesis para optar a título de Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. 97 p.

Declerck, S., J. Coronel, P. Legendre y L. Brendonck. 2011. Scale dependency of processes structuring metacommunities of cladocerans in temporary pools of high-Andes wetlands. *Ecography* 34: 296-305.

Earle, L., B. Warner y R. Aravena. 2003. Rapid development of unusual peat-accumulating ecosystem in the Chilean Altiplano. *Quaternary Research* 29: 2-11.

Gonzales, R., Quenta, E., Molina-Rodriguez, J, Dangles, O. y Jacobsen, D. 2016. Propuesta metodológica para estimar la heterogeneidad ambiental, diversidad y estructura de comunidades acuáticas de pozas de agua en bofedales altoandinos. *Ecología en Bolivia-Revista del Instituto de Ecología*, 50(2): 56-72.

Gulati, R., Lammens, E., De Pauw, N. y E. Van Donk. 2005. Shallow Lakes in a changing world. *Developments in Hydrobiology* 196. *Hydrobiologia* 584.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2011. Guía para la Conservación y Seguimiento Ambiental de Humedales Andinos. División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, Unidad de Gestión Ambiental del Departamento de Protección de Recursos Naturales

del Servicio Agrícola y Ganadero y Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas. 47 p.

Mitsch, W. y J.G Gosselink. 2000. Wetlands. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc, New York.

Squeo, F., Veit, H., Arancio, G., Gutierrez, J., Arroyo, M. y Olivares, N. 1993. Spatial heterogeneity of high mountain vegetation in the Andean desert zone of Chile. Mountain Research and Development: 203-209.

Squeo, F., Warner, B., Aravena, R. y Espinoza D. 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. Revista Chilena de Historia Natural 79: 245-255.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2015. Ord N° 664/2915. "Adjunta informe técnico con solicitud de información requerida, asociada al proyecto Minero Pascua Lama. 29 de Septiembre de 2015.

Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). 2013¹. Informe de Fiscalización Ambiental. Inspección Ambiental Pascua Lama. DFZ-2013.63-III-RCA-IA.

Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). 2013². Memorándum N° 258/2013. 14 de Mayo de 2013.

Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). 2015. ORD.D.S.C N° 755. Solicitud de información asociado a proyecto Pascua Lama a SAG. 7 mayo de 2015.

Vila, P., Tobar, I., Dorador, I., Scott, C. y Maureira, F. 2009. Caracterización de los humedales de Lirima y Caya. Región de Tarapacá. Laboratorio de Limnología. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile. 44 p.



Orlando Macari Rosales

Perito designado por la Comunidad del Valle del Huasco en causa ROL A-002-2013