Gobierno de Chile
www.gob.cl

Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

RESUELVE PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO SANCIONATORIO, ROL D-014-2015, SEGUIDO EN CONTRA DE SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA COMPAÑÍA MINERA MARICUNGA

RESOLUCIÓN EXENTA N° 234

Santiago, 17 MAR 2016

VISTOS:

Lo dispuesto en el artículo N° 2 de la Ley N° 20.417, que contiene la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, "LO-SMA"); en la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente (en adelante, "Ley N° 19.300"); en la Ley N° 19.880, que Establece Bases de los Procedimientos Administrativos que Rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado (en adelante, "Ley N° 19.880"); en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Decreto Supremo N° 40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente (en adelante, "Reglamento SEIA"); en el Ord. N° 150584, del Director Ejecutivo del Servicio de Evaluación Ambiental, de 25 de marzo de 2015, que imparte instrucciones en relación al artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300 y al artículo 74 del D.S. N° 40/2012, Reglamento SEIA; en el Decreto con Fuerza de Ley N° 3, del año 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que Fija la Planta de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N° 1.002, del 29 de octubre de 2015, que aprueba el documento "Bases Metodológicas para la Determinación de Sanciones Ambientales"; en el Decreto Supremo N° 76, de 10 de octubre de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente que nombra a don Cristián Franz Thorud como Superintendente del Medio Ambiente; en la Resolución N° 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República, que Fija Normas Sobre Exención del Trámite de Toma de Razón; y en las Resoluciones de Calificación Ambiental que se individualizarán en la presente resolución sancionatoria.

CONSIDERANDO:

I. TABLA DE CONTENIDO

II. ANTECEDENTES GENERALES DEL PRESENTE PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO SANCIONATORIO . 3

a) **Identificación del presunto infractor** 3

b) **El proyecto** 3

c) **Área de emplazamiento del proyecto** 4

d) **Características e importancia ecológica del Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa** 6

III. ANTECEDENTES PREVIOS AL INICIO DE LA INSTRUCCIÓN DEL PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO.... 7

a) **Denuncia sectorial** 7

b) **Inspecciones ambientales** 11

c) **Informes sectoriales solicitados** 11

d) **Resultados de requerimientos de información efectuados a la empresa** 12

e) **Informe de Fiscalización Ambiental** 12

IV. CARGO FORMULADO EN CONTRA DE LA EMPRESA 13

V. OTROS ANTECEDENTES ACOMPAÑADOS DURANTE LA ETAPA DE INSTRUCCIÓN DEL PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO Y DESCARGOS PRESENTADOS POR LA EMPRESA 14

a) **Descargos de Compañía Minera Maricunga** 15

b) **Diligencias probatorias y antecedentes reunidos durante la instrucción del procedimiento sancionatorio.** 18

VI. DICTAMEN 21

VII. VALOR PROBATORIO DE LOS ANTECEDENTES QUE CONSTAN EN EL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO SANCIONATORIO 21

VIII. DETERMINACIONES PREVIAS AL ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN DE LA INFRACCIÓN, VINCULADAS A LOS DESCARGOS DE CMM 22

a) Supuesto error en que incurriría el escrito de formulación de cargos en la descripción del hecho infraccional, en específico, por haber confundido la infracción con sus efectos 22

b) Supuesta incompetencia de la SMA para conocer incumplimientos de obligaciones vinculadas al acaecimiento de impactos ambientales no previstos 24

c) Incidencia en el presente procedimiento sancionatorio de la sanción aplicada por la CEA de la Región de Atacama a CMM 29

d) Competencia de la SMA para conocer los hechos infraccionales, a la luz del momento en que ellos habrían ocurrido 34

e) Supuesta falta de fundamentación de los cargos 35

IX. CONFIGURACIÓN DE LA INFRACCIÓN 36

a) Alteración del medio ambiente: Desecamiento del humedal Valle Ancho 37

i. Constatación en terreno de la desecación del humedal Valle Ancho 38

ii. Análisis de imágenes satelitales de área afectada en el Humedal Valle Ancho 46

iii. Humedales de control 58

iv. Análisis del índice de vegetación SAVI en el Humedal Valle Ancho y comparación con otros humedales 67

v. Dirección del avance de la desecación. 82

vi. Conclusiones respecto a la alteración del medio ambiente 89

b) Provocada directa o indirectamente por el proyecto: Relación entre la actividad del Proyecto Minero Refugio con la afectación del humedal Valle Ancho 91

i. Contexto en el cual ocurre la afectación al humedal Valle Ancho 92

ii. Vinculación entre la actividad del proyecto y la desecación del humedal Valle Ancho 95

iii. Observaciones planteadas por CMM respecto a la relación entre la actividad del proyecto y la afectación del humedal Valle Ancho 111

iv. Conclusiones sobre la vinculación entre la actividad del Proyecto Minero Refugio y la alteración del medio ambiente identificada en la formulación de cargos 123

c) Falta de previsión del impacto ambiental en la evaluación ambiental del proyecto: Evaluación ambiental del impacto ambiental sobre el humedal Valle Ancho en los diferentes procedimientos de evaluación ambiental del Proyecto Minero Refugio 125

d) La conducta realizada no se ajusta a la conducta exigida por la normativa: Obligación de Compañía Minera Maricunga de informar y tomar medidas frente al impacto ambiental no previsto sobre el humedal Valle Ancho 128

i. Obligaciones a las que se encontraba sujeta CMM 128

ii. Acciones identificadas por CMM como representativas de un actuar diligente 131

iii. Comparación entre las acciones ejecutadas y las obligaciones impuestas por las RCA del proyecto en relación al acaecimiento de impactos ambientales no previstos 135

e) Conclusión respecto a la configuración de la infracción 137

X. SOBRE LA CLASIFICACIÓN DE LA INFRACCIÓN 139

a) **Procedencia de daño ambiental** 139

b) **Reparabilidad e irreperabilidad del daño ambiental** 146

XI. PONDERACIÓN DE LAS CIRCUNSTANCIAS DEL ARTÍCULO 40 DE LA LO-SMA QUE CONCURREN A LA INFRACCIÓN 151

a) **Importancia del daño causado o del peligro ocasionado (artículo 40 letra a)** 152

b) **Número de personas cuya salud pudo afectarse (artículo 40 letra b)** 154

c) **Beneficio económico obtenido con motivo de la infracción (artículo 40 letra c)** 154

d) **Intencionalidad en la comisión de la infracción y el grado de participación en el hecho, acción u omisión constitutiva de la misma (artículo 40 letra d)** 157

e) **Conducta anterior del infractor (artículo 40 letra e)** 160

f) **Capacidad económica del infractor (artículo 40 letra f)** 161

g) **Cumplimiento del programa señalado en la letra r) del artículo 3 LO-SMA (artículo 40 letra g)** 161

h) **Detrimento o vulneración de un área silvestre protegida del Estado (artículo 40 letra h)**... 161

i) **Alcance de letra i), todo otro criterio que, a juicio fundado de la Superintendencia, sea relevante para la determinación de la sanción (artículo 40 letra i)** 163

j) **Cooperación eficaz en el procedimiento, en el marco de la aplicación de la letra i) del artículo 40** 163

k) **Aplicación de medidas correctivas, en el marco de la aplicación de la letra i) del artículo 40** 163

XII. CONCURRENCIA DE LOS PRESUPUESTOS PARA LA APLICACIÓN DE SANCIONES NO PECUNIARIAS. 164

II. ANTECEDENTES GENERALES DEL PRESENTE PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO SANCIONATORIO

a) Identificación del presunto infractor

1. El presente procedimiento sancionatorio se inició con la dictación de la Res. Ex. N° 1/Rol D-14-2015 de fecha 05 de mayo de 2015, mediante la cual se le formuló cargos a Compañía Minera Maricunga S.A., Rut N° 78.095.890-1, domiciliada en calle Cerro Colorado N° 5.240, piso 18, Las Condes, titular del **"Proyecto Minero Refugio"**. Con posterioridad, mediante la Res. Ex. N° 7/ D-14-2015 de fecha 24 de julio 2015, se tuvo presente que la continuadora legal de Compañía Minera Maricunga S.A. es actualmente la **Sociedad Contractual Minera Compañía Minera Maricunga** (en adelante, "CMM"), **Rut N° 76.038.806-8**, del mismo domicilio.

b) El proyecto

2. El Proyecto Minero Refugio consiste en el desarrollo de operaciones extractivas y de procesamiento de minerales auríferos, que incluye principalmente la explotación a rajo abierto de los rajos Pancho y Verde (Este - Oeste), la disposición de estéril en un gran botadero conformado por 6 depósitos distribuidos alrededor de los rajos existentes, una línea de chancado de tres etapas, una pila de lixiviación y una planta ADR (proceso de Adsorción, Desorción y Recuperación), que procesa un promedio anual de 48.000 ton/día y lixivia anualmente en pilas 17,5 millones de toneladas de mineral, lo que permite la producción entre 230.000 a 250.000 onzas de oro al año.

3. En lo que respecta a la continuidad del proyecto, este inició sus operaciones en el año 1996 y continuó hasta el segundo semestre de 2001, donde se detuvo

temporalmente su funcionamiento en las áreas de mina y chancado, retomando operaciones el cuarto trimestre del 2005.

4. El agua requerida para las distintas necesidades de proceso de la faena minera, se extrae de dos pozos ubicados en el sector de Pantanillo denominados RA-1 y RA-2, siendo el consumo medio autorizado igual a 95 l/s.

5. El proyecto se encuentra regulado ambientalmente por las siguientes Resoluciones de Calificación Ambiental:

i) Resolución Exenta N° 2, de 14 de diciembre de 1994, que calificó favorablemente el Estudio de Impacto Ambiental (en adelante, "EIA") del "Proyecto Minero Refugio" (en adelante, "**RCA N° 2/1994**"), de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Atacama (en adelante, "Corema de Atacama");

ii) Resolución Exenta N° 32, de 16 de mayo de 2000, que calificó favorablemente la Declaración de Impacto Ambiental (en adelante, "DIA") del proyecto "Modificación Proyecto Refugio" (en adelante, "**RCA N° 32/2000**"), de la Corema de Atacama;

iii) Resolución Exenta N° 56, de 01 de junio de 2002, que calificó favorablemente la DIA del proyecto "Plan de cierre Proyecto Refugio" (en adelante, "**RCA N° 56/2002**"), de la Corema de Atacama;

iv) Resolución Exenta N° 97, de 30 de diciembre 2003, que calificó favorablemente la DIA del proyecto "Nuevo Campamento Proyecto Refugio" (en adelante, "**RCA N° 30/2003**"), de la Corema de Atacama ;

v) Resolución Exenta N° 4, de 16 de enero de 2004, que calificó favorablemente la DIA del proyecto "Modificación Instalaciones y Diseños Proyecto Refugio" (en adelante, "**RCA N° 4/2004**"), de la Corema de Atacama;

vi) Resolución Exenta N° 5, de 16 de junio de 2004, que calificó favorablemente la DIA del proyecto "Línea de Transmisión Eléctrica 110 kV Proyecto Refugio" (en adelante, "**RCA N° 5/2004**"), de la Corema de Atacama;

vii) Resolución Exenta N° 268, de 29 de octubre de 2009, que calificó favorablemente la DIA del proyecto "Optimización Proceso Productivo Proyecto Refugio" (en adelante, "**RCA N° 268/2009**"), de la Corema de Atacama; y,

viii) Resolución Exenta N° 45, de 28 de febrero de 2011, que calificó favorablemente la DIA del proyecto "Modificación Proyecto Minero Refugio Racionalización de la Operación Mina-Planta", de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Atacama (en adelante, "**RCA N° 45/2011**").

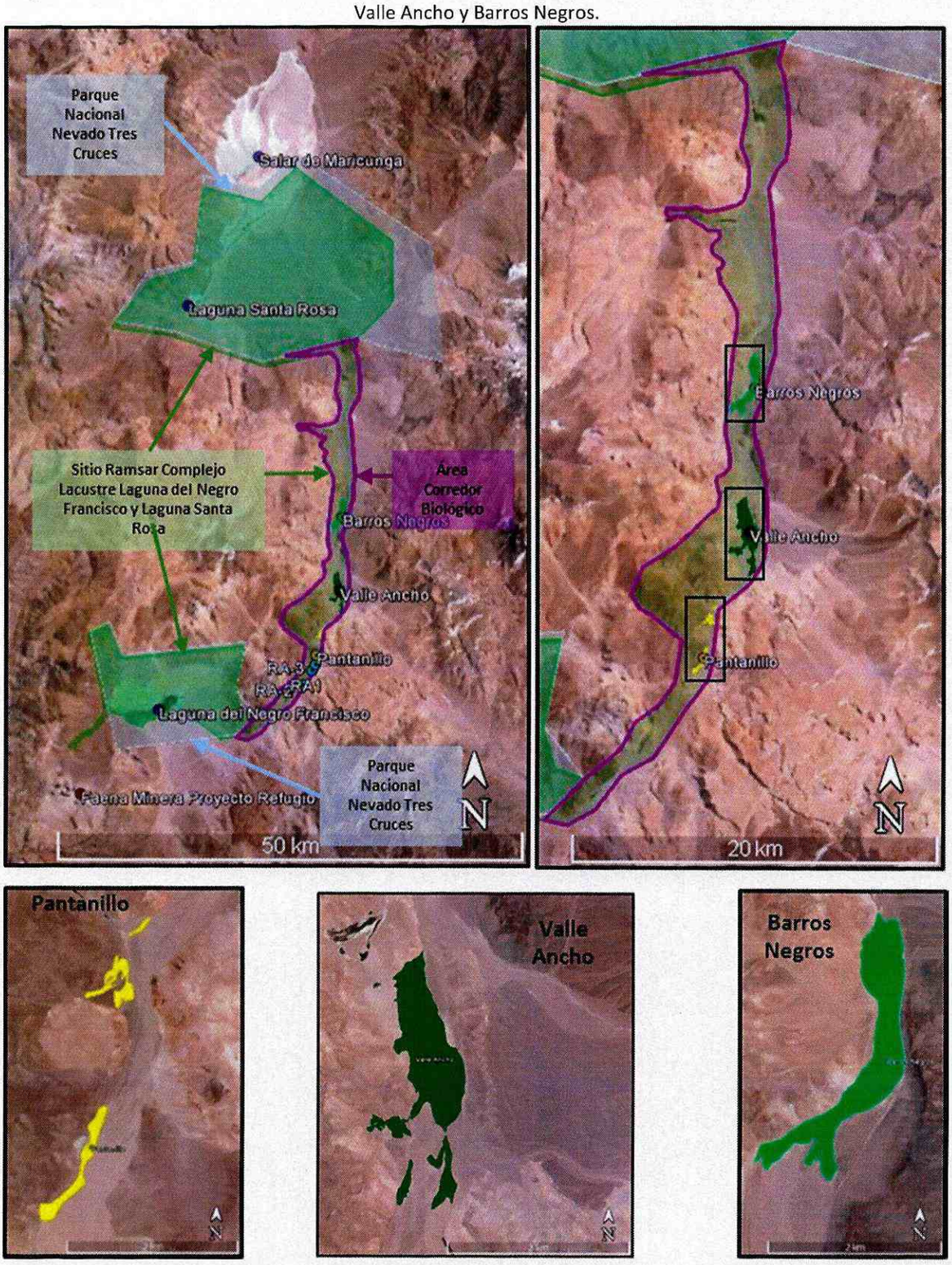
c) Área de emplazamiento del proyecto

6. Las faenas principales del Proyecto Minero Refugio se encuentran en la comuna de Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó, Región de Atacama, a una altura entre 4.200 metros y 4.500 metros sobre el nivel del mar. La faena minera se encuentra situada a 18 km por tierra por la ruta C-353, del Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa y aproximadamente a 3,5 km en línea recta.

7. El agua de proceso del proyecto se extrae de dos pozos (RA-1 y RA-2, en adelante también "campo de pozos Pantanillo") ubicados, **dentro del Sitio Ramsar Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa**, específicamente, en el área del **Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda,** que se ubica en la subcuenca Quebrada Ciénaga Redonda, aguas arriba de los humedales[1] Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda. Esta zona es contigua al **Parque Nacional Nevado Tres Cruces**, unidad que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado chileno, tal como se muestra en la Imagen N° 1:

[1] En este caso se utiliza el término humedal de forma genérica, entendiéndose que corresponden a subsistemas límnicos integrados a cuencas hidrográficas, incluidos pantanos, marismas, lagos, vegas, bofedales, salares, pastizales húmedos, turberas y estuarios.

Imagen N° 1: Área de emplazamiento del Proyecto Minero Refugio y localización de los humedales de Pantanillo, Valle Ancho y Barros Negros.



Fuente: Elaboración propia, a partir de imágenes *Google Earth* 2015; coberturas para el "Parque Nacional Nevado Tres Cruces" y Sitio Ramsar "Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa" del sitio http://ide.mma.gob.cl y coberturas SIG obtenidas en base al "Informe Técnico de Estado de Humedales Pantanillo y Valle Ancho en la Región de Atacama", remitido por CONAF mediante Ord. N° 017 de fecha 21/01/2015.

8. De acuerdo a lo presentado en la Imagen N° 1, para efectos del presente procedimiento sancionatorio, la identificación de los humedales se realiza en base a la nomenclatura utilizada por la CONAF en el Informe Técnico entregado a esta Superintendencia con fecha 23 de enero de 2015, el cual forma parte de los anexos del Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2015-8-11 1-RCA-IA del Proyecto Minero Refugio. La aclaración anterior cobra relevancia, ya que, como

se verá más adelante, esta nomenclatura no es siempre coincidente con la utilizada en otros informes y documentos, que forman parte de los antecedentes de prueba.

d) Características e importancia ecológica del Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa[2]

9. Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, considera cuatro sectores: dos sectores del Parque Nacional Nevado de Tres Cruces[3], un sector denominado Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, que une los otros dos sectores y el bofedal del Río La Gallina. Fue declarado como Sitio Ramsar el año 1996, y en el año 2009 se incluyó como parte de este al Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda[4].

10. El Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa abarca un área total de 62.460 hectáreas, forma parte de la cuenca del Salar Maricunga, siendo a su vez, parte de la subcuenca denominada Quebrada Ciénaga Redonda. La cuenca del Salar de Maricunga es la segunda cuenca cerrada (endorreica) más grande de la Tercera Región, después de Pedernales y corresponde a la cabecera norte del sistema Ciénaga Redonda y representa el término de esta misma. Las cuencas interandinas cerradas, corresponden a grandes depresiones endorreicas con características de altiplanicie, confinadas por cordones volcánicos rumbo Norte – Sur y otras menores de rumbo Este – Oeste. Las depresiones se encuentran ocupadas por grandes masas de sedimentos recientes y en sus puntos más bajos por salares y lagunas de agua salobre sin desagüe visible. El cordón oriental coincide con el límite internacional que posee cumbres entre los 4.800 m.s.n.m y los 5.000 m.s.n.m.

11. El clima del Sitio Ramsar corresponde al Desierto Frío de Montaña, cuyas temperaturas está determinado por la altitud. La característica más importante de este ambiente es la gran sequedad del aire y las diferencias térmicas estacionales y diurnas. El día es más o menos templado a causa de la insolación directa, pero las noches pueden ser notablemente frías, con temperaturas que alcanzan los -30 °C. El área presenta precipitaciones nivales de origen frontal abundantes, que se producen entre los meses de mayo a agosto. Esta precipitación sólida provee el recurso hídrico que alimenta a los cursos superficiales y subterráneos de la zona. Con respecto a las precipitaciones líquidas, éstas resultan escasas. Los suelos son eminentemente minerales, de evolución precaria. Sus extremadamente bajos contenidos de materia orgánica, determinan una fertilidad muy escasa. Solamente en las escasas vegas presentes se encuentran suelos orgánicos.

12. La dinámica natural de cuenca endorreica que da lugar a la existencia del referido complejo, está controlada fundamentalmente por el aporte de aguas subterráneas, provenientes de la quebrada del río Astaburuaga, que alimenta la cabecera de la llamada subcuenca Quebrada Ciénaga Redonda, recibiendo posteriormente algunos aportes de quebradas laterales. Esta subcuenca corre de sur a norte, presentando sucesivos afloramientos permanentes de agua que hacen posible la subsistencia de una serie de humedales altoandinos, compuestos por las vegas y bofedales de Pantanilllo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda, para luego descargar sus aguas a la Laguna Santa Rosa y Salar de Maricunga en el extremo norte del complejo lacustre. Estos humedales son un ejemplo de Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres (SVAHT), humedales dependientes de un aporte hídrico constante, sean provenientes de aguas subterráneas cercanas a la superficie o fuentes superficiales de agua y básicamente dependen del régimen de precipitaciones de los meses estivales provenientes del anticiclón Atlántico y/o nevadas, principalmente invernales, provenientes del anticiclón Pacífico.

---

[2] Las características del Complejo descritas en esta sección, fueron extraídas de la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa – Versión 2009-2012, [en línea] <https://rsis.ramsar.org/es/ris/877>; y, CASTRO, Roberto. ALTAMIRANO, Tania. Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo. Altiplano Región de Atacama. 2013 [en línea] < http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26051/HUM2-0137.pdf?sequence=1&isAllowed=> (Informe SAG 2013).

[3] Forman parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado chileno, creada a través del Decreto N° 947 del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado el 8 de noviembre de 1994 en el Diario Oficial.

[4] Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Op. cit.

13. La importancia ecológica estratégica de los humedales del Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, en virtud de la cual el área ha sido reconocida como Humedal de Importancia Internacional, incorporándose a la lista de Sitios Ramsar el año 1996, radica entre otros, en su rol como un regulador de los componentes bióticos y abióticos del ecosistema Andino ahí presente; es de vital importancia para el tránsito de avifauna altoandina y camélidos (vicuñas y guanacos); mantiene vegetación característica de humedales altoandinos de la Puna, principalmente bofedales, vegas y pajonales que se caracterizan por ser de estratos bajos, de características turbosas y asociados a cuerpos de aguas ya sean superficiales o subterráneas, escasamente representados en la Región de Atacama; y es el hábitat de un gran número de especies nativas de flora y fauna, entre ellas diversas especies en estado de conservación vulnerable o en peligro[5].

14. De acuerdo a la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa – Versión 2009-2015 (en adelante, Ficha Ramsar Laguna Negro Francisco 2009-2015), en la Laguna Santa Rosa, habitan 49 especies de fauna, correspondiendo 41 a aves y 8 a mamíferos, de las cuales el 32.6% presenta algún problema de conservación. Por su parte, en el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, habitan 28 especies, de las cuales 20 especies corresponden a aves, 5 a mamíferos y a 3 reptiles, y en la laguna del Negro Francisco es posible encontrar 44 especies, de las cuales 32 corresponden a aves, 4 a reptiles y 8 a mamíferos, de las cuales el 25% de ellas presenta algún problema de conservación. Entre las especies que habitan el Complejo se encuentran tres especies de flamencos sudamericanos, a saber, el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*), todas catalogadas como vulnerables; el piuquén (*Chloephaga melanoptera*), considerada vulnerable; la tagua cornuda (*Fulica cornuta*) catalogada como vulnerable, la gaviota andina (*Larus serranus*), considerada rara. Entre los mamíferos, están el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), ambas catalogadas en peligro. Esta última especie, se distribuye a lo largo de todo el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénega Redonda, desde el río Astaburuaga por el sur hasta la vega Ciénaga redonda por el norte y representa casi un 50% del total de vicuñas censadas anualmente[6].

15. Dentro de las especies que es posible observar, tanto en las lagunas como en el Corredor Biológico, destacan aquellas que corresponden a variedades de aves migratorias, que utilizan las lagunas del Sitio Ramsar en forma estacional. En el caso de algunas aves, como por ejemplo la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*), se observa apareamiento en el mes de noviembre, mientras que otras aves, por ejemplo, la tagua cornuda (*Fulica cornuta*), el pato juarjual (*Lophonetta specularioides*), el piuquén (*Chloephaga melanoptera*) y la gaviota andina (*Larus serranus*), nidifican en ambas lagunas.

16. Adicionalmente a la importancia ecosistémica del Sitio Ramsar, se debe señalar que dada la existencia de humedales dentro y en la zona aledaña, asociada a la presencia de gran cantidad de fauna silvestre, debió haber sido una buena fuente de alimento para cazadores nómades y para viajeros que pasaban la cordillera desde épocas históricas.

III. ANTECEDENTES PREVIOS AL INICIO DE LA INSTRUCCIÓN DEL PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO

a) Denuncia sectorial

17. Con fecha 1 de agosto de 2014, el Subsecretario de Medio Ambiente, remitió a esta Superintendencia el Of. Ord. DJ. N°142853, en el cual da cuenta de antecedentes proporcionados por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región de Atacama (en adelante, "SEREMI de Medio Ambiente de Atacama"), los cuales se refieren a una eventual afectación de humedales altoandinos, ubicados dentro del Sitio Ramsar Complejo Lacustre Laguna Santa Rosa y Laguna del Negro Francisco, producto de la sobreexplotación de los recursos hídricos. Debido a

[5] Ver: Ord. CONAF N° 17/2015, de 21 de enero de 2015.
[6] Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Op. cit. p. 11 y 12.

que dicha alteración podría estar siendo ocasionada por proyectos que cuentan con Resolución de Calificación Ambiental (en adelante, "RCA"), solicita a la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante también, SMA) revisar los antecedentes y adoptar las medidas correspondientes.

18. Se acompaña a la denuncia el Of. Ord. N°347, del 7 de julio de 2014, de la SEREMI del Medio Ambiente de Atacama, dirigido al Subsecretario de Medio Ambiente. En él se hace una descripción general del área afectada y su valor ecológico; su balance hídrico y la conexión hidrogeológica con otras cuencas; la utilización de derechos de agua en el acuífero sub cuenca Ciénaga Redonda; las actividades productivas asociadas a la extracción de agua en la cuenca; el proceso de detección de la afectación al área; la normativa ambiental que regula al Proyecto Minero Refugio en relación a los aspectos del recurso hídrico y la vegetación azonal; el proceso de sanción seguido contra CMM por la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Atacama (en adelante, "CEA de Atacama"), iniciado con fecha 4 de febrero de 2013 y resuelto el día 8 de enero de 2014; y, las acciones adoptadas por los servicios con competencia ambiental, en relación a la afectación de la vega Pantanillo.

19. El Oficio de la SEREMI de Medio Ambiente de Atacama señala como principal conclusión *"(...) el conocimiento de una afectación de Humedales altoandinos muy superior a la afectación evaluada en (el) proceso sancionatorio finalizado por la Comisión de Evaluación Ambiental de Atacama a Compañía Minera Maricunga, Proyecto Refugio"*. Se recomienda, dentro de otros aspectos, iniciar un trabajo en conjunto con la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, SMA), especialmente, debido a que *"[e]l titular de proyecto Refugio mantiene su extracción de agua y posibles incumplimientos extendidos a otros Humedales del corredor Biológico Pantanillo"*. Se acompañan como Anexos un grupo de diez fotografías del área y un conjunto basto de documentos en formato digital, los cuales serán descritos sucintamente a continuación:

19.1. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar versión 2009. Se trata de una ficha Completada por CONAF, el 23 de junio de 2011 y remitida a la Secretaría de la Comisión Ramsar como antecedente[7].

19.2. Estudio "Elaboración de una Propuesta de Planificación aplicada, para el Seguimiento y Monitoreo de Humedales Asociados al Parque Nacional Nevado Tres Cruces y Sitio RAMSAR, en el Contexto de la Cuenca Hidrográfica del Salar de Maricunga", basándose en la "Guía para la Conservación y Seguimiento de Humedales Andinos". Corresponde a un estudio elaborado por la Consultora Tierra del Sol, del 5 de diciembre de 2012, el cual se propone como objetivo el *"(...) elaborar el Programa de Seguimiento y Monitoreo específico a los Humedales del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, Sitio Ramsar, incluyendo los Sitios Prioritarios que se sitúan en el contexto geográfico de la Cuenca del Salar de Maricunga, aplicando los criterios señalados en la Guía para la conservación y seguimiento ambiental de Humedales alto andinos elaborada por el Ministerio de Medio Ambiente, SAG y DGA"*.

19.3. Estudio "Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II Y III, Etapa 2, Informe Final, Parte X, Sistema Piloto III Región, Salares de Maricunga y Pedernales". Fue realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile, en el mes de noviembre del año 2009. Su objetivo general es *"(...) implementar un programa de investigación que permita establecer el estado actual del conocimiento sobre el funcionamiento hidrogeológico de los sistemas altoandinos"*.

19.4. Minuta DCPRH N°30 del 4 de julio de 2013, del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (en adelante, DGA). En ella se realizan observaciones al estudio "Formulación de un Plan de Monitoreo y Seguimiento para el Parque Nevado de Tres Cruces y Sitio Ramsar como Mecanismo de Adaptación al Cambio Climático, a Partir de un Modelo Conceptual Integrado para las Cuencas Hidrográficas del Salar de Maricunga y el Negro Francisco".

---

[7] Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Ibid.

19.5. Informe Técnico "Análisis de la Situación Hidrológica e Hidrogeológica de la Cuenca del Salar de Maricunga, III Región" (en adelante también "Informe DGA 2006"), del Departamento de Estudios y Planificación de la DGA, de marzo de 2006. Tiene por objetivos específicos el determinar el balance hídrico de la cuenca y de su subcuenca aportante desde el sur, determinar la factibilidad de constituir nuevos derechos de aprovechamiento, y, resolver las materias técnicas insertas en las oposiciones a dichas solicitudes.

19.6. Informe Técnico "Diagnóstico de Disponibilidad Hídrica en Cuencas Alto – Andinas de la Región de Atacama", elaborado por Aquaterra Ingenieros Limitada, en diciembre de 2013. Su objetivo general es la revisión y análisis de antecedentes meteorológicos, hidrológicos, geológicos, geofísicos, isotópicos, hidrogeológicos, hidrogeoquímicos y de demandas de aguas, y a partir de ellos, desarrollar balances hídricos preliminares para 8 cuencas Alto-Andinas de la Región de Atacama.

19.7. Of. Ord. BS3 N°1735, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud (en adelante, SEREMI de Salud), del 12 de septiembre de 2012, dirigida al SEREMI de Medio Ambiente de Atacama. En el oficio la autoridad de salud manifiesta la preocupación por lo informado por CMM en el Informe de Monitoreo del segundo semestre de 2011, debido a que se informa que el punto de monitoreo ubicado en Pantanillo no registró afloramientos de agua durante el segundo semestre de 2011. En el oficio se insta a la SEREMI de Medio Ambiente de Atacama a tomar las acciones correspondientes para abordar el tema.

19.8. Of. Ord. N°443, del Servicio de Evaluación Ambiental de la Región de Atacama (en adelante, SEA de Atacama), del 24 de octubre de 2012. Se invita a los Servicios con competencia ambiental a participar en una reunión de trabajo con CMM, para tratar la situación de la vega Pantanillo.

19.9. Of. Ord. N°512, del SEA de Atacama, de fecha 21 de noviembre de 2012. Se adjunta a los Servicios con competencia ambiental, copia del Informe "Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo".

19.10. Of. Ord. N°907, del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Atacama (en adelante, SAG de Atacama), del 10 de diciembre de 2012. Se informa al SEA de Atacama sobre la visita inspectiva, del día 15 de noviembre de 2012, al sector de la vega Pantanillo, realizada como consecuencia de una denuncia presentada por la Corporación Nacional Forestal de la Región de Atacama (en adelante, CONAF de Atacama). Se indica que la visita en terreno permitió confirmar la afectación de dos zonas en el sector de la vega Pantanillo, por un total de 20 ha. Se indica que el proceso de desecamiento del humedal es de más de tres años. Se insta a la CEA de Atacama el iniciar un procedimiento de sanción en contra de CMM.

19.11. Of. Ord. N°933, del SAG de Atacama, del 17 de diciembre de 2012. Se remite al SEA de la Región de Atacama observaciones al "Plan de Seguimiento Para la Recuperación de la Vega Pantanillo del Proyecto Refugio".

19.12. Of. Ord. N°19, de la SEREMI de Medio Ambiente de Atacama, del 10 de enero de 2013. Se remite al SEA de Atacama observaciones al "Plan de Seguimiento Para la Recuperación de la Vega Pantanillo del Proyecto Refugio".

19.13. Of. Ord. N°34, de la Dirección General de Aguas de la Región de Atacama (en adelante, DGA de Atacama), del 17 de enero de 2013. Informa a la CEA de Atacama sobre la situación del Sistema Vegetacional Azonal Hídrico Terrestre Pantanillo, en la subcuenca de Ciénaga Redonda, en relación al EIA aprobado mediante la RCA N° 2/1994.

19.14. Of. Ord. N°331, del SEA de Atacama, del 28 de agosto del 2012. Comunica a los organismos con competencia ambiental de una reunión relativa al plan de monitoreo del Proyecto Minero Refugio, a realizarse el día 31 de agosto de 2012 a las 9:00 hrs.

19.15. Of. Ord. N°658, del 23 de octubre de 2012, de la DGA de Atacama. Informa al SEA de Atacama, un complemento de su pronunciamiento respecto al EIA del Proyecto Minero Volcán y Reinicio y Expansión Proyecto Lobo Marte.

19.16. Of. Ord. N°460, del SEA de Atacama, del 30 de octubre de 2012. Informa al Intendente Regional de la Región de Atacama, sobre la situación de posible daño ambiental que se evidenciaría en sectores de la vega Pantanillo.

19.17. Carta del gerente general de CMM, dirigida al SEA de Atacama, del 19 de noviembre de 2012. Acompaña "Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo".

19.18. Of. Ord. N°208, CONAF de Atacama, de 11 de diciembre de 2012. Informa al SEA de Atacama sus observaciones al "Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo".

19.19. Of. Ord. N°579, del SEA de Atacama, del 18 de diciembre de 2012. Remite a la SEREMI de Medio Ambiente de Atacama oficios de distintos Servicios, con observaciones sobre el "Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo".

19.20. Res. Ex. N°1027, DGA de Atacama, del 23 de diciembre de 2013. Resuelve no acoger denuncia presentada por CONAF de Atacama.

19.21. Se adjuntan las RCA que regulan el Proyecto Minero Refugio: N °2/1994; N° 4/2004; N° 29/2009; y N° 45/2011.

19.22. Conjunto de antecedentes vinculados al procedimiento sancionatorio seguido en contra de CMM ante la CEA de Atacama, iniciado con fecha 4 de febrero de 2013, mediante Res. Ex. N°35, y concluido el día 8 de enero de 2014, mediante la dictación de la Res. Ex. N°5. En él se resolvió aplicar una multa de 500 UTM a CMM, por incumplimiento al Resuelvo N°3 de la RCA N° 2/1994. Dentro de estos antecedentes se encuentran los descargos de CMM, así como los pronunciamientos de diferentes servicios con competencia ambiental.

19.23. Ord. N°285, de la SEREMI de Medio Ambiente de Atacama, del 2 de junio de 2014. Consulta al Subsecretario del Medio Ambiente respecto de las competencias específicas de la SEREMI de Medio Ambiente para dar revisión al Ord. N° 64 del 29 de abril de 2014 de CONAF de Atacama sobre "Solicitud para realizar actividades de investigación en Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado".

19.24. Ord. N° 64, CONAF de Atacama, del 29 de abril de 2014. Se solicita al SAG de Atacama y a la DGA de Atacama un pronunciamiento sobre medidas de investigación y experimentación de restauración de Vega Pantanillo presentadas por KINROSS Maricunga.

19.25. Estudio "Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo. Altiplano Región de Atacama", Licitación: ID: 612-73-LE13, elaborado por Roberto Castro Ríos y Tania Altamirano, a solicitud del SAG, en noviembre del año 2013 (en adelante, Informe SAG 2013). El objetivo general fijado en el estudio es el realizar un análisis desde el año 1995 al año 2012 de la tendencia de la condición hídrica de la vegetación y el estado actual de los humedales Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo, utilizando imágenes satelitales.

19.26. Memorándum Interno N°10, del Ministerio del Medio Ambiente de la Región de Atacama, de fecha 28 de Abril de 2014. Es dirigido a la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Atacama, ajuntando un Informe Técnico de Terreno asociado a la visita de terreno del día 24 de abril de 2014, a los humedales de la Subcuenca Quebrada Ciénaga Redonda.

20. En septiembre de 2014, esta Superintendencia inició una investigación de los hechos denunciados, lo cual fue comunicado al Subsecretario del Medio Ambiente mediante Ord. N°1175, de 10 de septiembre de 2014. En el marco de esta investigación se efectuaron las actividades que se indican a continuación.

b) Inspecciones ambientales

21. Con fecha 4 de noviembre de 2014, la SMA, en conjunto con el Consejo de Defensa del Estado, el SAG y la CONAF, llevaron a cabo una inspección ambiental al Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa. Esta inspección conjunta fue propuesta por la División Defensa Estatal Unidad de Medio Ambiente del Consejo de Defensa del Estado, mediante Ord. N° 7715 de 15 de octubre de 2014, en el cual informa que la situación de eventual daño ambiental vinculada a la afectación de 20 ha. de vegas en el sector Pantanillo, establecida en el marco del procedimiento sancionatorio sustanciado ante la CEA de Atacama y que concluyó con la imposición de una multa de 500 UTM a CMM. En la misma comunicación, se señaló la existencia de otras áreas adicionales de humedales, que exceden el proceso sancionatorio referido, por lo cual propone coordinar una visita conjuntamente con la SMA.

22. Con fecha 4 de marzo de 2015, esta Superintendencia, en conjunto con los organismos sectoriales SAG y CONAF, realizaron una inspección ambiental en el área del campo de pozos de bombeo que abastece al Proyecto Minero Refugio y los humedales cercanos, ubicados en la parte alta del denominado Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, dentro del Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa. Dicha inspección ambiental se realizó como parte del Programa y Subprograma sectorial de fiscalización ambiental de Resoluciones de Calificación Ambiental, para el año 2015, según lo establecido en la Resolución Exenta N° 769, de 23 de diciembre de 2014, de la SMA.

c) Informes sectoriales solicitados

23. Por medio del Of. Ord. N° 17/2015 de 22 de enero de 2015, CONAF dio respuesta al Ord. SMA N° 2335 de 31 de diciembre de 2014, en el cual esta Superintendencia solicitó al Director Regional de CONAF de la Región de Atacama, que informe acerca de la situación actual de los humedales del Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, indicando si ha habido un aumento del área afectada respecto de aquella que fue objeto del procedimiento sancionatorio ante la CEA de Atacama. En el referido oficio, CONAF informó, en síntesis, que en la actualidad el área afectada alcanza un total de 91,4 ha. en los humedales Pantanillo y Valle Ancho, existiendo un riesgo inmediato de expansión para 73 ha. en el humedal Valle Ancho. Se adjuntó, entre otros antecedentes, el informe técnico denominado "Estado de Humedales Pantanillo y Valle Ancho en la Región de Atacama".

24. Con fecha 6 de marzo de 2015, la Subsecretaría del Medio Ambiente dio respuesta al Of. Ord. SMA N° 295 de 10 de febrero de 2015, remitiendo nueva información correspondiente al estudio desarrollado por dicha Subsecretaría denominado "Implementación del Plan de Seguimiento y Monitoreo Ambiental de los Humedales del Parque Nacional Nevado Tres Cruces, Sitio Ramsar, incluyendo los Sitios Prioritarios; como Sistema de Alerta Temprana en un Espacio Natural Frágil". Se trata de un total de cinco discos compactos de información correspondientes a la versión final del referido informe y sus anexos digitales.

25. Por medio del Of. Ord. N° 365, de 25 de febrero de 2015, se solicitó a la DGA de la Región de Atacama, que dé cuenta si la circunstancia informada en su Of. Ord. N° 34, de 17 de enero de 2013, acerca de que las captaciones de aguas subterráneas en los pozos

RA-1 y RA-2, son la única perturbación antrópica presente en el sector Pantanillo, se mantienen hasta la fecha actual. En respuesta a dicha solicitud, la DGA informó mediante Of. Ord. N° 170 de 9 de marzo de 2015, que de acuerdo a los registros de dicha Dirección Regional *"(...) no se tienen antecedentes que den cuenta de extracciones continuas y permanentes de aguas subterráneas distintas a las captaciones que abastecen de agua fresca al Proyecto Minero Refugio"*. Junto con lo anterior, acompaña en soporte CD el Memorando Técnico: Modelación de Flujo de Agua Subterránea en Campo de Pozos Pantanillo Mina Maricunga, III Región, Chile (Golder Associates, 2010), efectuado en el contexto de la evaluación de impacto ambiental del proyecto Optimización Procesos Productivo Proyecto Refugio, aprobado mediante RCA 268/09.

d) Resultados de requerimientos de información efectuados a la empresa

26. Con fecha 11 de noviembre de 2014, CMM remitió la información solicitada con ocasión de la inspección ambiental de fecha 4 de noviembre de 2014, respecto de los pozos RA-1, RA-2 y de diez pozos de monitoreo adicionales existentes en el área, además del registro de niveles freáticos desde enero de 2013 a noviembre de ese mismo año.

27. El día 13 de noviembre de 2014, con el objeto de complementar la información previamente entregada e incluir la totalidad de los pozos de propiedad de Compañía Minera Maricunga S.A., ésta remitió información acerca de un total de diez y nueve pozos de monitoreo adicionales.

28. Con fecha 7 de abril de 2015, la empresa hizo entrega de *"una versión revisada de los modelos numéricos Pantanillo, que sustentan el memorándum técnico 0992155008 - Mt025 - 20 Oct. 2010 – Anexo R – Modelación Flujo de Agua Subterránea en Campo de Pozos Pantanillo"*. Dicho modelo, que es parte de la actualización del Estudio Hidrogeológico comprometido en el contexto del proceso de evaluación del proyecto Optimización Procesos Productivo Proyecto Refugio, había sido solicitado a través de la Res. Ex. N° 105, de 12 de febrero de 2015. Se hace presente que junto con el modelo hidrogeológico, que se acompaña en un disco compacto, se remitió el software *"Groundwater Modeling System"*, de Aquaveo, número de serie GMS-01879.

e) Informe de Fiscalización Ambiental

29. El resultado de las inspecciones ambientales individualizadas en la letra b) del presente capítulo, así como el examen de información de los antecedentes recabados a la fecha, provenientes, tanto de las actividades de fiscalización y seguimiento ambiental, como de los diversos informes sectoriales concurrentes, se plasmaron en el Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2015-8-III-RCA-IA, de fecha 13 de marzo de 2015 (en adelante, IFA Proyecto Minero Refugio 2015).

30. Las materias relevantes objeto de la fiscalización incluyeron un análisis del nivel freático en aguas subterráneas, la verificación de la implementación de medidas de mitigación, una evaluación de la afectación a sistemas vegetacionales dependientes de los recursos hídricos, y la revisión de las medidas de manejo ambiental implementadas por la empresa. Dicho informe fue remitido a la División de Sanción de Cumplimiento con fecha 13 de marzo de 2015, mediante Memorándum DFZ N° 107/2015.

31. Entre las principales conclusiones del Informe de Fiscalización se encuentran las siguientes:

31.1. Se constata la ausencia total de afloramientos de agua en el sector Pantanillo, así como la disminución del nivel freático del acuífero en dicha zona del orden de 4 metros, de entre 5 y 6 metros en la zona de los pozos de extracción (RA-1 y RA-2) y de entre 3 y 4,5 metros en el sector del pozo RA-3.

31.2. Existen claros indicios de que la disminución de los niveles freáticos, es atribuible a la extracción de aguas subterráneas del Proyecto Minero Refugio mediante los pozos RA-1 y RA-2.

31.3. La magnitud en la disminución de los niveles freáticos es tal que impide que se generen afloramientos de aguas subterráneas en superficie, que es lo que sostiene el desarrollo de los humedales. Esto ha ocasionado la pérdida prácticamente total del humedal Pantanillo (22 ha.), la perdida de una fracción del humedal Valle Ancho (aproximadamente 70 ha.) y la pérdida de una superficie aún indeterminada del humedal Barros Negros.

31.4. Dadas las condiciones hidrogeológicas locales y la naturaleza de las extracciones de aguas subterráneas del Proyecto Minero Refugio, existe un riesgo ambiental inminente de expansión del área afectada en los humedales Valle Ancho y Barros Negros, al estar situados aguas abajo de los pozos de extracción. Asimismo, se advierte un posible riesgo para los humedales ubicados en la cuenca de la Laguna del Negro Francisco, incluyendo la misma laguna, por cuanto las extracciones desde los pozos producen una merma en el caudal que fluye hacia dicha cuenca y consecuentemente una reducción en los niveles del agua subterránea.

31.5. A partir de la magnitud y naturaleza de los hechos constatados en las inspecciones realizadas, así como del pronunciamiento de la CONAF en su Ord. N°17 de 21 de enero de 2015, se concluye que existen indicios suficientes para sostener que la situación de afectación del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, constituye daño ambiental irreparable.

31.6. La medida de mitigación contemplada en el Resuelvo 3° de la RCA N° 2/1994, consistente en la conexión de los pozos de extracción con las vegas de Pantanillo por medio de una cañería, se encuentra implementada y funcionando desde el año 2010. No obstante lo anterior, se constata que la descarga local de agua solo genera un apozamiento puntual, únicamente en las inmediaciones de ésta y que no se observa rebrotes de vegetación u otros signos de recuperación de vitalidad de la vega, si no por el contrario se ha evidenciado la progresiva expansión de la zona desecada.

31.7. La situación actual de afectación de los humedales constatada, no fue considerada durante los procesos de evaluación ambiental relacionados al Proyecto Minero Refugio, por lo que constituiría un impacto no previsto.

31.8. Se constata que, adicionalmente a la medida indicada en el numeral anterior, no se han implementado otras medidas para hacerse cargo de la situación de afectación de humedales evidenciada.

32. Mediante Memorándum D.S.C. N° 103, de 13 de marzo de 2015, se procedió a designar a Andrea Reyes Blanco como Fiscal Instructora Titular del procedimiento administrativo sancionatorio y a Benjamín Muhr Altamirano como Fiscal Instructor Suplente. Con posterioridad, mediante Memorándum D.S.C. N° 374, de 20 de agosto de 2015, se procedió a cambiar dicha designación, nombrándose a Benjamín Muhr Altamirano como Fiscal Instructor Titular y a Camila Martínez Encina como Fiscal Instructora Suplente.

IV. CARGO FORMULADO EN CONTRA DE LA EMPRESA

33. Mediante Res. Ex. N° 1/D-014-2015, de 6 de mayo de 2015, se dio inicio al procedimiento sancionatorio, imputándose la siguiente omisión, que constituye una infracción conforme al artículo 35 a) de la LO-SMA, en cuanto incumplimiento de condiciones, normas y medidas establecidas en Resoluciones de Calificación Ambiental:

Hecho que se estima constitutivo de infracción	Condiciones, normas y medidas eventualmente infringidas	Clasificación de la infracción
i) La omisión de ejecutar las acciones necesarias para hacerse cargo de los impactos ambientales no previstos, consistentes en la disminución del nivel freático en la cuenca Pantanillo-Ciénaga Redonda y el consecuente desecamiento de, al menos, 70 ha. de humedales ubicados en el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, y el riesgo inminente de expansión del área afectada a aproximadamente 73 ha. adicionales de humedales, no obstante encontrarse implementada la medida de conexión de los pozos de extracción con las vegas de Pantanillo, contemplada en la Resolución de Calificación Ambiental que autoriza el proyecto.	**a)** El resuelvo segundo de la RCA N° 2/1994, que aprueba el Proyecto Minero Refugio, establece: *"Todas las medidas de mitigación, prevención, control y/o atenuación de impactos medioambientales, **a las que alude el Estudio de Impacto Ambiental** para las etapas de preoperación, operación y abandono del proyecto, **deberán ser asumidas e implementadas por la empresa propietaria del proyecto**"* (énfasis agregado). A su vez, en el Capítulo 6 del Estudio de Impacto Ambiental del referido proyecto, se establece la siguiente obligación: *"(...). La elaboración de un Programa de Monitoreo Ambiental permitirá detectar variaciones naturales o posibles anomalías producto de las distintas acciones del Proyecto sobre el Medio Receptor y, **si corresponde, tomar las medidas correctivas pertinentes para asegurar que las regulaciones ambientales no serán sobrepasadas**"* (énfasis agregado). Dicha obligación es reiterada en los siguientes términos en las Resoluciones de Calificación Ambiental que modifican el Proyecto Refugio: **b)** En el considerando N° 7 de la RCA N° 4/2004, se dispone: *"Que el titular del Proyecto deberá informar inmediatamente a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Atacama, la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental, **asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para controlarlos y mitigarlos**"* (énfasis agregado). **c)** En los considerandos N° 11 de la RCA N° 268/2009 y N° 9 de la RCA N° 45/2011, en idénticos términos se dispone: *"Que, el titular del proyecto deberá informar inmediatamente a la Autoridad Ambiental de la III Región de Atacama, la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental, **asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para abordarlos**"* (énfasis agregado).	**Gravísima**

V. OTROS ANTECEDENTES ACOMPAÑADOS DURANTE LA ETAPA DE INSTRUCCIÓN DEL PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO Y DESCARGOS PRESENTADOS POR LA EMPRESA

34. Con la formulación de cargos se incorporaron al expediente sancionatorio todos los antecedentes individualizados en el Capítulo III de esta Resolución. Asimismo, en el mismo escrito de formulación de cargos, en su Resuelvo VIII, se procedió a oficiar a la DGA, para que dicho organismo se pronuncie acerca de la situación actual de las extracciones de agua subterránea desde el campo de pozos de Pantanillo y su relación con el estado de la vegetación del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda. Posteriormente, mediante Of. Ord. DSC N° 756, de 8 de mayo de 2015, se procedió a remitir a la DGA determinados documentos originales del expediente para efectos del pronunciamiento previamente requerido, solicitando su posterior devolución.

35. Mediante Res. Ex. N°2/D-014-2015, de 6 de mayo de 2015, se procedió a remitir a CMM, un conjunto antecedentes del expediente sancionatorio, que por sus características no fue posible publicar en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA), pero que siempre estuvieron disponibles en el expediente físico del presente sancionatorio. Dichas antecedentes correspondían a los Anexos de la presentación realizada el día 6 de marzo por la Subsecretaría de Medio Ambiente, correspondientes a cinco CDs. Además, en la Res. Ex. N°2, se rectificaron errores de forma de la Res. Ex. N°1/D-14-2015.

a) Descargos de Compañía Minera Maricunga

36. El día 9 de junio de 2015, encontrándose dentro de plazo, CMM remitió a esta Superintendencia un escrito en el cual, en lo principal, formula descargos. Además, en el primer otrosí, se acompañaron los siguientes documentos: anexo 1, "Caracterización Hidrogeológica Sistema Acuífero Ciénaga Redonda", preparado por Hidromas, de mayo 2015 (en adelante, Informe Hidromas 2015); anexo 2, "Estudio Multitemporal de la vegetación azonal hídrica, sectores Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda", preparado por Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda., de mayo 2015 (en adelante, Informe Biota 2015); anexo 3, "Investigaciones Hidrológicas, Hidrogeológicas y Geofísicas "Investigaciones Hidrológicas, Hidrogeológicas y Geofísicas realizadas entre 2009 y 2015 en Ciénaga Redonda y Pantanillo", preparado por Golder Associates; anexo 3A, "Plano Prospecciones Golder"; anexo 3B, "Registros Fotográfico de actividades"; anexo 4, "Presentación PowerPoint realizada ante el Subsecretario de Medio Ambiente el día 28 de mayo de 2013". En el segundo otrosí, hace presente que la empresa hará uso de los medios de prueba que franquea la ley durante la instrucción del procedimiento sancionatorio, de modo de acreditar los hechos en los cuales fundamenta sus descargos.

37. El contenido del escrito de descargos se divide en tres partes. La primera, aborda antecedentes generales e históricos del proyecto. En ella se explica su marco regulatorio, las medidas y programa de seguimiento y el procedimiento sancionatorio seguido en contra de CMM por la CEA de Atacama. La empresa hace especial referencia a la permanente preocupación de CMM por la viabilidad ambiental del Proyecto Minero Refugio, la cual, según los descargos, se vería reflejada en las acciones desarrolladas desde la evaluación ambiental del proyecto.

38. En esta primera parte del escrito de descargos, CMM indica que en la RCA N° 2/1994, no se habrían identificado posibles impactos futuros por la extracción de agua, a otras vegas que no fueran la vega Pantanillo[8]. Además, manifiesta que el año 2008, por los datos entregados por el programa semestral de monitoreo del proyecto, la empresa pudo constatar que el punto de monitoreo establecido en la vega Pantanillo presentaba condiciones secas en los meses de verano, por lo que había comenzado a preparar la implementación de la medida de mitigación contemplada en el Resuelvo 3 de la RCA N° 2/1994. Posteriormente, debido a que la medida no habría surgido el efecto esperado, el 24 de agosto de 2012, se habrían propuesto nuevas medidas, dentro de las cuales se encontraría la elaboración de un "Plan de Acción para la Recuperación de la Vega Pantanillo".

39. Asimismo señala que el 17 de diciembre de 2012, fecha del pronunciamiento del SAG sobre el estado del humedal Pantanillo –pronunciamiento que dio pie al procedimiento sancionatorio iniciado por la CEA de Atacama– ya existía una opinión formal por parte de la autoridad respecto a que la afectación en el área de Pantanillo era total, situación que no se ajustaría a la formulación de cargos, la que daría a entender que la afectación en la zona no era completa a esa fecha.

40. En este mismo capítulo CMM desarrolla lo que estima constituiría la delimitación de las competencias de la SMA sobre el procedimiento sancionatorio seguido ante la CEA de Atacama. Para ello se detiene en la respuesta entregada por la SMA a la consulta realizada por la Directora Regional del SEA. En esta respuesta, remitida por medio del Of. Ord. N°214, del 29 de agosto de 2013, la SMA indicó que no tenía competencia para conocer los hechos investigados.

[8] Escrito de descargos CMM. p. 5.

41. En la sección final de esta primera parte, la empresa desarrolla aquellas actividades realizadas por ella con posterioridad al procedimiento sancionatorio seguido ante la CEA de Atacama, las cuales se refieren básicamente a la presentación de un Plan de Restauración de la Vega Pantanillo, y los pronunciamientos sectoriales a dicha propuesta. También aborda un estudio solicitado el año 2014 a la consultora Golder Associates, el cual incluiría la realización de investigación hidrológica e hidrogeológica realizadas en el sector comprendido por la parte sur del Salar de Maricunga y el Llano Astaburuaga.

42. La segunda parte del escrito de descargos, se desarrolla de forma más acabada las defensas de CMM. Estas incluyen seis argumentos principales: primero, la incompetencia de la SMA para conocer y sancionar los cargos imputados, por tratarse de omisiones respecto de la implementación de medidas vinculadas a la supuesta generación de impactos no previstos; segundo, la concurrencia de los presupuestos de aplicación del principio *non bis in ídem*; tercero, la supuesta confusión de los cargos entre la infracción y los efectos que se derivarían de ella; cuarto, la inexistencia de una omisión, por haberse adoptado las medidas técnicas que jurídicamente estaban al alcance de la empresa; quinto, la falta de fundamentación de la formulación de cargos, al imputar a CMM la generación de un impacto sin justificar técnicamente la relación de causalidad con la actividad del proyecto; y, sexto, la imposibilidad técnica de generación del impacto no previsto atribuido.

43. Respecto de la supuesta incompetencia de la SMA para *"(...) conocer (y sancionar) la generación de la ocurrencia de impactos no previstos en las distintas resoluciones de calificación ambiental que califican a los proyectos o actividades que se encuentran obligados a someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental"*, CMM indica que dicha competencia, la cual vincula al artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300, se encontraría radicada en la CEA respectiva o, eventualmente, en la Directora o Director ejecutivo del SEA, reservándosele a la SMA facultades muy acotadas asociadas principalmente a la toma de medidas precautorias urgentes (artículo 3 letra h de la LO-SMA). Manifiesta que "(...) *interpretar que la SMA podría, mediante un procedimiento administrativo sancionatorio, llegar a determinar la existencia y alcance de eventuales impactos no previstos, y más aún sancionarlos, supone necesariamente establecer una situación de incerteza legal absoluta al titular respecto del potencial alcance y gravedad de estas posibles infracciones*".

44. El segundo argumento expuesto en los descargos se refiere a la supuesta concurrencia de los requisitos de aplicación del principio *non bis in idem*, el cual impide sancionar a una misma persona por los mismos hechos por los cuales ya fue sancionada previamente. Este argumento, según lo afirmado, inhibiría a la SMA *"(...) de sancionar a CMM, acotado a la supuesta afectación del SVAHT de Pantanillo"*. Para fundamentar esta alegación, CMM analiza los elementos correspondientes a la tripe identidad entre sujeto, hecho y fundamento de la sanción, concluyendo que entre la infracción analizada por la CEA de Atacama y aquella objeto del presente procedimiento sancionatorio, se verificarían dichas condiciones, por lo que *"(...) al menos respecto de aquellos efectos sobre el SVAHT Pantanillo, ya existe un proceso administrativo de carácter sancionatorio en virtud del cual CMM ya fue sancionada por la pérdida completa de la referida vega. Es por ello que iniciar, tramitar y potencialmente sancionar a CMM nuevamente por la misma infracción corresponde una violación evidente al principio non bis in ídem y al artículo 60 inciso segundo de la LOSMA"*.

45. CMM desarrolla como tercer argumento de sus descargos la supuesta confusión en la que incurriría el escrito de formulación de cargos, entre la infracción atribuida y sus efectos. Señala que la *"(...) SMA al identificar el supuesto hecho que estima constitutivo de infracción, incluye dentro de él aquellos efectos que dicho hecho tendría aparejado, incurriendo por tanto en un error conceptual"*. Se agrega que lo correcto sería, primero configurar la infracción, entendida como el hecho, acto u omisión que transgrede el ordenamiento jurídico, para luego calificarla según los efectos que ella haya generado, lo cual, según la empresa, no habría ocurrido en el presente caso.

46. En el escrito de descargos, se trata también las omisiones atribuidas a la empresa, las cuales, según los descargos, no serían tal. CMM indica que *"(...) la gran cantidad de actuaciones, presentaciones, reuniones, estudios y gestiones realizados durante los*

últimos años dan cuenta que la situación ha sido la contraria, es decir, ha sido CMM la que ha instado a la Administración a la realización de una serie de actividades, estudios y gestiones tendientes a buscar una solución a la problemática existente en el área de influencia del Proyecto, muchas veces impulsando a la realización de determinados cursos de acción". Indica que, en algunos casos, ello no ha sido posible de ejecutar por razones ajenas a la empresa. El detalle de estas actuaciones será abordado más adelante en la presente Resolución, pero en términos generales es posible afirmar que ellas se refieren a medidas para la recuperación de la Vega Pantanillo, así como la aplicación por parte del SEA de Atacama, de la figura contemplada en el artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300.

47. CMM se refiere también a la supuesta falta de justificación de una relación de causalidad entre la extracción de agua de CMM y el desecamiento de las vegas en la región. En este sentido afirma que, pese a que las distintas autoridades ambientales afirman categóricamente en las conclusiones de sus respectivos informes que la pérdida de vegetación se debería a la extracción de agua por parte de la empresa, no existirían antecedentes o estudios técnicos que demuestren o justifiquen científicamente aquella relación causa efecto. Para fundamentar su argumento CMM analiza un conjunto de antecedentes dentro de los que se encuentra el escrito de formulación de cargos, el IFA Proyecto Minero Refugio 2015 y la denuncia del Ministerio del Medio Ambiente. Respecto de ellos, afirma que no contarían con una prueba científica de dicha relación de causalidad, sino que, por el contrario, mostrarían la necesidad de realizar estudios en esa línea. Respecto del Resuelvo VIII de la Res. Ex. N°1/ D-14-2015, en el cual se ofició a la DGA para la realización de un informe sobre la situación actual de las extracciones de agua subterránea desde el campo de pozos Pantanillo-Ciénaga Redonda, CMM sostiene que demostraría que la SMA *"(...) formuló cargos contra CMM sin contar con antecedentes técnicos y legales que lo fundamenten"*. Termina concluyendo que, *"[t]enida a la vista todos los documentos técnicos aportados por las distintas reparticiones públicas competentes, es posible establecer sin duda alguna que en ninguna de ellas se logra otorgar alguna justificación al menos razonable respecto a la vinculación causal que existiría entre el desecamiento de las vegas y la extracción autorizada (sectorial y ambientalmente) de agua desde los pozos RA-1 y RA-2 de propiedad de CMM"*.

48. Otro argumento expuesto se refiere a la supuesta imposibilidad técnica de que la actividad del Proyecto Minero Refugio haya causado el impacto ambiental identificado. La empresa estima que los procesos de desecación observados por la autoridad corresponderían a efectos antiguos, en el caso del humedal Pantanillo, y que no se relacionarían con el efecto del bombeo de los pozos, sino con la ocurrencia de otras situaciones de carácter local para los casos de Valle Ancho y Barros Negros. Estas causas estarían dadas por un proceso de desecamiento a macroescala en la Región de Atacama, el cual se encontraría respaldado por las conclusiones del estudio realizado por la consultora Biota, y que es acompañado como anexo 2 de los descargos. Se confirmaría también, según los descargos, por el hecho que dos puntos de control, de sectores no influenciados por la extracción de agua del proyecto, también mostrarían un descenso en su actividad vegetacional. Además, según se indica, *"(...) existe una gran cantidad de humedales que ocupan porciones laterales en las cuencas hidrográficas y que no presentan problemas de desecamiento o diminución en sus valores de NDVI. Este hecho hace suponer la posible ocurrencia de un fenómeno de desecamiento a mayor escala, y que a raíz de ello, cada humedal tendrá una respuesta diferente frente a un mismo fenómeno*".

49. CMM afirma que el mismo Informe Biota 2015, al analizar el estado vegetacional del humedal Valle Ancho con el índice NDVI, daría cuenta de las siguientes circunstancias: las unidades que hoy presentan una alta actividad vegetacional, 10 años antes previo al bombeo habrían presentado el mismo nivel que hoy día tienen; las unidades que hoy presentan una baja actividad vegetacional, desde el año 1985 que se encontrarían en las misma condiciones; las unidades que hoy se presentan sin actividad vegetacional, tendrían la misma tendencia de reducción a partir del año 1991, previo al inicio del bombeo; en la porción sur del humedal, se registraría una disminución en los valores del NDVI a lo largo del tiempo mucho mayor que el caso de la porción central.

50. En los descargos se plantea también una observación respecto a los "tiempos de viaje" que conllevaría el efecto causado por los bombeos de agua en el campo de pozos de Pantanillo. Esto basado en el cálculo realizado en el Informe Hidromas 2015, acompañado como anexo 1 del escrito de descargos. Para dicho cálculo se toma como base el tiempo de reacción de

los niveles freáticos en el pozo RA-3 por la extracción de agua en los pozos RA-1 y RA-2, el cual es establecido en 5 años. Ese dato permite a la consultora establecer una tasa de avance de 333,6 metros por año en el eje de la quebrada, lo cual, según el mismo cálculo, implicaría lo siguiente: el frente de descenso de niveles en 2015 se encontraría muy cercano al límite norte del sector sur del humedal Pantanillo; el año 2020 llegaría a la vega lateral, que el informe de fiscalización reconoce como parte de Pantanillo (sector norte); el año 2035 llegaría al humedal Valle Ancho; en el año 2057 al humedal Barros Negros; y, en el año 2105 al humedal Ciénaga Redonda.

51. Se indica también como una circunstancia que confirmaría el efecto retardado antes explicado, el hecho de que al comparar las situaciones de la variación de la porción sur del humedal de Valle Ancho y la porción sur del humedal Pantanillo, existiría una similitud en el comportamiento de la variación histórica del NDVI observado en los sectores sin actividad de la vegetación. Esto, según CMM, implicaría que ambos procesos han ocurrido simultáneamente a lo largo del tiempo, obedeciendo a un mismo fenómeno, el cual no podría estar dado por la extracción de agua desde el campo de pozos del proyecto.

52. Se complementan estos argumentos con el análisis del balance hídrico de los humedales Pantanillo, Valle Ancho y Barros Negros realizado en el Informe Hidromas 2015. Este balance mostraría que, si bien es posible que el caudal pasante a la sección siguiente puede haberse reducido en las inmediaciones del sector del Humedal Pantanillo, *"(...) los análisis sobre la expansión del cono de depresión indican que dicho efecto no es el causante de una eventual reducción de los aportes de agua hacia el sector de Valle Ancho, lo que podría estar relacionado más bien con efectos propios de la menor precipitación histórica sobre estos sectores, en los últimos 10 años (...)"*. Según lo indicado por CMM, la información disponible acreditaría que el bombeo histórico desde el campo de Pozos de Pantanillo habría sido suplido por cuatro fuentes: primero, la recarga local; segundo, aportes de agua por infiltraciones desde el río Astaburuaga; tercero, consumo de almacenamiento en el sistema acuífero local; y, cuarto, reducción de caudales pasantes hacia sectores localizados aguas abajo.

53. En la última parte del escrito de descargos CMM realiza dos observaciones al IFA Proyecto Minero Refugio 2015. La primera se refiere a la superficie del humedal Pantanillo que se encontraría afectada, la cual, según la empresa correspondería a 16,9 ha. en estado de desecamiento severo o sin actividad. Esto sería menos que las 22 ha. descritas como afectadas en el IFA Proyecto Minero Refugio 2015.

54. La segunda observación se refiere al humedal de control aludido en el IFA Proyecto Minero Refugio 2015, sobre el que se señala que *"posee una microcuenca de recepción con otro régimen hidrológico por estar ubicado en forma lateral y, desde el punto de vista de vegetación, es* ***completamente distinto a los sistemas de humedal presentes en el sistema Ciénaga Redonda–Pantanillo"***, por lo que no sería posible utilizarlo como comparación.

b) Diligencias probatorias y antecedentes reunidos durante la instrucción del procedimiento sancionatorio.

55. Una vez recibidos los descargos, mediante Res. Ex. N° 5/D-14-2015, de 19 de junio de 2015, se solicitó a la DGA que incorpore el contenido de éstos y sus anexos al análisis previamente solicitado en el resuelvo VIII de la Res. Ex. N° 1/D-014-2015, acerca de la situación actual de las extracciones de agua subterránea, desde el campo de pozos de Pantanillo y su relación con el estado de la vegetación del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda.

56. Con fecha 27 de junio de 2015, se efectuó una diligencia de inspección personal de los Fiscales Instructores titular y suplente al Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, ordenada previamente mediante Res. Ex. N°6/D-014-2015, de 22 de junio de 2015, en la que tomaron parte funcionarios de la SMA, el SAG y la CONAF, así como personal de la empresa. En terreno se levantó un acta dejando constancia de lo observado durante el recorrido y las observaciones efectuadas por la empresa, la que fue suscrita al final de la diligencia por todos los participantes. Como anexo del acta se adjuntó al expediente un set de fotos registradas en terreno.

57. En el Resuelvo II de la Res. Ex. N°7/ D-14-2015, se incorporó el informe "Análisis de la tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada de Villalobos, altiplano Región de Atacama, ID: 612-11-LE 14. DPR SC 16", de 16 de noviembre de 2014 (en adelante, Informe SAG Villalobos 2014). Dicho informe fue elaborado por la Consultora Agrosis Ltda, a solicitud de la División de Protección de los Recursos Naturales Renovables del SAG y es de público acceso, en la página web de dicho Servicio[9].

58. El día 13 de agosto de 2015, CMM respondió el requerimiento realizado en el Resuelvo III de la Res. Ex. N°7/D-14-2015, mediante el cual se pidió a la empresa acompañar una lista en la que se individualice todas las cartas remitidas por ella a las autoridades, así como comunicaciones, pronunciamientos y actuaciones de los organismos sectoriales mencionados en los numerales 2 y 5 del capítulo II y el numeral 4 del capítulo IV de sus descargos. Se solicitó también que acredite sus dichos, acompañando copia de todos los antecedentes que incluye en los numerales señalados. En su respuesta, CMM acompañó una tabla en formato Word en la cual enumera un conjunto de documentos, adjuntando algunos de ellos en formato PDF. Otros documentos, en cambio, no se acompañan debido a que, según lo manifestado en su presentación, habrían desaparecido por la inundación de sus oficinas, ocurrida en el mes de marzo de 2015. Los documentos incluidos son los siguientes: EIA Proyecto Refugio (se acompañó el Capítulo 5 de dicho EIA); RCA N° 2/1994; Informe de Monitoreo Ambiental – Segundo Semestre del 2011; Carta de envío a la DGA del Segundo Informe de Monitoreo Ambiental del 2011; documento descrito como "CMM con fecha 20 de noviembre 2013 realiza presentación ante CEA" (no se acompaña copia de presentación); carta de CMM, de fecha 16 de diciembre 2013, dirigida al SEA de Atacama; Ord. N° 7, 9 de enero del 2014 de CONAF, dirigido al SEA de Atacama; Ord. N° 54 del SAG, de 10 de enero del 2014, dirigido al SEA de Atacama; carta CMM, de fecha 16 de enero 2014, dirigida al SEA de Atacama; Ord. N° 16, 21 de enero del 2014, de CONAF, dirigido al SEA de Atacama; carta de Golder Associates, de 22 enero de 2014, dirigida al Director Regional de CONAF; informe de Golder Associates, de 7 de febrero de 2014 (responde Ord. 16 de CONAF); carta de CONAF de 25 de febrero 2014, a CMM; carta de CMM, del 4 de marzo 2014 (no acompañado); carta de CMM, de 21 de marzo 2014, dirigida a CONAF; carta de CMM, de 21 de marzo 2014, dirigida a CONAF; carta de CMM, de 21 de marzo 2014, dirigida a CONAF; Ord. N° 64 de CONAF, de 22 de junio de 2014; Ord. N° 65 de CONAF, de 22 de junio de 2014; presentación de Golder Associates a CONAF, de octubre de 2014; y, Informes de Monitoreo Semestrales desde el año 2008.

59. El día 18 de agosto de 2015, CMM cumplió con el requerimiento de información realizado mediante Res. Ex. N°10/D-14-2015, en el cual se le solicitó acompañar los siguientes documentos: datos tabulados en planilla Excel de la información presentada en las Figuras 4.3 y 4.4. del Informe de la empresa Hidromas, acompañado en el primer otrosí de sus descargos; y, complementar la información requerida en el punto anterior relativa a la Figura 4.3., con los caudales de bombeo en los Pozos RA-1 y RA-2, desde el año 1994 hasta el año 2005. En su respuesta CMM acompañó un DVD con la información requerida.

60. Con fecha 24 de noviembre de 2015, el SAG remitió el Of. Ord. N°5869/2015, mediante el cual dio respuesta a lo solicitado mediante Res. Ex. N°11/D-14-2015. Se adjunta un Informe Técnico titulado "Análisis Actualizado del Comportamiento de la Vegetación en las Áreas del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda y Quebrada Villalobos" (en adelante Informe SAG 2015), en el cual se desarrolla un análisis de imágenes satelitales del año 2014, mediante índices de actividad vegetacional, comparando el cambio en la superficie, tanto del humedal Valle Ancho (Barros Negros según el Informe), como de la vega Villalobos. El Informe aludido fue incorporado al expediente sancionatorio por la Res. Ex. N°13/D-14-2015. En dicha Res. Ex. se confirió a CMM un traslado de 6 días hábiles para realizar las observaciones que estime pertinentes al Informe. Con posterioridad, mediante Res. Ex. N°16/D-14-2015 se resolvió conceder un nuevo plazo de 4 días hábiles para realizar dichas observaciones.

[9] CASTRO, Roberto. VERDUGO, Catalina. Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada de Villalobos, altiplano Región de Atacama. 2014 [en línea] http://www.sag.cl/sites/default/files/vah_qvillalobo_informe-final_agrosig_ltda.pdf (Informe SAG 2014).

61. El día 9 de diciembre de 2015, la Dirección General de Aguas, entregó a la Superintendencia del Medio Ambiente el Of. Ord. 117/2015 (en adelante, Informe DGA 2015), a través del cual se dio respuesta a la solicitud planteada en el Resuelvo VII de la Res. Ex. N°1/D-14-2015, en el cual se había requerido a dicho servicio un análisis de los antecedentes relevantes del caso y un pronunciamiento acerca *"(...) de la situación actual de las extracciones de agua subterránea desde el campo de pozos de Pantanillo y su relación con el estado de la vegetación del corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda (...)"*. En su respuesta la DGA desarrolla diferentes aspectos respecto a la extracción de agua por parte del Proyecto Minero Refugio, sus posibles impactos en las aguas subterráneas del Corredor Biológico, así como la relación con el estado de los humedales del sector. El Of. Ord. fue incorporado al expediente sancionatorio mediante Res. Ex. 15/D-14-2015. En la misma resolución se le confirió a CMM un término de 7 días hábiles para realizar cualquier observación referida a dicho informe. Mediante Res. Ex. N°17/D-14-2015, del 22 de diciembre de 2015, se resolvió conceder un nuevo plazo de 10 días hábiles para evacuar dicho traslado.

62. CMM realizó, el día 18 de diciembre de 2015, una presentación en la cual, en lo principal, respondió el traslado conferido mediante Res. Ex. N°16/D-14-2015, planteando un conjunto de observaciones técnicas y metodológicas al análisis efectuado por el SAG. Junto con ello, se acompañó, en el otrosí de la presentación, dos informes técnicos. El primero corresponde al "Memorándum Técnico Humedal Villalobos como Sistema Patrón", preparado por la consultora Hidromas. Es segundo, corresponde al "Análisis Actualizado del Comportamiento de la Vegetación en las Áreas del Corredor Biológico Pantanillo, Ciénaga Redonda y Quebrada Villalobos", preparado por la consultora Biota Gestión.

63. Con fecha 7 de enero de 2015, CMM realizó una presentación en la cual, en lo principal, responde el traslado conferido mediante la Res. Ex. N°17/D-14-2015, planteando diferentes consideraciones técnicas vinculadas al Of. Ord. entregado por la DGA. En el primer otrosí de su presentación, se acompañan como anexos diferentes documentos en formato digital que sirvieron de respaldo para plantear dichas observaciones. En el segundo otrosí, se solicita un plazo de 30 días hábiles para la presentación de un modelo hidrogeológico el cual, se afirma, estaría siendo realizado por la consultora Golder.

64. El día 12 de enero de 2016 se dictó la Res. Ex. N°18/D-14-2015, mediante la cual se resolvió sobre la solicitud de CMM realizada en su presentación de 7 de enero de 2016. En dicha Res. Ex. se indicó que no correspondía a esta SMA fijar un plazo compulsivo para la presentación de dicho informe hidrogeológico, sin embargo, la empresa podía presentarlo durante la etapa de instrucción. Se hizo ver también que cualquier antecedente de prueba, especialmente aquellos que presentan un alto nivel de complejidad técnica y que, por ende, requieren un grado importante de análisis para su ponderación, es recomendable que sean acompañados en una etapa temprana del proceso.

65. Mediante Res. Ex. N°19/D-14-2015 de 2 de febrero de 2016 se decidió remitir el escrito de observaciones de CMM de fecha 7 de enero de 2016, a la DGA para que dicho Servicio proporcionare su opinión técnica sobre ellas.

66. El día 18 de febrero de 2016, CMM realizó una presentación en la cual plantea un conjunto de observaciones respecto a la prueba rendida en el procedimiento sancionatorio. Se afirma que la prueba que ha sido rendida carece de fundamentos técnicos para acreditar el cargo atribuido, además de que en los informes técnicos acompañados se incluiría un conjunto de conclusiones técnicas erróneas. La empresa vuelve a hacer énfasis en la gran cantidad de acciones que habría realizado en beneficio de las vegas afectadas, las cuales se habrían visto obstaculizadas por la labor de los servicios públicos. Además vuelve a hacer referencia al estudio hidrológico encargado el año 2013 a la consultora Golder, sin embargo, a pesar de que a la fecha de su presentación ya había transcurrido el plazo de 30 días hábiles que la empresa solicitó para su presentación, este no fue acompañado. En su presentación se reitera que los efectos sobre las vegas se deberían a *"(...) otras situaciones de carácter local (...)"*, al menos, para el caso de las vegas Valle Ancho, Ciénaga Redonda y Barros Negros.

67. En la presentación de CMM del día 18 de febrero de 2016 se acompaña un Informe Técnico elaborado por la consultora norteamericana Formation Environmental, titulado "Assessment and Analysis of Wetland Vegetation in the Salar de Maricunga Basin" (en adelante, Informe Formation 2016). En él se realiza un análisis de la situación de la vegetación del humedal del Salar de Maricunga, así como una revisión de la metodología utilizada en el Informe SAG 2013. En el escrito de la empresa se resumen la metodología utilizada por Formation Environmental y las conclusiones a las que arriba. En el otrosí de su presentación se acompaña copia del informe en su versión en inglés y español.

68. Con fecha 22 de febrero de 2016, la DGA remitió a esta Superintendencia el Of. Ord. N°12/2016, mediante el cual respondió a la solicitud realizada mediante Res. Ex. N°19. En su respuesta la DGA aborda de manera detallada todas las observaciones realizadas por CMM en su presentación de fecha 7 de enero de 2016.

69. Mediante Res. Ex. N°20/D-14-2016 se procedió a proveer la presentación de CMM de fecha 18 de febrero de 2016 y a incorporar el Of. Ord. N°12 de la DGA. Además, en atención a que habían concluido las diligencias probatorias en relación a los hechos investigados y las responsabilidades indagadas en el procedimiento sancionatorio, se procedió a cerrada la investigación.

VI. DICTAMEN

70. Con fecha 03 de marzo de 2016, mediante el Memorándum D.S.C. N° 8/2016, el Fiscal Instructor del presente procedimiento sancionatorio derivó a este Superintendente su dictamen, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 54 de la LO-SMA.

VII. VALOR PROBATORIO DE LOS ANTECEDENTES QUE CONSTAN EN EL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO SANCIONATORIO

71. En relación a la prueba rendida en el presente procedimiento sancionatorio, cabe señalar que el inciso primero del artículo 51 de la LO-SMA dispone que los hechos investigados y las responsabilidades de los infractores deberán acreditarse mediante cualquier medio de prueba admisible en derecho, los que se apreciarán conforme a las reglas de la sana crítica. Por su parte, el artículo 53 de la LO-SMA dispone como requisito mínimo del dictamen, señalar la forma cómo se han llegado a comprobar los hechos que fundan la formulación de cargos. En razón de lo anterior, la apreciación de la prueba en los procedimientos administrativos sancionadores que instruye la Superintendencia, con el objeto de comprobar los hechos que fundan la formulación de cargos, se realiza conforme a las reglas de la sana crítica.

72. Respecto al valor probatorio de los hechos constatados en la fiscalización de un proyecto, el inciso segundo del artículo 51 de la LO-SMA dispone que "*los hechos constatados por los funcionarios a los que se reconocen la calidad de ministro de fe, y que se formalicen en el expediente respectivo, tendrán el valor probatorio señalado en el artículo 8°, sin perjuicio de los demás medios de prueba que se aporten o generen en el procedimiento*".

73. Por su parte, el inciso segundo del artículo 8° de la LO-SMA, prescribe que "*[l]os hechos establecidos por dicho ministro de fe constituirán* ***presunción legal***" (énfasis agregado). Además, el artículo 47, de la Ley N° 20.283, sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal; el artículo 7 letra k) de la Ley N° 18.755, que Establece Normas sobre el SAG y, el artículo 157 del Código Sanitario, establecen la misma calidad de ministros de fe, respecto de los funcionarios de CONAF, SAG y Seremi de Salud, respectivamente. Así, los hechos constatados por estos funcionarios y recogidos en el acta de inspección ambiental contenida en el informe de fiscalización antes individualizado, gozan de presunción legal de veracidad.

74. Por tanto, la presunción legal de veracidad de lo constatado por el ministro de fe constituye, prueba suficiente cuando no ha sido desvirtuada por el presunto infractor, lo cual será considerado al momento de valorar la prueba de acuerdo a las reglas de la sana crítica, en los apartados siguientes.

VIII. DETERMINACIONES PREVIAS AL ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN DE LA INFRACCIÓN, VINCULADAS A LOS DESCARGOS DE CMM

75. En esta parte de la Resolución se abordarán algunos de los argumentos que han sido presentados por CMM en su escrito de descargos y que requieren ser analizados antes de pronunciarse sobre la configuración de la infracción misma. Se trata de aspectos referidos a supuestas deficiencias formales del escrito de formulación de cargos, así como el cuestionamiento de las competencias legales de que goza la SMA, tanto para conocer el tipo de infracción que se ha formulado, como los hechos en específico que conforman la infracción.

76. A pesar que en algunas partes del escrito de descargos estas alegaciones se encuentran estrechamente vinculadas, con el objeto de ordenar el desarrollo de la argumentación, se abordarán en forma separada en el siguiente orden: (a) Supuesto error en que incurriría el escrito de formulación de cargos en la descripción del hecho infraccional, en específico, por haber confundido la infracción con sus efectos; (b) Supuesta incompetencia de la SMA para conocer incumplimientos de obligaciones vinculadas al acaecimiento de impactos ambientales no previstos; (c) Supuesta concurrencia de los presupuestos del principio *non bis in ídem*, que impedirían a la SMA perseguir y sancionar la infracción objeto de cargos; (d) Competencia de la SMA para conocer los hechos infraccionales, a la luz del momento en que ellos habrían ocurrido; y, (e) Supuesta falta de fundamentación de los cargos.

a) Supuesto error en que incurriría el escrito de formulación de cargos en la descripción del hecho infraccional, en específico, por haber confundido la infracción con sus efectos

77. CMM ha sostenido[10] que la formulación de cargos incurriría en un error al especificar el hecho infraccional, ya que habría incorporado en su descripción aspectos que no tendrían relación con la infracción misma sino a sus efectos o consecuencias. En palabras de CMM, la SMA *"(...) confunde por una parte la infracción imputada ("omisión de ejecutar las acciones necesarias para hacerse cargo de los impactos ambientales no previstos"), con los efectos supuestamente ocasionados como consecuencia de dicha infracción ("consistentes en la disminución del nivel freático en la cuenca Pantanillo-Ciénaga Redonda y el consecuente desecamiento de, al menos, 70 ha. De humedales ubicados en el Complejo Lacustre (...)")"*.

78. La empresa agrega que la SMA debió, en cumplimiento al artículo 49 de la LO-SMA, limitarse a indicar el hecho constitutivo de la infracción y separadamente, solo al momento de la calificación de su gravedad, ponderar sus efectos. Según CMM, la supuesta confusión en que habría incurrido el escrito de formulación de cargos, tendría consecuencias en la determinación de las competencias de la SMA, ya que ellas se encuentran fijadas por el momento en que se produce la infracción y no por el momento en que se verifican sus efectos.

79. Para valorar correctamente lo expuesto, es importante tener presente las condiciones que impone a la SMA la norma del inciso segundo del artículo 49 de la LO-SMA, a la luz del objetivo garantista que la orienta. Luego, debe analizarse la forma en que la Res. Ex. N°1/D-14-2015, dio cumplimiento a dicho artículo, de forma de confirmar que esta se ajustó adecuadamente a sus exigencias.

[10] Escrito de descargos CMM. pp. 24 y ss.

80. La formulación de cargos es la resolución que da inicio al procedimiento administrativo sancionatorio. En ella se describen los hechos por los cuales se investiga a la supuesta infractora, dándole oportunidad para presentar descargos, los que podrán refutar o modificar lo señalado en la formulación de cargos, así como la presentación de prueba que permita sustentar su posición.

81. Para que el ejercicio del derecho de defensa pueda ser adecuadamente garantizado, resulta esencial que el escrito de formulación de cargos le entregue a la supuesta infractora, un conocimiento acabado respecto del hecho infraccional, así como la evaluación preliminar sobre las normas que se habrían infringido. En este sentido, la norma del inciso segundo del artículo 49 de la LO-SMA, tiene el objetivo de asegurar a la persona sometida al procedimiento sancionatorio, una adecuada defensa, obligando a la SMA a entregar *"(...) una descripción clara y precisa de los hechos que se estimen constitutivos de infracción y la fecha de su verificación, la norma, medidas o condiciones eventualmente infringidas y la disposición que establece la infracción, y la sanción asignada".*

82. El derecho de conocer los hechos materia de cargos se encuentra estrechamente vinculado al principio de congruencia, resguardado en el inciso tercero del artículo 54 de la LO-SMA, el cual señala que *"[n]inguna persona podrá ser sancionada* ***por hechos*** *que no hubiesen sido materia de cargos"* (énfasis agregado). De este modo, la persona sometida al procedimiento sancionatorio tendrá la seguridad de que su defensa cubrirá todos los hechos por los cuales se le acusa, sin que existan sorpresas al momento de la decisión final.

83. En definitiva, la regla del inciso segundo del artículo 49 de LO-SMA, en conjunto con la norma del inciso tercero del artículo 54 de la LO-SMA, tienen como principal objetivo el asegurar una adecuada defensa, entregando la información necesaria y suficiente para que esta pueda orientarse correctamente y ser eficaz. De esto se deduce que el contenido específico de aquello que debe ser informado, debe ser consistente con ese objetivo. Es decir, la descripción de *"(...) los hechos que se estimen constitutivos de infracción"* tendrá un **contenido mínimo**, el cual debe ser lo suficientemente claro y completo como para que permita comprender de manera acabada el alcance y contenido de la infracción.

84. El contenido mínimo de la descripción del hecho infraccional dependerá, tanto del tipo de norma infringida como del hecho que la infringe. En el caso de las infracciones omisivas, la norma infringida exigirá una conducta positiva, mientras que el hecho infraccional (la omisión misma) estará dado por la no realización de dicha conducta. Así, por ejemplo, si la RCA de un proyecto exige la instalación de un filtro de emisiones y este no fue implementado, el hecho infraccional estará constituido por la conducta omisiva de no haber instalado dicho filtro.

85. Sin embargo, no en todos los casos la simple descripción de la conducta omisiva será suficiente para comprender el hecho infraccional. En algunos casos esta descripción deberá complementarse con aquellos hechos que explican por qué el supuesto infractor se encontraba en una posición en la que le resultaba obligatorio ejecutar determinada conducta. Así, por ejemplo, en el caso de una infracción por haber eludido el SEIA, para comprender la infracción en forma suficiente, no bastará señalar que no se ingresó al SEIA, sino que será necesario explicar cuáles fueron las acciones ejecutadas por la empresa que exigían el ingreso previo al SEIA. En este caso, la conducta infraccional misma estará dada por el no ingreso al SEIA, mientras que los demás hechos deberán ser incluidos para una adecuada comprensión de la infracción y el correcto resguardo del derecho de defensa.

86. En el presente caso, la Res. Ex. N°1/Rol D-14-2015, mediante la cual se formuló cargos a CMM, indica su Resuelvo I, que se formula *"(...) cargos contra Compañía Minera Maricunga S.A.,* ***por la siguiente omisión*** *(...)"* (énfasis agregado), describiéndose a continuación en un cuadro el *"[h]echo que se estima constitutivo de infracción"*. El hecho infraccional es descrito del siguiente modo: ***"La omisión de ejecutar las acciones necesarias para hacerse cargo de los impactos ambientales no previstos,*** *consistentes en (...)".*

87. Como queda en evidencia del texto, el hecho infraccional se refiere a una omisión, es decir, el no haber ejecutado aquello a que se estaba obligado, esto es: **No ejecutar las acciones necesarias para hacerse cargo de los impactos ambientales no previstos.**

88. Lo que se describe acto seguido de la omisión, como queda indubitablemente claro de la redacción, es el **impacto ambiental no previsto**, al cual se refiere la obligación de tomar medidas de comunicación y control. Este es descrito como *"(...) la disminución del nivel freático en la cuenca Pantanillo-Ciénaga Redonda y el consecuente desecamiento de, al menos, 70 ha de humedales ubicados en el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, y el riesgo de expansión del área afectada a aproximadamente 73 ha. adicionales de humedales, no obstante encontrarse implementada la medida de conexión de los pozos de extracción con vegas de Pantanillo, contemplada en la Resolución de Calificación Ambiental que autoriza el proyecto"*.

89. Por lo tanto, no existe la confusión que plantea CMM, sino que el hecho infraccional –en este caso, la omisión– es correctamente descrito. La circunstancia que se incorpore en la descripción del hecho infraccional el detalle de aquel impacto ambiental no previsto sobre el cual se debía adoptar medidas, es algo totalmente necesario, ya que sin dicha descripción la omisión infraccional no sería comprensible, quedando la empresa imposibilitada de entender adecuadamente el alcance del cargo si no se indica en alguna sección de la formulación de cargos la naturaleza y elementos esenciales de dicho impacto, lo que le dificultaría, a su vez, llevar adelante su defensa.

90. Finalmente, respecto a lo afirmado por la CMM, en el sentido de que la descripción del impacto ambiental no previsto implicaría la inclusión de los efectos de la infracción, es necesario señalar que, en el caso de las infracciones omisivas, los efectos de la infracción están dados por aquellas consecuencias que la empresa estaba obligada a evitar y no evitó. En el presente caso, es claro que estos resultados se encuentran vinculados al impacto ambiental no previsto sobre el cual se estaba en obligación de adoptar medidas. **Esto, en ningún caso implica que en la descripción de los hechos materia de la infracción se confunda la infracción con sus efectos, ya que, como se ha indicado anteriormente, el hecho infraccional mismo está claramente acotado a la omisión de hacer, mientras que la descripción del impacto ambiental no previsto es el antecedente que permite comprender por qué se tenía aquella obligación de hacer.**

91. En conclusión, el hecho que se estima constitutivo de la infracción fue adecuadamente descrito e informado, no existiendo error en su descripción, salvaguardándose de ese modo el derecho de defensa de CMM.

b) Supuesta incompetencia de la SMA para conocer incumplimientos de obligaciones vinculadas al acaecimiento de impactos ambientales no previstos

92. Otro de los argumentos que han sido levantados por CMM se refiere a la supuesta falta de competencia que tendría la SMA para conocer obligaciones vinculadas al acaecimiento de impactos ambientales no previstos[11].

93. CMM ha señalado que la infracción atribuida descansa sobre el supuesto que la SMA sería competente para conocer la generación de impactos ambientales no previstos en las RCA, lo cual, según los descargos, sería incorrecto, ya que esta competencia estaría radicada en el SEA, organismo que se encuentra a cargo de la evaluación ambiental de los proyectos y actividades que requieren ingreso al SEIA.

[11] Escrito de descargos CMM. pp. 17-21.

94. CMM agrega que la Ley N° 19.300 incorpora, en su artículo 25 *quinquies*, una instancia administrativa especial para tratar los impactos ambientales no previstos. Según esta norma, en el caso que estos impactos se configuren, la RCA podrá ser revisada de oficio por la CEA que aprobó el proyecto o, en el caso de los proyectos interregionales, por la Dirección Ejecutiva del SEA.

95. Según lo afirmado por CMM, la única competencia otorgada por el legislador a la SMA en materia de impactos ambientales no previstos correspondería a aquella establecida en el artículo 3° letra h) de la LO-SMA, que regula la adopción de medidas urgentes y transitorias, cuando la ejecución u operación de los proyectos o actividades, genere efectos no previstos en la evaluación y como consecuencia de ello se pueda generar un daño inminente y grave para el medio ambiente.

96. La empresa concluye afirmando que *"(...) interpretar que la SMA podría, mediante un procedimiento administrativo sancionatorio, llegar a determinar la existencia y alcance de eventuales impactos no previstos, y más aún sancionarlos, supone necesariamente establecer una situación de incerteza legal absoluta al titular respecto del potencial alcance y gravedad de estas posibles infracciones"*[12].

97. Como se pasará a exponer, los argumentos planteados por la empresa no se corresponden con los antecedentes legales que dieron sustento al inicio del presente procedimiento sancionatorio. Además, en su argumentación CMM tiende a confundir distintos efectos jurídicos que pueden conllevar el acaecimiento de impactos ambientales no previstos, reduciendo incorrectamente todos estos a la eventual revisión de la RCA, contemplada en el artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300 y, en consecuencia, haciendo desaparecer las obligaciones y responsabilidades que tienen otros actores, principalmente, la SMA y el propio titular del proyecto o actividad. Nos referiremos a estos puntos a continuación.

98. Para abordar el argumento de falta de competencia expuesto por CMM, lo primero que debe tenerse a la vista es el propio escrito de formulación de cargos, en el cual, por expreso mandato del artículo 49 de la LO-SMA, deben indicarse los fundamentos normativos que sirven de antecedentes de la infracción.

99. En el Resuelvo I del escrito de formulación de cargos, se indica que la disposición que establece la infracción **corresponde a la letra a) del artículo 35 de la LO-SMA, en cuanto incumplimiento de condiciones, normas y medidas establecidas en Resoluciones de Calificación Ambiental**. Adicionalmente, se describe en forma precisa cuáles serían aquellas específicas condiciones, normas y medidas fijadas en las RCA del proyecto que, preliminarmente, se estiman infringidas, dentro de las cuales se encuentran obligaciones vinculadas al seguimiento ambiental del proyecto y al acaecimiento de impactos ambientales no previstos.

100. En relación a estas condiciones, normas y medidas, la RCA N° 2/1994, señala en su resuelvo segundo que *"[t]odas las medidas de mitigación, prevención, control y/o atenuación de impactos medioambientales, a las que alude el Estudio de Impacto Ambiental para las etapas de preoperación, operación y abandono del proyecto, deberán ser asumidas e implementadas por la empresa propietaria del proyecto"*. Dentro de dichas medidas de mitigación, prevención, control y/o atenuación de impactos ambientales, se encuentra el Programa de Monitoreo, el cual tiene por fin, según lo indicado en el Capítulo 6 del EIA del Proyecto Minero Refugio, *"(...) detectar variaciones naturales o posibles anomalías producto de las distintas acciones del Proyecto sobre el Medio Receptor y, si corresponde, tomar las medidas correctivas pertinentes para asegurar que las regulaciones ambientales no serán sobrepasadas"*. Más adelante se agrega que ***"[l]as variables a monitorear deben indicar en forma rápida y eficiente la ocurrencia de un problema ambiental causado por la construcción u operación del Proyecto".*** Se trata, por lo tanto, de un deber de anticipar cambios en el medio natural, que puedan deberse a la acción del proyecto y adoptar las *"(...) medidas correctivas necesarias"*.

[12] Escrito de descargos CMM. p. 21.

101. En la RCA N° 4/2004, por otro lado, se contempla en su considerando N° 7, que *"(...) **el titular del Proyecto deberá informar inmediatamente a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Atacama, la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental, asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para controlarlos y mitigarlos**"*.

102. Finalmente, la RCA N° 268/2009, en su considerando N° 11, señala que ***"(...) el titular del proyecto deberá informar inmediatamente a la Autoridad Ambiental de la III Región de Atacama, la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental, asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para abordarlos"***.

103. Esta exigencia es repetida en los mismos términos en el considerando N° 9 de la RCA 45/2011.

104. Las exigencias descritas más arriba lo que hacen es abordar en forma separada un mismo compromiso, el cual se vincula al deber CMM de, durante la ejecución del proyecto, estar atento al acaecimiento de impactos ambientales que no hayan sido anticipados en la evaluación ambiental, pero que en la ejecución del proyecto puedan aparecer. Se contemplan también las medidas inmediatas que deben seguir a la verificación de un impacto ambiental de este tipo.

105. Es decir, en el presente caso, lo que funda la infracción es el deber de actuar que tenía CMM. Este deber de actuar se encuentra contenido en las RCA del proyecto, por lo que la infracción, **si bien tiene como presupuesto el acaecimiento de un impacto ambiental no previsto y la negligencia del titular frente a él, es claramente una infracción a las RCA del proyecto, materia sobre la cual la SMA tiene indiscutible competencia, en virtud del texto expreso de la letra a) del artículo 35 de la LO-SMA.**

106. Por lo anterior, no es efectivo que la formulación de cargos pretenda fundamentar una competencia general de la SMA respecto del conocimiento de obligaciones vinculadas a impactos ambientales no previstos, sino que se basa en las competencias que expresamente le entrega la LO-SMA en su artículo 3 y, específicamente para el presente caso, la competencia para fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas, condiciones y medidas establecidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental, así como para sancionar sus incumplimientos.

107. Por ello, el argumento de CMM, solo es posible entenderlo, no como un cuestionamiento a las competencias de la SMA respecto al tipo de infracción levantada –sobre la cual no existen dudas–, sino más bien una crítica de *lege ferenda*, mediante la cual se objeta el hecho que la RCA de un proyecto pueda incorporar –como claramente lo hace en el presente caso– obligaciones frente al acaecimiento de impactos ambientales no previstos. Como se verá, esta crítica de *lege ferenda,* se basa en una inadecuada comprensión del sistema de evaluación ambiental y los roles que cada actor tiene en él, en especial, la responsabilidad que la propia ejecutora del proyecto debe asumir sobre los efectos de la actividad productiva que realiza.

108. Los impactos ambientales no previstos se refieren a todas aquellas alteraciones del medio ambiente, provocadas directa o indirectamente por un proyecto o actividad, y que no fueron anticipadas o previstas por la evaluación ambiental del mismo. Esta falta de previsibilidad puede deberse a que dicha alteración nunca se visualizó o, habiéndose visualizado, se anticipó que la variable ambiental se comportaría de una manera diferente a como efectivamente ocurrió. **En todo caso, se trata siempre de una diferencia entre las predicciones de la evaluación ambiental y lo efectivamente ocurrido en el medio ambiente con la ejecución del proyecto.**

109. La alta importancia de este tipo de impactos ambientales radica en que ellos evidencian deficiencias o vacíos de la evaluación del proyecto, **pero más importante y urgente aún, exponen un problema ambiental actual, el cual no ha sido considerado en la**

evaluación y sobre el que no se han definido medidas. Por este motivo, su regulación se trata en diferentes niveles: Por un lado, antes de que el impacto ocurra, en el mismo procedimiento de evaluación ambiental, con la adopción de medidas o condiciones de carácter preventivo o de seguimiento; y, por otro, cuando este ya ha ocurrido, tanto en la adopción de medidas urgentes, como en la eventual revisión de la RCA del proyecto. Nos detendremos con mayor detalle en esta regulación, así como en el papel que los diferentes actores tienen en ella.

110. En la etapa *pre-decisoria* toda evaluación ambiental realiza un ejercicio prospectivo o de predicción, mediante el cual se utiliza información empírica y científica disponible para inferir aquellos efectos que el proyecto podrá generar en el futuro. Esto permite definir las exigencias que se le impondrán al proyecto para evitar o disminuir esos impactos ambientales. Sin embargo, es un hecho claro por la propia naturaleza de la predicción, que esta, al momento del desarrollo del proyecto, podrá diferir de lo efectivamente ocurrido. Por esta razón las resoluciones que aprueban un proyecto, no sólo incluyen medidas basadas en las predicciones, sino que también incorporan medidas que tienen por fin verificar en el día a día del proyecto que dichas predicciones se cumplen; y, en el caso en que esto último no ocurra, adoptar medidas inmediatas.

111. Es por lo anterior que la etapa *pre-decisoria* en ningún caso agota la función del procedimiento de evaluación ambiental, sino que, por el contrario, la etapa *post-decisoria* tiene un valor igualmente importante, ya que es en ella donde deberá corroborarse que las proyecciones realizadas en la evaluación ambiental, se van confirmando[13]. Es en esta etapa donde la detección y adopción de medidas frente a impactos ambientales no previstos cobra especial relevancia.

112. En concordancia con esto, la **labor de seguimiento** es hoy reconocida como uno de los puntos fundamentales para el éxito del sistema de evaluación de impacto ambiental, incluso para el caso de la evaluación ambiental estratégica[14]. Esta labor se refiere a las actividades realizadas durante la etapa posterior a la decisión, para monitorear, evaluar, gestionar y comunicar las consecuencias ambientales que ocurran. Se ha señalado que esta labor de seguimiento consta de al menos cuatro actividades relevantes: En primer lugar, el monitoreo, referido a la recolección de información y la comparación con las predicciones y expectativas de la evaluación; segundo, la evaluación, consistente en la valoración de la información y su conformidad con los parámetros, predicciones y expectativas; tercero, la gestión, es decir, la toma de decisiones y la adopción de medidas adecuadas en respuesta de los antecedentes levantados en la etapa de monitoreo y evaluación; y, cuarto, la comunicación, la cual se logra a través del informar a los involucrados así como al público en general sobre los resultados del seguimiento[15].

113. En el caso del derecho chileno la obligación más clara vinculada al seguimiento, es la regulación que realiza la letra f) del artículo 12 de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, el cual establece que los Estudios de Impacto Ambiental deberán considerar *"un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental"*, y su correlato reglamentario, contenido en el artículo 105 del RSEIA. Esta obligación es consistente con el hecho de que, para que se exija un EIA, tiene que tratarse de un proyecto que genera o presenta uno de los efectos identificados en el artículo 11 de la misma ley, es decir, serán proyectos donde ya existe un impacto ambiental significativo identificado en forma anticipada, por lo que adquiere especial sentido que el monitorear su comportamiento futuro sea parte de los compromisos adquiridos. **El plan de seguimiento, tal como señala el artículo 38 del RSEIA, tiene como propósito *"(...) verificar que el medio ambiente se comportará de acuerdo a la predicción realizada"***.

114. Sin embargo, no sólo la ley fija obligaciones vinculadas al seguimiento, sino que el propio organismo evaluador, al establecer las exigencias para el cumplimiento

---

[13] ARTS, Jos. CALDWELL, Paula. MORRISON-SAUNDERS, Angus. Environmental impact assessment follow-up: good practice and future directions — findings from a workshop at the IAIA 2000 conference. Impact Assessment and Project Appraisal. 19 (3). p. 176.

[14] Ver: GACHECHILADZE-BOZHESKU. M. FISCHER. T.B. Benefits of and barriers to SEA follow-up-Theory and practice. Environmental Impact Assessment Review. 34 (2012)

[15] ARTS, Jos. et all. Op cit.

de la normativa ambiental, podrá establecer condiciones ambientales vinculadas a esta materia, ello en virtud del artículo 25 de la Ley N° 19.300 y del artículo 60 letra d) del RSEIA. Una de las condiciones que suele incluirse en las RCA, tanto de EIA como de DIA, se refiere al deber de informar y adoptar medidas frente al acaecimiento de impactos ambientales no previstos. La inclusión de esta obligación se justifica claramente ya que cuando se está hablando de impactos ambientales no previstos, **no se trata de actuar frente a amenazas futuras e inciertas, sino de responder a una alteración actual y específica del medio ambiente, sobre la cual las medidas definidas en la RCA no resultan pertinentes o eficaces. Dicha perturbación actual y específica conlleva un carácter de urgencia que condiciona lo imperioso de establecer un deber de atención y la rápida adopción de medidas**.

115. En relación con las condiciones de carácter abierto, como lo es la obligación de adoptar medidas en el caso del acaecimiento de impactos ambientales no previstos, ellas encuentran sustento en el denominado **principio o enfoque precautorio**. Frente a la posibilidad de que se produzcan efectos más allá de los previstos en la evaluación, la autoridad –en razón a una tutela mayor de deber de cuidado y a una anticipación preventiva– incorpora a las RCA, una exigencia, cuyo sustrato no es otro que el enfoque precautorio, entendido como un principio de prudencia, en virtud del cual si existe riesgo de causar daño al medio ambiente o a la salud de las personas, la ausencia de certeza científica o el desconocimiento de las variables ambientales en este caso, no puede servir de pretexto para postergar la adopción de medidas efectivas de prevención del deterioro ambiental. Por ello, la adopción de medidas ante efectos no previstos exige un comportamiento de diligencia mayor, dado que se está ante aspectos no conocidos, los que en sí mismos implican un nivel de riesgo más alto a aquel previsto o reconocido.

116. El que la ley y los organismos de evaluación hagan recaer en el titular la labor de informar y adoptar medidas respecto de impactos ambientales no previstos, se ajusta además al **principio de responsabilidad**. Según este principio ambiental, es el propio titular quien debe prevenir, precaver o eliminar la contaminación que los procesos productivos ocasionen, es decir, asumir la carga económica que estas acciones pueden conllevar[16]. Además, en el caso de los proyectos de inversión siempre será el titular el que se encuentre en una posición privilegiada para poder observar y detectar este tipo de impactos.

117. Cuando la ley o los organismos de evaluación incorporen en la RCA de un proyecto, obligaciones vinculadas a la adopción de medidas frente al acaecimiento de impactos ambientales no previstos, nacerán dos obligaciones paralelas: Primero, el deber del titular de cumplir estas condiciones; y, segundo, el deber de la SMA de fiscalizar su cumplimiento por parte de la empresa.

118. Sin embargo, la regulación de las acciones frente al acaecimiento de impactos ambientales no previstos no se limita a aquellas medidas que pueden ser incorporadas en el procedimiento de evaluación ambiental de un proyecto (sobre las que se enfoca el presente procedimiento sancionatorio). La relevancia y urgencia de este tipo de impactos justifica además el que los organismos públicos especializados cuenten con competencias para poder adoptar medidas, tanto de corto plazo, para controlar el impacto ambiental; como de mediano y largo plazo, para revisar la(s) RCA(s) del proyecto que está generando dicho impacto ambiental. Se trata de dos facultades que cubren aspectos diferentes. La primera, se preocupa de abordar las consecuencias inmediatas del impacto ambiental sobre el medio ambiente, mientras que la segunda se refiere a la revisión de un instrumento de carácter ambiental que ha evidenciado deficiencias, aspecto que es necesariamente de más lato conocimiento.

119. La facultad para adoptar medidas urgentes y transitorias frente a la constatación de impactos ambientales no previstos, es entregada a la SMA por el artículo 3 letra h) de la Ley N° 20.417, el cual señala que la SMA tendrá la función de *"[s]uspender transitoriamente las autorizaciones de funcionamiento contenidas en las Resoluciones de Calificación Ambiental o adoptar otras medidas urgentes y transitorias, para el resguardo del medio ambiente, cuando*

[16] BERMÚDEZ, Jorge. Fundamentos de Derecho Ambiental. 2ª ed. Valparaíso, Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 49.

la ejecución u operación de los proyectos o actividades, genere efectos no previstos en la evaluación y como consecuencia de ello se pueda generar un daño inminente y grave para el medio ambiente".

120. La facultad de revisar la(s) RCA(s) de un proyecto, por otro lado, es entregada a las CEA o a la Dirección Ejecutiva del SEA, por el artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300, el cual señala que *"La Resolución de Calificación Ambiental podrá ser revisada, excepcionalmente, de oficio o a petición del titular o del directamente afectado, cuando ejecutándose el proyecto, las variables evaluadas y contempladas en el plan de seguimiento sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas, hayan variado sustantivamente en relación a lo proyectado o no se hayan verificado, todo ello con el objeto de adoptar las medidas necesarias para corregir dichas situaciones".*

121. En consecuencia, los efectos jurídicos que puede implicar la figura de los impactos ambientales no previstos de un proyecto son diversos y alcanzan a los distintos actores de la institucionalidad ambiental, así como al propio titular. En el contexto de la evaluación ambiental de un proyecto: El titular podrá proponer en compromisos vinculados a la ocurrencia de impacto ambientales no previstos; los órganos sectoriales y quienes se involucran en la participación ciudadana, deberán hacer sus observaciones sobre estos compromisos u otros que estimen deben incluirse; las CEA tendrán que resolver sobre la aprobación del proyecto, incluyendo las posibles obligaciones de seguimiento y las exigencias frente al acaecimiento de impactos ambientales no previstos; una vez aprobado el proyecto, el titular deberá cumplir las exigencias incluidas en la RCA mientras que la SMA deberá fiscalizar su cumplimiento y sancionar los incumplimientos. Adicionalmente, independiente de las obligaciones impuesta en la evaluación ambiental y justificado en la urgencia problema ambiental detectado: la SMA tiene competencias para adoptar medidas urgentes y transitorias en el caso de que sea necesario; y, finalmente, tanto las CEA o eventualmente la Dirección Ejecutiva del SEA, deberán evaluar, en los casos en que se cumplan los requisitos, la aplicación del artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300.

122. Reducir estos efectos jurídicos únicamente a la eventual revisión de la RCA por el artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300, no sólo no se ajusta a la realidad normativa, sino que no se condice tampoco con la significancia de este tipo de impactos ambientales, la cual se deriva de los significativos efectos negativos que ellos pueden tener para el medio ambiente.

123. En definitiva, la SMA goza de competencias para fiscalizar y sancionar incumplimientos a la RCA. En el caso de que la RCA contemple obligaciones frente a impactos ambientales no previstos, tal como ocurre en el presente caso, estas obligaciones se encontrarán dentro de sus atribuciones de fiscalización y sanción. Las competencias de la SMA para fiscalizar las RCA, no restringen ni se superponen con las competencias del SEA y las CEA para evaluar proyectos y fijar condiciones en la RCA; ni para revisar las RCA, en el marco del artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300.

c) Incidencia en el presente procedimiento sancionatorio de la sanción aplicada por la CEA de la Región de Atacama a CMM

124. CMM ha manifestado en su escrito de descargos[17] que la SMA se encontraría imposibilitada de sancionar a CMM por *"(...) la supuesta afectación del SVAHT de Pantanillo"* debido a la existencia de una sanción aplicada a CMM por los mismos hechos y siguiendo los mismo fundamentos. Tomando como antecedente el procedimiento sancionatorio seguido en contra de la empresa por la CEA de Atacama, CMM sostiene que *"(...) los elementos del principio non bis in ídem se encuentran manifiestamente presentes en el caso concreto en la sanción determinada por la Resolución N° 05/2014 de la CEA, la cual fue establecida en torno a la protección, y eventual adopción de medidas de mitigación asociadas a la vega Pantanillo, siendo ésta la única zona de estas características que se encuentra dentro del área de influencia del Proyecto Refugio. En efecto, no parece legalmente procedente*

[17] Escrito de descargos CMM. pp. 21-24

la iniciación de este segundo proceso sancionatorio en razón de la afectación de vegas y humedales por influencia del mismo Proyecto, toda vez que aquellos cargos ya fueron sancionados por la CEA en el año 2014".

125. Al fundar su alegación, CMM cita el oficio remitido por la SMA en el procedimiento sancionatorio seguido ante la CEA de Atacama, en el cual afirma que su competencia está otorgada por el momento en que se comete la infracción y no por el momento en que se producen o verifican sus efectos, lo cual implicaría que la SMA no tendría competencia para conocer los hechos que eran investigador por la CEA de Atacama.

126. Para poder abordar adecuadamente el argumento expuesto por CMM, es necesario hacer una breve referencia a los fundamentos del principio *non bis in ídem* y los presupuestos de su aplicación, de modo de poder analizar los antecedentes del presente caso y determinar si concurren o no.

127. El principio o garantía *non bis in ídem,* busca que una misma persona no sea juzgada y/o sancionada dos veces por la realización de un mismo hecho. Esto se traduce en una dimensión doble del principio: Por un lado se trata de una garantía sustantiva, según la cual, a una persona en un mismo proceso no se le puede aplicar más de una sanción por un mismo hecho: y, por otro, se refiere a una garantía procesal, según la cual no se puede iniciar un procedimiento por un hecho si este ya ha sido, o se encuentra siendo, juzgado[18]. En el caso de la garantía sustantiva, su fundamento ha sido vinculado al principio de proporcionalidad o prohibición de exceso en el castigo, como garantía procesal, en cambio, su fundamento se encuentra en la necesidad de certeza jurídica propia de la cosa juzgada.

128. Esta garantía no cuenta con reconocimiento expreso en nuestra Constitución, sin embargo, se ha interpretado que puede ser extraída del principio de debido proceso[19], además de que, al menos en su dimensión procesal, sí encuentra reconocimiento expreso en tratados de derecho humanos firmados por Chile.

129. En la LO-SMA, la principal norma que reconoce el principio *non bis in ídem,* se encuentra en su artículo 60, el cual establece que *"[c]uando por unos mismos hechos y fundamentos jurídicos, el infractor pudiese ser sancionado con arreglo a esta ley y a otra u otras leyes, de las sanciones posibles, se le impondrá la de mayor gravedad"*. En su inciso segundo agrega que *"[e]n ningún caso se podrá aplicar al infractor, por los mismos hechos y fundamentos jurídicos, dos o más sanciones administrativas"*.

130. La regla del inciso segundo del artículo 60, explicita las condiciones para la aplicación del principio, exigiendo que la sanción previa debe considerar las siguientes circunstancias: primero, ser del mismo infractor; segundo, referirse al mismo hecho; y, tercero, basarse en los mismos fundamentos jurídicos. En el caso en que en un procedimiento sancionatorio concurra esta triple identidad con una sanción administrativa previa, entonces, no podrá sancionarse en el segundo procedimiento.

131. En consecuencia, para poder evaluar si las condiciones de aplicación del principio *non bis in ídem* concurren en el presente caso, debe revisarse cada uno de los elementos antes identificados en el procedimiento sancionatorio citado por CMM.

132. La resolución que dio inicio a dicho procedimiento fue la Res. Ex. N°35, de la CEA de Atacama, de fecha 4 de febrero de 2013. En ella se describe el hecho que daría lugar a la infracción, así como la norma supuestamente infringida. El hecho es descrito en alusión a la denuncia del SAG, la cual fue remitida a la CEA de Atacama, mediante Ord. N°907, de fecha 10 de diciembre de 2012. En el cuadro siguiente se contiene la descripción de los hechos y el fundamento de derecho que dio inicio al procedimiento sancionatorio:

---

[18] Ver: Juan Pablo, MAÑALICH. El Principio *Ne Bis In Idem* en el Derecho Penal Chileno. Revista de Estudios de la Justicia. 15. 2011.
[19] Sentencia Corte Suprema, Rol N° 169, de 24 de marzo de 2009.

SUJETO INFRACTOR	HECHO INFRACCIONAL	NORMA INFRINGIDA
1. Dar inicio a un procedimiento de investigación de conformidad con el artículo único de la Ley N° 20.473, a **la empresa "Compañía Minera Maricunga".**	"4.1. Que, con fecha 15 de noviembre de 2012, personal del Servicio Agrícola y Ganadero Región de Atacama, realizó visita inspectiva al sector de la Vega Pantanillo, correspondiente al corredor biológico Pantanillo –Ciénaga Redonda, a fin de verificar la ocurrencia de hechos que fueron objeto de denuncia realizada por CONAF Atacama, mediante Ord. N°176 de 08 de octubre de 2012, cuyo contenido en lo medular da cuenta sobre una grave afectación a Sistemas Vegetacionales Hídricos Terrestres, **específicamente de dos formaciones de vegas ubicadas en el área del corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, sectores que en conjunto abarcarían una superficie total aproximada de 14 has, encontrándose en cercanías de los sectores de extracción de agua que posee el Proyecto Minero Refugio, incoando la existencia de una afectación total de vegetación azonal (perdida de cobertura) y, que en el sector no se observarían cuerpos de agua superficial y el suelo presentaría ausencia de humedad.** 4.2. Que, la RCA N°02 del 14 de diciembre de 1994, que califica ambientalmente favorable el Proyecto Refugio, perteneciente a la Compañía Minera Maricunga, establece en el punto 3 de su parte resolutiva, que si la Empresa propietaria del proyecto detectara, a través del monitoreo previsto del proyecto, "disminución del caudal de afloramiento superficial de agua en el sector de vegas inmediatamente aguas debajo de los pozos de extracción (Pantanillo), que afecte la bebida de la fauna y la mantención de la flora, se implementará un sistema que conecte las vegas con los pozos, lo cual deberá asegurar un nivel de aguas que mantenga el Hábitat. 4.3. Que, de acuerdo a los antecedentes recopilados de la visita en terreno antedicha, **se verifica la afectación total de dos zonas con presencia de Sistemas Vegetacionales Hídricos Terrestres, ubicadas en el área del corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, en relación al Proyecto Minero Refugio. Impacto Total de la zona, debido a la muerte de toda la vegetación presente en el área abarcando una superficie estimada visualmente que supera las 20 has.** 4.4. Que confirma lo anterior, la observancia de la apariencia de restos de plantas muertas en la superficie, la que en su mayoría se encontraba al estado de mantillo, lo que a su vez permite sostener que el proceso de desecamiento del humedal sería superior a 3 años, por lo que habiéndose detectado el daño e impacto, no se habrían tomado las acciones correctivas de forma oportuna. 4.5. Refiere que además se observó la presencia de un punto de descarga de agua artificial en el humedal, aparentemente como medida correctiva o reparación; lo cual nota con claridad que la oportunidad de su aplicación resulta tardía.	"5. Que en la especie, el supuesto incumplimiento aludido y cargo formulado, **dicen relación con lo resuelto en el punto 3 de la Res. Ex. N° 02/1994** que se transcribe a continuación: "La empresa propietaria del proyecto deberá adoptar y ejecutar las siguientes medidas adicionales, propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental e indicadas por el Equipo Revisor: 3.- Si a través del monitoreo previsto se detectara disminución del caudal de afloramiento superficial de agua en el sector de vegas, inmediatamente aguas abajo de los pozos de extracción (Pantanillo), que afecte la bebida de la fauna *y* la mantención de la flora, se implementará un sistema que conecte las vegas con los pozos, lo cual deberá asegurar un nivel de aguas que

	4.6. Que, no obstante lo anterior, **relativo a la aparente medida correctiva o de reparación, el accionar de la Empresa se realizó en forma tardía con nulo efecto de recuperación o reparación de la vega dañada, por lo que, no aseguró un nivel de agua suficiente para mantener el hábitat, tal como se ha establecido en la respectiva resolución de calificación ambiental".**	mantenga el Hábitat".

133. El contenido de la resolución descrita acotó el ámbito de discusión y prueba, y fue en relación a ella que CMM presentó sus descargos en dicho procedimiento sancionatorio. En ellos, la empresa sostiene que la implementación de la medida fijada en la RCA, según la cual se debía conectar los pozos con la vega Pantanillo había sido realizada adecuadamente y, que no correspondía hacer responsable a la empresa por la suficiencia o efectividad de la medida establecida en la RCA. Junto a su presentación entrega un conjunto de documentos como respaldo de sus argumentos.

134. El pronunciamiento final de la CEA de Atacama fue adoptado el día 8 de enero de 2014, mediante Res. Ex. N°5. En él se da cuenta de los antecedentes que se tuvo a la vista para resolver, así como los considerandos de la decisión. Respecto de las defensas de CMM presentó en dicho sancionatorio, la resolución comienza acotando el ámbito de la imputación –considerando 11–, **confirmando que esta sólo se refiere a la inadecuada implementación de la medida establecida en el considerando 3 de la RCA, esto es, la conexión de los pozos con la vega Pantanillo.** Agrega que la adecuada o inadecuada implementación de la medida puede ser ponderada mediante dos criterios: temporalidad de la aplicación de la medida y correcta implementación del sistema.

135. Sobre la **temporalidad** de la implementación de la medida, la resolución establece que CMM, tenía conocimiento cierto del descenso de los afloramientos de agua en la vega Pantanillo, a lo menos desde el año 2008 y que, no obstante ello, sólo se implementó la medida a partir del año 2010. Esta circunstancia da cuenta de que la medida se implementó tarde. Sobre la **correcta implementación de la medida**, la CEA de Atacama indica que no puede pronunciarse, debido a que no puede tenerse certeza sobre si esta había sido adecuada si se hubiera ejecutado a tiempo.

136. En virtud de los argumentos señalados la CEA de Atacama resuelve la *"(...) aplicación de multa de 500 UTM por incumplimiento al resuelvo 3 de la Resolución de Calificación Ambiental N°02/1994, que califica ambientalmente favorable el proyecto Minero Refugio"*.

137. En definitiva, el procedimiento sancionatorio seguido ante la CEA de Atacama, se llevó adelante en contra de CMM; el hecho objeto del procedimiento se refirió a la no implementación de una medida específica establecida en la RCA respecto de la vega Pantanillo; mientras que el fundamento jurídico de la sanción se encuentra en el Resuelvo 3° de la RCA N° 2/1994.

138. Para comparar los elementos de aquel procedimiento sancionatorio con los del presente, debe considerarse que en el procedimiento Rol D-014-2015, la delimitación de los elementos correspondientes a su triple identidad son señalados en forma expresa en la formulación de cargos, ello por expreso mandato del artículo 49 de la LO-SMA.

139. Sobre el **elemento subjetivo**, esto es, el infractor en ambos procedimientos, es claro que en ambos casos se trata de la misma empresa, Compañía Minera Maricunga, la cual es titular del Proyecto Minero Refugio, autorizado por la RCA N° 2/1994.

140. Respecto del **hecho infraccional**, en cambio, en el procedimiento Rol D-014-2015, se refiere a la omisión de ejecutar las acciones necesarias para hacerse cargo de los impactos ambientales no previstos, consistentes en la disminución del nivel freático en la cuenca Pantanillo-Ciénaga Redonda **y el consecuente desecamiento de 70 ha de humedales ubicados en el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, y el riesgo inminente de expansión a 73 ha adicionales de humedales.** El área de afectación aludida es descrita en mayor detalle

en los considerandos 29 a 32 de la presente Resolución, en los cuales se describen las conclusiones del IFA Proyecto Minero Refugio 2015, y donde queda claro que las hectáreas afectadas corresponden al humedal Valle Ancho.

141. El hecho no sólo es diverso por tratarse de omisiones diferentes, referidas a áreas diferentes, sino que además los períodos en que estas obligaciones se han ejecutado también son distintos. Como se evidencia en el procedimiento sancionatorio iniciado por la CEA de Atacama, la omisión imputada había sido subsanada previo al momento de iniciar el procedimiento sancionatorio. En efecto, durante la tramitación del procedimiento sancionatorio se da por probado por la CEA que la medida había sido implementada el año 2010. Como el cargo se refiere a la implementación tardía de la medida, la omisión infraccional cubre el período desde que se tenía la obligación de la medida –a lo menos el año 2008, según la resolución final de la CEA de Atacama– hasta el año 2010.

142. En consecuencia, existe una clara diferencia entre el hecho levantado en el procedimiento ante la CEA de Atacama y aquel levantado con la Res. Ex. N°1/D-14-2015, de esta SMA. Si bien en ambos casos se trata de una omisión –no haber ejecutado una determinada medida– **en el primer procedimiento sancionatorio esta medida se refiere a la obligación de conectar los pozos con el humedal Pantanillo, mientras que en el segundo, la obligación está dada por el no haber actuado frente a un impacto ambiental no previsto, que se constata aguas abajo del humedal Pantanillo.**

143. La diferencia entre los hechos investigados en ambos casos se puede apreciar en la denuncia que dio inicio al procedimiento Rol 14-2015. A ella se acompañó el Ord. N°347, del 7 de julio de 2014, de la SEREMI del Medio Ambiente de Atacama, mediante el cual remitió antecedentes sobre la afectación denunciada, haciendo referencia al procedimiento sancionatorio llevado por la CEA de Atacama ante CMM, señalando que dicho proceso **solo establece responsabilidad sobre la afectación de 20 ha de *vegas "[s]in embargo, nuevos antecedentes concluyen la existencia de una mayor superficie afectada que supera las 70 ha"***.

144. La diferencia entre ambos hechos también se encuentra expresamente evidenciada en la descripción del hecho infraccional del procedimiento Rol D-014-2015, realizada en la formulación de cargos, en la que se indica, específicamente, que **el impacto se configura *"(...) no obstante encontrarse implementada la medida de conexión de los pozos de extracción con las vegas de Pantanillo".*** Es decir, la infracción da cuenta, expresamente, que no se está incluyendo dentro del hecho infraccional el no haber ejecutado dicha medida específica de la RCA N°2/1994, sino que se reconoce que ella se encuentra ejecutada.

145. Finalmente, el **fundamento jurídico** de las infracciones, resulta ser más sencillo de comparar ya que, tanto en la Res. Ex. N°35, de la CEA de Atacama, como en la Res. Ex. N°1/ D-14-2015 de la SMA, se describe en forma precisa las normas presuntamente incumplidas. En el caso del procedimiento seguido ante la CEA de Atacama, se cita expresamente, que la norma infringida está dada por el punto 3 de la Res. Ex. N° 2/1994 y, en específico, la parte que transcribe, esto es, la obligación de implementar un sistema que conecte las vegas con los pozos. En el presente procedimiento sancionatorio, por su parte, las normas infringidas se refieren al resuelvo segundo de la RCA N° 2/1994, el Capítulo 6 del EIA del Proyecto Minero Refugio; el considerando 7 de la RCA N° 4/2004; el considerando 11 de la RCA N° 268/2009 y el considerando 9 de la RCA N° 45/2011, todas las cuales tratan sobre las obligaciones de la empresa frente a impactos ambientales no previstos.

146. En definitiva, no es posible afirmar que en los dos procedimientos sancionatorios se identifiquen los elementos exigidos para que concurra la aplicación del principio *non bis in ídem*. El único elemento que coincide en ambos procedimientos es el elemento subjetivo, razón por la cual el procedimiento seguido ante la CEA de Atacama, deberá ser considerado al momento de evaluar la conducta anterior del infractor.

147. Por último, cabe referirse a la respuesta que entregó la SMA, mediante Ord. N°2147, del 29 de agosto de 2013, frente a la consulta planteada por la Directora

Regional del SEA de Atacama, remitida a la SMA por Of. Ord. N°235, de 12 de agosto de 2013. Esta respuesta ha sido citada por CMM, como un antecedente que probaría la incompetencia de la SMA para conocer de la infracción materia de cargos. Sin embargo, como se explicará, esta apreciación se basa en la confusión de los hechos materia de ambos procedimientos sancionatorios, lo cual, a la luz de las consideraciones expuestas en forma previa, es equivocada.

148. La consulta planteada por el SEA de Atacama, se refería, específicamente, a la competencia sancionatoria respecto de los hechos materia del procedimiento iniciado por la CEA de Atacama, mediante la Res. Ex. 35, de 4 de febrero de 2013. Estos hechos, como ya ha sido explicado, se vinculaban a la adopción tardía de una específica medida establecida en la RCA N° 2/1994, la cual tenía incidencia en la vega Pantanillo. Se trataba de un incumplimiento –omisión– que según la misma resolución, se había subsanado previo al inicio del procedimiento sancionatorio. Esta es la razón de porqué la resolución sancionatoria no sanciona por la no adopción de la medida, sino por su adopción tardía. En su Oficio el SEA de Atacama es muy claro al realizar la consulta, señalando que la infracción habría sido ya cometida, sin embargo, *los efectos* indeseados de ella aún continuarían al momento de la consulta. Esto, como se vio, es consistente con el tipo de infracción levantada por la CEA de Atacama.

149. La SMA en su respuesta señaló que la infracción se cometió con anterioridad a su entrada en funcionamiento y que la competencia está conferida por el momento en que se comete la infracción y no por el momento en que se producen o verifican sus efectos, razón por la cual, respecto de la infracción levantada por la CEA de Atacama, la SMA no era competente.

150. Resulta equivocado tomar esta respuesta, referida, específicamente, a la infracción levantada por la CEA de Atacama, para determinar la competencia de la SMA respecto a la infracción del presente procedimiento sancionatorio, ya que en los hechos infraccionales de los dos procedimientos se dan supuestos diferentes: mientras que la infracción levantada por la CEA de Atacama eran sólo los *efectos* los que se prolongaron en el tiempo, no la ejecución de la infracción misma (la adopción tardía de la medida de conexión de los pozos); en la infracción levantada en la formulación de cargos de la Res. Ex. N°1/D-14-2015, se trata de una omisión en la adopción de medidas frente a impactos no previstos, omisión que se configura de manera continua desde que esos impactos debieron ser informados y enfrentados por la empresa, hasta el día de la formulación de cargos. **En este segundo caso, es la *comisión de la infracción*, por ende, y no sólo sus efectos, la que se ha prolongado, hasta la fecha en que la SMA ha entrado a tener competencias, lo cual le entrega indudablemente a la SMA potestades para fiscalizar y, eventualmente, sancionar dicha infracción actual.**

d) Competencia de la SMA para conocer los hechos infraccionales, a la luz del momento en que ellos habrían ocurrido

151. CMM relaciona a los argumentos sobre la incompetencia de la SMA para conocer genéricamente infracciones vinculadas a impactos ambientales no previstos y la supuesta concurrencia de los presupuestos del principio *non bis in ídem*, con otro argumento referido a la incompetencia de la SMA respecto al hecho infraccional especifico, en virtud del momento en que este se habría configurado.

152. CMM indica que, en realidad el hecho infraccional habría ocurrido antes de que la SMA gozara de plenas facultades para fiscalizar y sancionar y que, independiente de que los efectos del hecho se puedan extender en el tiempo, esto le impediría conocer de la infracción. Este argumento debe ser rechazado ya que se basa en la errónea identificación respecto del hecho infraccional, la cual ya ha sido aludida en los párrafos anteriores.

153. CMM afirma equivocadamente que la infracción por la cual se formuló cargos corresponde a la misma que fue investigada y sancionada por la CEA de Atacama, sin embargo, esto, como se ha hecho ver, no es efectivo. La formulación de cargos es sumamente clara al describir el hecho, dándose cuenta de que este se refiere a la afectación de un área diferente a la del

humedal Pantanilllo. Además las normas infringidas aluden a la adopción de medidas frente a dicho impacto ambiental no previsto.

154. Al tratarse de una omisión, se configura en el tiempo de manera continuada mientras la no ejecución persista. Por ello, el período de ejecución se extiende desde el momento en que CMM estaba en obligación de informar y adoptar medidas, hasta el momento en que cumple con dicha obligación. En atención a que el cargo formulado da cuenta de que esta obligación recaía en CMM también durante los años 2013 y 2014, entonces no es posible sostener que el hecho por el cual se formuló cargos habría ocurrido en un periodo anterior a la entrada en vigencia de las competencias de la SMA.

e) Supuesta falta de fundamentación de los cargos

155. El último punto que corresponde abordar antes de analizar la configuración de la infracción, está dado por las afirmaciones de CMM en el sentido de que la formulación de cargos no habría sido dictada con la información mínima que permitiera iniciar el procedimiento sancionatorio. En este sentido, la empresa ha señalado lo siguiente: *"Así, esta SMA decide iniciar un procedimiento de sanción, y por ende imputar una omisión –y determinados efectos en forma errónea como hemos señalado– sin contar con los fundamentos técnicos que justifiquen esta decisión. Así, de las solas declaraciones de la SEREMI de Medio Ambiente, y sin respuesta oficial de la DGA respecto a la relación entre el bombeo y la afectación de la vegetación, la SMA "da por supuesto" los hechos imputados, "asume una eventual relación causal" y formula cargos sin la certeza técnica y legal requerida para ello"*.

156. En relación a este punto, es necesario recordar que la formulación de cargos es el acto mediante el cual se comunica al supuesto infractor el inicio de un procedimiento sancionatorio, dando cuenta en forma clara y precisa de los hechos que se estimen constitutivos de infracción y sus fundamentos normativos. Como se ha indicado, su fin es garantista, ya que permite a quien será parte de la investigación, ejercer adecuadamente su derecho a defensa.

157. En atención a que se trata de un acto que da inicio al procedimiento sancionatorio, resulta claro que los antecedentes que la sustentan no requieren tener el peso probatorio que se exige para sancionar, ya que será justamente en la instancia de la instrucción en la que se deberá alcanzar aquel estándar de prueba para configurar la infracción. Lo que se exige solamente es que exista evidencia que permita presumir la comisión de la infracción y que justifique el iniciar la etapa de instrucción.

158. En este sentido los antecedentes que fueron reunidos antes de la formulación de cargos, y que han sido descritos detalladamente en forma precedente, constituyen un conjunto suficiente de evidencia para poder iniciar justificadamente el procedimiento sancionatorio. En especial se debe tener presente el IFA Proyecto Minero Refugio 2015, el que incluye dentro de sus conclusiones que *"[e]xisten claros indicios de que la disminución de los niveles freáticos, es atribuible a la extracción de aguas subterráneas del Proyecto Minero Refugio mediante los pozos RA-1 y RA-2."*, agregando que *"[l]a magnitud en la disminución de los niveles freáticos es tal que impide que se generen afloramientos de aguas subterráneas en superficie, que es lo que sostiene el desarrollo de los humedales. Esto ha ocasionado la pérdida prácticamente total del humedal Pantanillo (22 ha.), la perdida de una fracción del humedal Valle Ancho (aproximadamente 70 ha.), y la pérdida de una superficie aún indeterminada del humedal Barros Negros"*.

159. Este Informe se apoya a su vez en un conjunto de antecedentes, los cuales son acompañados como anexos. Dentro de ellos se encuentra el Memorándum Técnico entregado por CONAF a la SMA, mediante Of. Ord. 17 del 21 de enero de 2015, cuyas conclusiones son consistentes con aquellas señaladas en el IFA Proyecto Minero Refugio 2015. Adicionalmente a ellos debe considerarse el conjunto de antecedentes remitidos por las Subsecretaría de Medio Ambiente en su denuncia.

160. En definitiva, corresponde rechazar esta alegación de CMM, ya que no es efectivo que no se contó con antecedentes suficientes para la dictación de la Res. Ex. N°1/D-14-2015, mediante la cual se formuló cargos a la empresa.

IX. CONFIGURACIÓN DE LA INFRACCIÓN

161. En el presente capítulo se ponderarán los antecedentes de prueba que han sido reunidos en el procedimiento, con el fin de analizar la verificación del hecho que funda la infracción, así como su carácter infraccional. Para ello, se abordará en forma previa algunos puntos de derecho que constituyen el marco jurídico de la evaluación de la infracción.

162. La infracción que ha sido levantada se refiere al deber de CMM de informar inmediatamente la ocurrencia de impactos ambientales no previstos, asumiendo acto seguido las acciones necesarias para controlarlos y mitigarlos. Como se da cuenta en el escrito de formulación de cargos, las normas que dan sustento a este deber se encuentran en diferentes RCA del proyecto, las cuales regulan la obligación de seguimiento del titular, así como las exigencias específicas acerca del acaecimiento de impactos ambientales no previstos. Dichas exigencias lo que hacen es abordar en forma separada un mismo compromiso, el cual se refiere al deber del titular de actuar frente al acaecimiento de una alteración del medio ambiente provocada directa o indirectamente por el proyecto y que ha quedado fuera de las predicciones realizadas en la evaluación ambiental.

163. Para analizar el contenido específico de esta infracción debe aludirse al concepto de impacto ambiental no previsto y al alcance de las obligaciones de informar y adoptar medidas. Esto permitirá, a su vez, diferenciar correctamente los diversos aspectos que deben ser contrastados con la prueba, para poder verificar de ese modo la configuración de la infracción.

164. El concepto de impacto ambiental es abordado por la Ley N° 19.300, en su artículo 2 letra k), donde se define como *"la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada"*. Esta definición incluye dos elementos diversos: primero, la alteración del medio ambiente; y, segundo, la vinculación –directa o indirecta– entre esta alteración y el proyecto o actividad.

165. La alteración del medio ambiente puede ser asimilada al concepto de perturbación ecológica, el cual puede ser definido como *"(...) un cambio "no presupuestado" en un sistema natural, por la acción de un agente externo sobre sus componentes o, los flujos de materia y energía que determinan las interacciones entre éstos."* [20] Este cambio, puede ser generado por factores naturales (como la erupción de un volcán), antrópicos (tales como la introducción de especies o los cambios en la estructura del hábitat por deforestación) o la combinación de ambos[21].

166. Para que la anterior alteración o perturbación del medio ambiente se trate de un impacto ambiental, debe estar vinculada a la actividad de un proyecto o actividad, es decir, debe ser provocada directa o indirectamente por este.

---

[20] Informe DICTUC. Metodología para la Determinación y Caracterización del Daño Ambiental y del Peligro de Daño Ocasionado (2012). [en línea] http://www.greenlabuc.cl/wp-content/uploads/2012/05/Metodolog%C3%ADa-para-la-Determinaci%C3%B3n-y-Caracterizaci%C3%B3n-del-Da%C3%B1o-Ambiental-.pdf. p. 24.

[21] Esta variación fuera de lo presupuestado o normal también se utiliza para definir conceptos como degradación, daño o transformación. Ver: Principios SER Internacional. (2004) [en línea] http://www.ser.org/docs/default-document-library/ser-primer-spanish_final_graphics.pdf?sfvrsn=2. p. 7: *"Los términos degradación, daño, destrucción y transformación todos representan desviaciones de lo normal o del estado deseado de un ecosistema Intacto"*. En un sentido similar se utilizan estos conceptos en la Guía IUCN Restauración Ecológica para Áreas Protegidas (2014). [en línea] https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/PAG-018-Es.pdf. p. 5: *"En este documento, el término "degradado" se refiere a cualquier alteración perjudicial al área protegida (i.e., degradación, daño y destrucción, según la definición de la SER, 2004), tal como la introducción y dispersión de especies invasoras, la pérdida de interacciones importantes entre especies, la pérdida de atributos biofísicos tales como la estructura y la química de los suelos o los procesos hidrológicos, y la disminución en su potencial para sostener los medios de vida humanos"*.

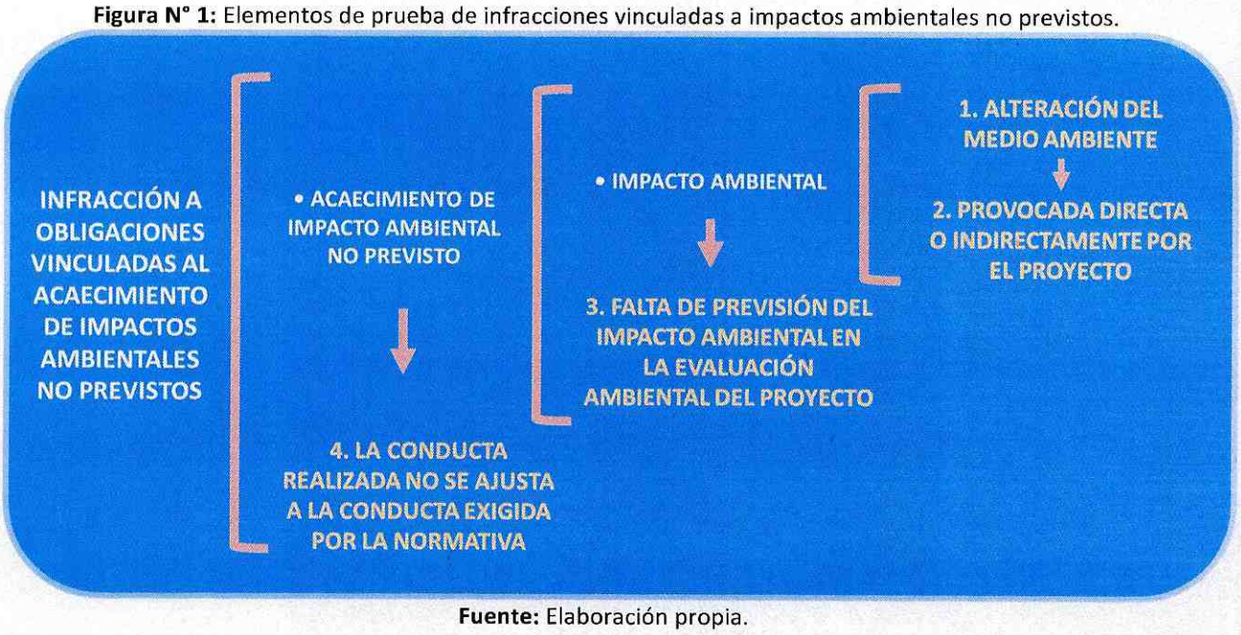
167. Por otro lado, la no previsibilidad del impacto ambiental requiere comparar la evaluación ambiental del proyecto o actividad con el impacto ambiental identificado, de modo de determinar si este fue o no anticipado en la evaluación. Por ello, debe acudirse primero al contenido de la evaluación ambiental y de la RCA, y revisar si en ellos se tuvieron o no a la vista. Es posible también que la alteración del medio ambiente haya sido considerada en las predicciones de la evaluación ambiental, pero no en la extensión, duración o frecuencia con que efectivamente ocurrió. En este último caso, de todas formas se tratará de un impacto ambiental no previsto ya que la previsibilidad debe referirse a las específicas consecuencias sobre el medio ambiente verificadas.

168. En este sentido, y en concordancia con lo que se ha indicado antes, los impactos ambientales no previstos pueden ser considerados como aquellas alteraciones del medio ambiente, provocadas directa o indirectamente por un proyecto o actividad, y que no fueron anticipadas o previstas por la evaluación ambiental del mismo.

169. Habiéndose acreditado que tuvo lugar una alteración del medio ambiente, que ésta fue causada directa o indirectamente por un proyecto y que no fue prevista en su evaluación ambiental, debe avanzarse al siguiente paso, consistente en verificar si el titular cumplió o no con las obligaciones que la RCA le imponía frente al acaecimiento de este tipo de impactos. Estas obligaciones estarán contenidas en la RCA y su cumplimiento dependerá tanto del tipo de impacto ambiental, como de las acciones realizadas para enfrentarlo, su oportunidad y suficiencia.

170. En consecuencia, para poder revisar el cumplimiento de una obligación como la que es materia de cargos, se debe distinguir cuatro elementos de prueba, los cuales son representados en el siguiente esquema:

Figura N° 1: Elementos de prueba de infracciones vinculadas a impactos ambientales no previstos.



Fuente: Elaboración propia.

171. A continuación analizaremos la prueba que ha sido reunida en el procedimiento sancionatorio respecto de cada uno de estos elementos de prueba, con el objeto de poder determinar si es posible estimar que la infracción por la cual se formuló cargos ha sido configurada. Estos elementos son, a saber: (a) alteración del medio ambiente; (b) provocada directa o indirectamente por el proyecto; (c) falta de previsión del impacto ambiental en la evaluación ambiental del proyecto; y (d) la conducta realizada no se ajusta a la conducta exigida por la normativa.

a) <u>Alteración del medio ambiente</u>: Desecamiento del humedal Valle Ancho

172. Al analizar la configuración de la infracción atribuida a CMM lo primero que se debe revisar es la verificación de una alteración sobre el medio ambiente. Esta

alteración ha sido descrita en el escrito de formulación de cargos, señalándose que corresponde a: *"(...) la disminución del nivel freático en la cuenca Pantanillo-Ciénaga Redonda y* ***el consecuente desecamiento de, al menos, 70 ha. de humedales ubicados en el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, y el riesgo inminente de expansión del área afectada a aproximadamente 73 ha. adicionales de humedales*** *(...)"*.

173. La descripción de dicha alteración debe ser complementada con los considerandos de Res. Ex. N°1/D-14-2015, en los cuales se describen, dentro de otros antecedentes, el IFA Proyecto Minero Refugio 2015. En dicho Informe se señala, en las conclusiones relativas a los hechos constatados N°4 y 5, sobre la "Afectación sistemas vegetacionales dependientes de los recursos hídricos", que se constató un deterioro de los humedales del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda. En el caso de Pantanillo se indica que la afectación es de 22 hectáreas de vegetación. En el caso del humedal Valle Ancho se identifican 69.4 hectáreas afectadas y una superficie de 73 ha. con riesgo inmediato de afectación. Mientras que en el humedal Barros Negros se indica que existe una afectación de un área no dimensionada.

174. Por lo tanto, lo que debe ser analizado es si con la prueba reunida en el presente procedimiento sancionatorio, se ha podido constatar la efectividad de *un cambio no presupuestado* en el sistema natural del humedal Valle Ancho, consistente en la desecación de al menos 69.4 hectáreas y el riesgo inminente de desecación de al menos otras 73 has.

175. En relación a esta alteración del medio ambiente, se ha reunido un conjunto de evidencia que ha ido complementando la información contenida en la denuncia sectorial presentada ante la SMA por el Ministerio de Medio Ambiente que dio inicio al presente procedimiento sancionatorio. Un grupo de esta prueba está conformado por visitas a terreno, en las cuales se verificó *in situ* la situación del humedal. Estas visitas en terreno permiten demostrar la situación de afectación del humedal en un momento específico. Para ver su comportamiento en el tiempo y poder compararla con la de otros humedales del área, se ha incorporado un segundo grupo de evidencia, la cual está conformada por diferentes informes técnicos, en los cuales se analizan imágenes satelitales del área utilizando índices de vegetación[22].

176. A continuación, se abordarán ambos grupos de evidencia por separado, ya que ella se propone dos fines diferentes. En el caso del primer grupo, se busca comprobar que existe una zona afectada (seca o en proceso de desecación) en el humedal Valle Ancho al momento de la visita en terreno; en el caso del segundo, que esa desecación no es algo estable o normal en el tiempo. Adicionalmente, se analizarán los humedales de control que han sido descritos en diferentes documentos e informes que forman parte de la instrucción. Finalmente, se realizará una revisión, en base a imágenes satelitales del área, del índice vegetacional SAVI, tanto del humedal Valle Ancho, como de otros humedales de referencia.

i. Constatación en terreno de la desecación del humedal Valle Ancho

177. Los medios de prueba que a juicio de esta Superintendencia otorgan indicios claros y suficientes acerca de la existencia de una zona afectada –desecación del humedal Valle Ancho– son los siguientes: (i) Informe Técnico de Terreno acompañado a una denuncia presentada por el Ministerio del Medio Ambiente; (ii) Oficio de la Corporación Nacional Forestal, de 21 de enero de 2015; (iii) Informe de Fiscalización Ambiental Proyecto Minero Refugio 2015;

[22] *"Un Índice de Vegetación, puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y que es particularmente sensible a la cubierta vegetal (Gilabert et al, 1997). También, corresponde a un número generado por alguna combinación de bandas espectrales y que puede tener alguna relación con la cantidad de la vegetación presente en un píxel dado. Estos índices, son utilizados para mejorar la discriminación entre el suelo y la vegetación, reduciendo el efecto del relieve en la caracterización espectral de las diferentes cubiertas. Los valores resultantes de estos índices son adimensionales, e indican el vigor de la clorofila, donde los valores bajos indican vegetación poco vigorosa, enferma o simplemente ausencia de vegetación, mientras que los valores altos, indican vegetación muy vigorosa o sana"*. MUÑOZ, Pedro. Índice de Vegetación. Centro de Información de Recursos Naturales. [en línea] <http://agroclimatico.minagri.gob.cl/biblioteca/>.

y (iv) hechos constatados e información levantada en el Acta de la Inspección Personal realizada por esta Superintendencia el día 26 de junio de 2015.

178. De antemano cabe destacar que todos estos informes y antecedentes comparten las características, como medios de prueba, que han sido producidos por diversos servicios públicos con competencia en materia ambiental, que presentan observaciones coherentes entre ellos, y que en ninguno de ellos se verifican disconformidades metodológicas.

a. Informe Técnico de Terreno acompañado a la denuncia del Ministerio del Medio Ambiente

179. El Ministerio del Medio Ambiente, a través del subsecretario Marcelo Mena Carrasco, presentó con fecha 31 de julio de 2014, el Of. Ord. DJ. N° 142853, mediante el cual denunciaba la afectación de Humedales Altoandinos en Sitio Ramsar, en los sectores de Pantanillo, Barros Negros y Ciénaga Redonda, aledaños al Parque Nacional Nevado Tres Cruces. A la denuncia se acompañó el Of. Ord. N° 347, del 7 de julio de 2014, de la SEREMI de Medio Ambiente Atacama, mediante el cual remitió antecedentes sobre la afectación denunciada, haciendo referencia al procedimiento sancionatorio llevado por la CEA de Atacama ante CMM, señalando que dicho proceso solo establece responsabilidad sobre la afectación de 20 ha de vegas *"[s]in embargo, nuevos antecedentes concluyen la existencia de una mayor superficie afectada que supera las 70 ha"*.

180. Como antecedentes de esta nueva afectación, se hace referencia al Informe SAG 2013, así como a un Informe Técnico de Terreno, que da cuenta de la visita inspectiva realizada por funcionarios de la SEREMI del Medio Ambiente y CONAF de Atacama, el 24 de abril de 2014. El Informe SAG 2013, debido a que se trata de un Informe de imágenes satelitales, será analizado a propósito de segundo grupo de prueba. A continuación revisaremos el Informe Técnico de Terreno.

181. El informe da cuenta de los hechos observados en la visita inspectiva del día 24 de abril de 2014, realizada por profesionales de la SEREMI de Medio Ambiente de Atacama, en conjunto con funcionarios de la CONAF de Atacama.

182. Al describir los objetivos de la visita se indica que esta está dirigida a detectar nuevos cambios o afectaciones en los humedales altoandinos ubicados en la Subcuenca Quebrada Ciénaga Redonda, **más allá de aquellas afectaciones que fueron objeto del procedimiento sancionatorio seguido por la Comisión de Evaluación de la región de Atacama en contra de CMM.**

183. Según lo observado en el humedal Valle Ancho[23], se indica que *"(...) se verifica una amplia zona del humedal dañada por la ausencia de afloramiento superficial. Dicha situación evidencia pérdidas de vegetación azonal en la zona sur del humedal y en la zona centro-este del mismo" "Se observa que el área más afectada se encuentra en el sector sur de este humedal, evidenciándose una grave situación de vegetación muerta en estado de mantillo y rastrojo. Se observa además sectores en donde la vegetación dañada se encuentra cubierta por afloramiento de sales. En algunos sectores laterales del borde Oeste del humedal se observa un proceso de mineralización con generación de una capa salina"*[24]. Finalmente se sostiene que *"(...) el humedal aún mantiene una amplia zona de vegetación funcional, no obstante se observa un avance progresivo de la afectación desde el sector medio del humedal hacia los sectores NE y NO"*[25].

184. En las observaciones finales del Informe se afirma que *"[e]n terreno se observa un significativo aumento de la superficie de humedales con vegetación azonal muerta. Al conocido daño sobre pantanillo se suman otros humedales de la subcuenca Quebrada Ciénaga Redonda: Pantanillo (sic), Barros Negros y Ciénaga Redonda". "El daño sobre los humedales, vegetación y*

[23] En el informe se refiere al humedal Valle Ancho como "Pantanillo Ancho".
[24] Informe Técnico de Terreno de 24 abril de 2012. Acompañado en la denuncia sectorial del MMA. Como Anexo 2. p. 5.
[25] Ibid.

napas freáticas, es severo y prácticamente irreversible en la mayoría de los casos. Se requiere que las actividades de extracción de agua sean estudiadas a fondo, tomando las medidas que corresponda para salvaguardar los humedales aún en funciones"[26].

b. Oficio de la Corporación Nacional Forestal de 21 de enero de 2015

185. Con fecha 31 de diciembre de 2014, la SMA remitió a CONAF de Atacama, el Ord. N°2335, mediante el cual se le solicita informar respecto de la extensión actual del impacto sobre los humedales del sector del sitio Ramsar Complejo Lacustre Laguna Santa Rosa – Laguna del Negro Francisco, en particular, **si este ha aumentado en comparación a lo que fue detectado y tenido a la vista en el proceso sancionatorio seguido por la CEA de Atacama contra CMM, y si es de esperar que siga aumentando con el tiempo**.

186. La respuesta de CONAF fue remitida el 22 de enero de 2015, mediante el Ord. N° 17/2015. En ella se hace referencia al Informe Técnico denominado "Estado de Humedales de Pantanillo y Valle Ancho" de enero de 2015, el cual se acompaña como Anexo. En este último informe se hace una descripción de la situación de dichos humedales a la fecha de su realización, analizándose en específico los cambios en los sistemas vegetaciones que ha experimentado el humedal Valle Ancho. Para ello se utiliza una metodología consistente en la recopilación de antecedentes, una campaña en terreno y el procesamiento y análisis de datos.

187. Se indica que entre el 23 al 25 de septiembre y el 7 al 9 de octubre de 2014, se realizaron campañas en terreno *"(...) en los tres sectores del área de estudio, con el objeto de verificar información cartográfica preliminar, levantar información vegetacional, obtener fotografías, disponibilidad de agua, intervención antrópica y presencia de fauna (...)"*. Se realizó un recorrido pedestre verificando puntos de control y georreferenciando las distintas situaciones en que se encontraban las vegas, verificando el estado de la vegetación y la disponibilidad de agua superficial.

188. En el caso de la vegetación esta fue clasificada como: Activa; semi seca; y seca. Ello según la siguiente descripción:

- **Activa**: si presenta humedad en el suelo, sus estructuras aéreas como tallo u hojas turgentes, si presentan flores, color verde en distintas tonalidades;

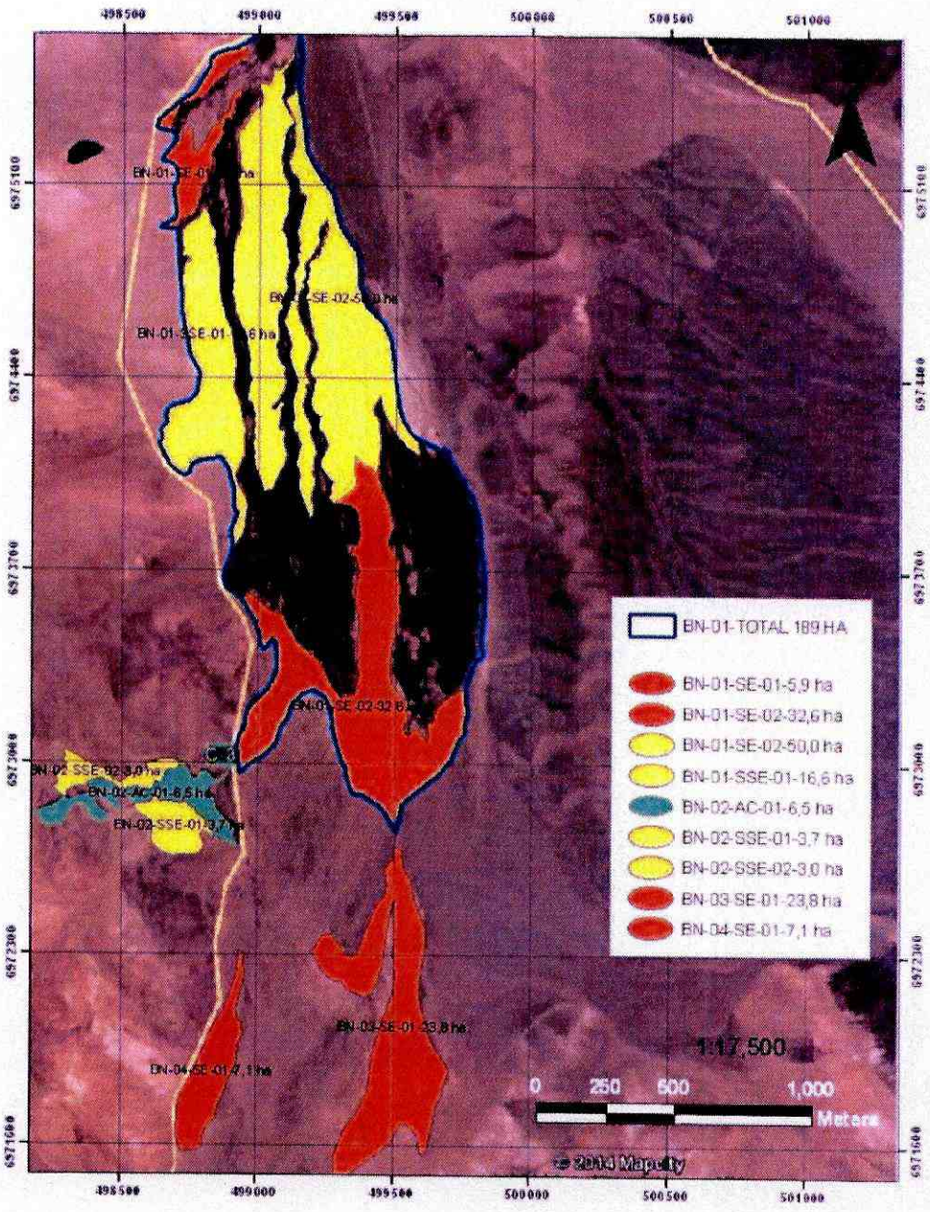
- **Semi seca:** si las plantas se encuentran decoloradas, en tonos cafés en estructuras que deberían ser verdes, escasa humedad en el suelo, ausencia de estructura reproductiva en el caso de especies que ya deberían presentarlas de acuerdo a la estación del año. En resumen, son plantas que se encuentran en deterioro por falta de agua, y

- **Seca:** son plantas que se encuentran muertas, sus colores varían dependiendo de la especie en tonalidades cafés o colores amarillentos. Al escarbar el suelo se comprueba que sus raíces están secas y se encuentran en proceso de descomposición.

189. Respecto a la Vega Valle Ancho, en el numeral 6.2. del Informe CONAF 2015, se hace una descripción de la vega y se señala que con el análisis en terreno se pudo constatar que la superficie del humedal ha ido disminuyendo con el paso de los años, lo que se comprueba porque se encuentran sectores que quedaron aislados del área de mayor superficie. Los resultados de la clasificación en terreno realizada son plasmados en la Figura N° 9 del Informe, la cual muestra la extensión de cada una de estas tres áreas.

[26] Ibid. p. 6.

Imagen N° 2: Área afectada del humedal Valle Ancho.



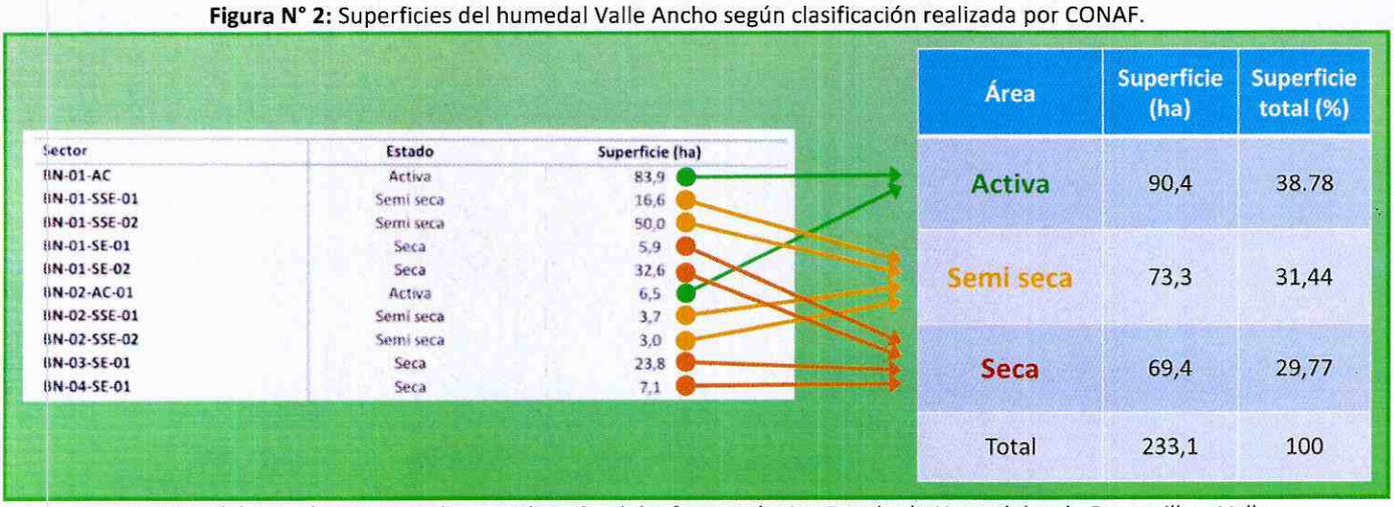
Fuente: Informe CONAF 2015.

190. Tal como se indica en el Informe Técnico, la figura *"(...) muestra el mismo patrón de comportamiento del estado de la vegetación que se encuentra seca (color naranjo) respecto del sector denominado Pantanillo, esto es, el desecamiento en dirección sur a norte de la gradiente altitudinal (aguas abajo) desde los puntos de extracción de agua de pantanillo, manteniéndose una pequeña superficie en condición activa y/o semiseca con influencia de aportes hídricos laterales desde el poniente (sea superficial o subterráneo)."*[27] Se agrega que *"[e]n color naranjo se constatan importantes superficies secas (sectores BN-03-SE-01 y BN-04-SE-01) que alcanzan una superficie combinada de 30,9 hectáreas (13,3%) que han quedado aisladas y para las cuales no se observan aportes hídricos y, por lo tanto, no tienen posibilidades de recuperar la vegetación que allí antes existía"*[28].

191. Las superficies de cada sector se muestran en el cuadro N° 7 del Informe, el cual es incorporado en el lado izquierdo de la siguiente Figura:

[27] Informe CONAF 2015. p. 34.
[28] Ibid.

Figura N° 2: Superficies del humedal Valle Ancho según clasificación realizada por CONAF.



Sector	Estado	Superficie (ha)
BN-01-AC	Activa	83,9
BN-01-SSE-01	Semi seca	16,6
BN-01-SSE-02	Semi seca	50,0
BN-01-SE-01	Seca	5,9
BN-01-SE-02	Seca	32,6
BN-02-AC-01	Activa	6,5
BN-02-SSE-01	Semi seca	3,7
BN-02-SSE-02	Semi seca	3,0
BN-03-SE-01	Seca	23,8
BN-04-SE-01	Seca	7,1

Área	Superficie (ha)	Superficie total (%)
Activa	90,4	38.78
Semi seca	73,3	31,44
Seca	69,4	29,77
Total	233,1	100

Fuente: Elaboración propia, sobre Cuadro N° 7 del Informe Técnico Estado de Humedales de Pantanillo y Valle Ancho de Conaf.

192. En las conclusiones del Informe CONAF 2015, se afirma lo siguiente respecto a la consulta realizada por la SMA: *"El daño de los humedales ha sido acumulativo y ha ido avanzando con el paso del tiempo quedando demostrado comparativamente en la pérdida de superficie de cubierta de vegetación activa"*. Asimismo, luego se añade que *"Respecto a Valle Ancho, que representa el humedal de mayor superficie del complejo, queda de manifiesto el deterioro en su condición ya que sólo se estima que 90,4 hectáreas se encuentran activas (39%). En el lugar es posible apreciar sectores que antes tuvieron vegetación y que ahora solo cuentan con escasos restos vegetales, signos de afloramientos salinos y ausencia de humedad superficial. La superficie seca se estima de 69,4 hectáreas (30%) y la semi seca en 73,3 hectáreas (31%), lo que representa un daño significativo"*.

c. Informe de Fiscalización Ambiental Proyecto Minero Refugio 2015

193. El IFA Proyecto Minero Refugio 2015 muestra los resultados de la actividad de inspección ambiental realizada por la División de Fiscalización de la SMA, en conjunto con funcionarios del SAG y de CONAF, los días 4 de noviembre de 2014 y 4 de marzo de 2015. El objetivo de las inspecciones era el constatar en terreno el estado de la vegetación en los diferentes humedales del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda. Al análisis se incorporó la revisión de información documental reunida.

194. Al referirse al estado de la vegetación en los sectores de los humedales Valle Ancho y Barros Negros, se alude a la información proporcionada por CONAF, descrita previamente en esta Resolución, así como la verificación en terreno. En la descripción del hecho constatado N°5, se describe lo observado en terreno, indicándose que se confirma la condición de muerte prácticamente total del humedal Pantanillo.

195. Respecto del humedal Valle Ancho, se señala que ***"[e]n el sector más cercano a Pantanillo Norte, se constató que la vegetación se encuentra seca al estado de mantillo, desde la estación E12 hacia el sur", "[a]l norte del sector anterior, en la estación E13, se constató la presencia de un humedal seco con recolonización de especies del género Deyeuxia. Las condiciones hídricas del sitio son: sin espejo de agua, por lo que el sustrato que debiera estar cubierto con agua se observó cubierto de una costra salina" "Al Oeste del humedal, en la estación E14, se constató la presencia de un humedal seco con recolonización de especies del género Puccinellia. Las condiciones hídricas del sitio son: sin espejo de agua, por lo que el sustrato que debiera estar cubierto con agua se observó cubierto de una costra salina"***[29].

[29] IFA Proyecto Minero Refugio 2015. p. 35.

196. Respecto del humedal Barros Negros, en el hecho Constatado N°5 del IFA Proyecto Minero Refugio 2015, se señala que *"[e]n el sector de la estación E15, la vegetación corresponde a un pajonal hídrico seco al estado de rastrojo como sustrato dominante y mantillo como sustrato codominante" "Más al norte, en el sector de la estación E16, la vegetación corresponde a vega que se encontró seca con afloramiento salino y recolonización de especies del género Puccinellia" "Las condiciones hídricas de ambos sectores son: sin espejo de agua, por lo que el sustrato que debiera estar cubierto con agua se observó cubierto de una costra salina"*[30].

197. Se concluye lo siguiente: *"Además de la situación de afectación ya constatada, en los humedales Pantanillo, Valle Ancho y Barros Negros, es posible concluir que, dadas las condiciones hidrogeológicas locales y la naturaleza de las extracciones de aguas subterráneas del proyecto Minero Refugio, existe un riesgo inminente de expansión de la afectación en los humedales ubicados en la cuenca de la Laguna del Negro Francisco, incluyendo la misma laguna (se desconoce su estado actual)". "El análisis histórico realizado por el SAG ha concluido que la pérdida de vegetación activa aumenta año tras año a tasas cada año mayores, lo cual es consistente con lo indicado por CONAF (hecho constatado N°4) y lo observado durante la inspección del 04/03/2015 (hecho constatado N°5). Todo lo anterior indica que existe un riesgo inminente de que la pérdida de vegetación siga aumentando conforme pasa el tiempo"*[31].

d. Inspección personal, realizada el 26 de junio de 2015

198. Mediante Res. Ex. N°6/ Rol D-14-2015, de fecha 22 de junio de 2015, se ordenó la diligencia probatoria de inspección personal de la Fiscal Instructora del procedimiento sancionatorio, la cual se llevó a cabo el día 26 de junio de 2015, con presencia de personal de CONAF, del SAG y de la empresa CMM.

199. En el acta levantada en la diligencia, la cual fue firmada por todos los asistentes a la actividad, se da cuenta de los hechos observados. Respecto del sector de la vega Pantanillo se señala que esta se observó en gran parte muerta, *"(...) sólo algunas porciones laterales vinculadas a aportes laterales se encontraban vivas, en estado de receso por la temporada del año"*[32]. Se agrega respecto del sector norte de la vega Pantanillo, que se observó mortalidad de la vega principal. En relación al extremo sur de la vega Valle Ancho, *"(...) se observó vegas muertas (...)"*[33]. En el sector centro norte de Valle Ancho, en donde se pudo apreciar un sector en el que *"(...) cambian las condiciones vegetacionales, observándose que hacia el sur predominan sectores desecados y hacia el norte sectores vivos". Finalmente, en el sector de la vega Barros Negros se observó que el extremo sur está predominantemente seco y la vegetación muerta. En el sector central se observa que la vega está en mejores condiciones de vitalidad"*[34].

200. En el Anexo del Acta de Inspección Personal se acompañaron las fotografías tomadas en el recorrido, algunas de las cuales son incluidas a continuación:

[30] Ibid.
[31] Ibid. p. 56.
[32] Acta Inspección personal, del 26 de junio de 2015. p.2.
[33] Ibid. p. 3
[34] Ibid.

Fotografía N° 1: Vista panorámica del sector valle Ancho extremo sur.



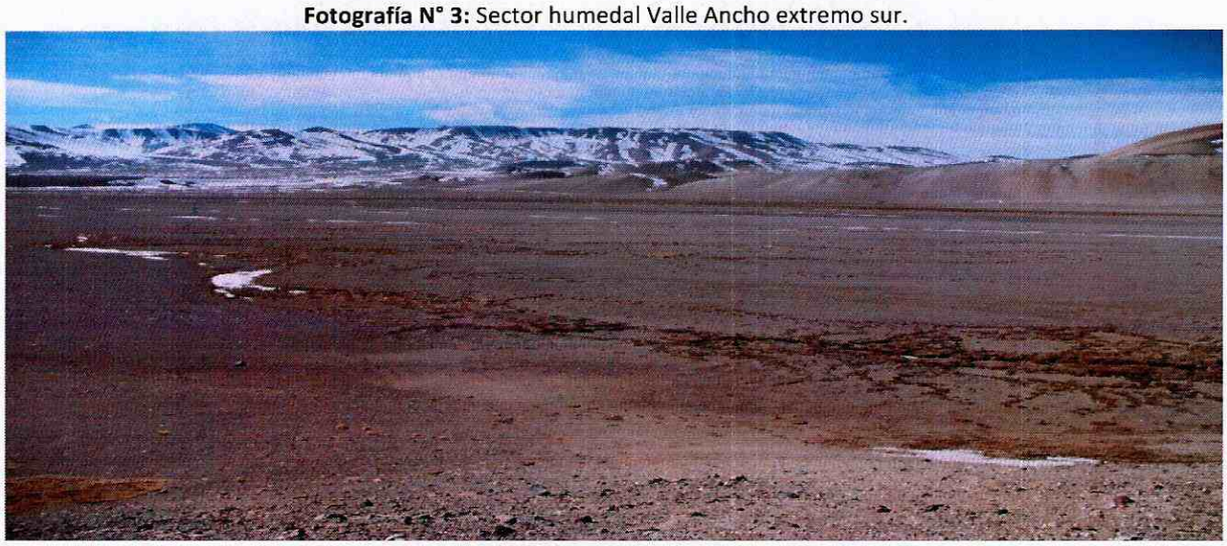
Fuente: Anexo expediente fotográfico visita inspectiva.

Fotografía N° 2: Sector humedal Valle Ancho.



Fuente: Anexo expediente fotográfico visita inspectiva.

Fotografía N° 3: Sector humedal Valle Ancho extremo sur.



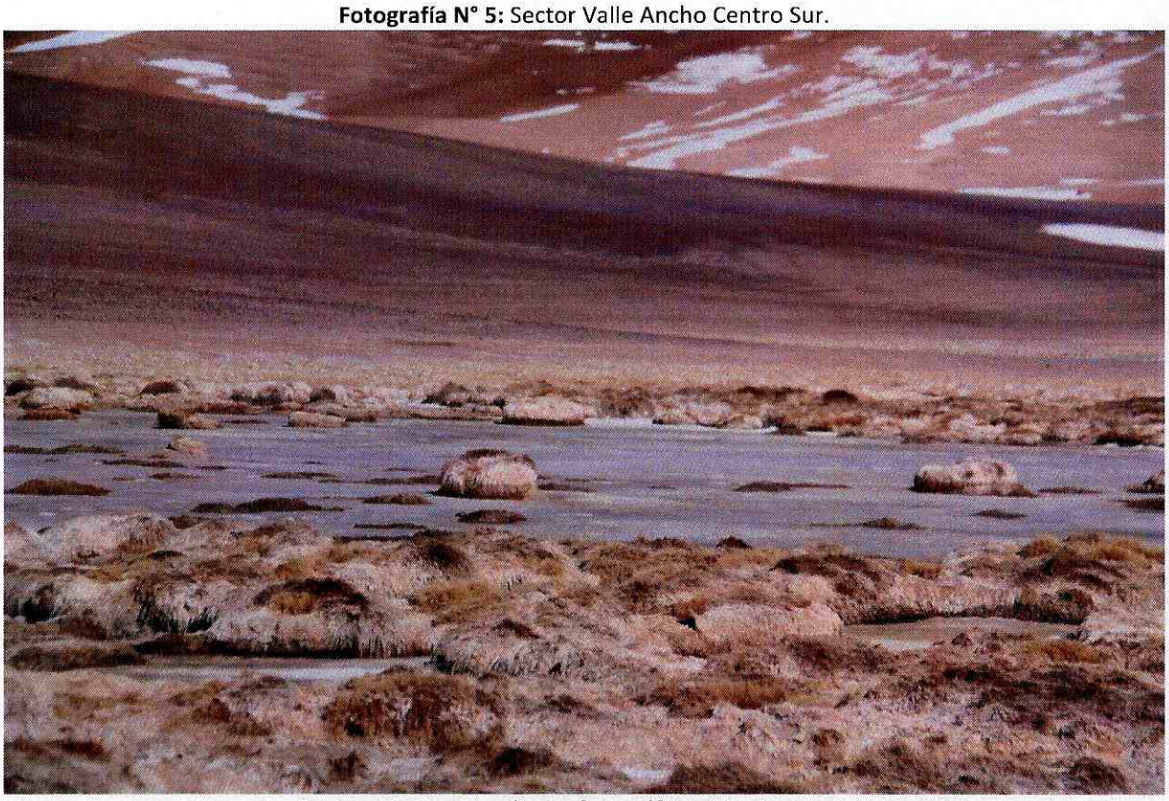
Fuente: Anexo expediente fotográfico visita inspectiva.

Fotografía N° 4: Sector Humedal Valle Ancho Centro Sur.



Fuente: Anexo expediente fotográfico visita inspectiva.

Fotografía N° 5: Sector Valle Ancho Centro Sur.



Fuente: Anexo expediente fotográfico visita inspectiva.

ii. Análisis de imágenes satelitales de área afectada en el Humedal Valle Ancho

201. Los informes que analizan imágenes satelitales en base a índices de vegetación permiten entender los cambios temporales que han experimentado las zonas dañadas. Se trata de un tipo de análisis que proporciona información respecto a si el estado de desecación verificado en terreno se aprecia también en el pasado o, por el contrario, es una circunstancia reciente. Además, permite comparar las áreas donde se han producido los cambios con otras áreas cercanas.

202. En el presente procedimiento sancionatorio han sido acompañados los siguientes tres informes donde se analizan imágenes satelitales: (i) Informe SAG 2013, acompañado en la denuncia del Ministerio del Medio Ambiente; (ii) Informe Biota 2015, acompañado por CMM en sus descargos; y (iii) Informe Formation 2016, acompañado por CMM el día 18 de febrero de 2016. Adicionalmente, el SAG acompañó, el día 24 de noviembre de 2015 el Of. Ord. N° 5869/2015, mediante el cual actualiza el Informe SAG 2013 en algunos puntos específicos. A continuación, se procederá a revisar el conjunto de estos informes.

a. Informe SAG 2013 complementado por el Informe SAG 2015

203. El estudio "Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo. Altiplano Región de Atacama", acompañado por el Ministerio del Medio Ambiente en su denuncia, se propone analizar el comportamiento vegetacional de los humedales Ciénaga Redonda, Barros Negros, Valle Ancho[35] y Pantanillo, entre los años 1995 y 2013[36], identificando las zonas con mayor tasa de cambio y su vulnerabilidad. Para ello se combinó un trabajo en terreno, así como la recopilación y pretratamiento y análisis de datos, principalmente, imágenes satelitales[37]. Mediante una campaña de terreno se efectuó la cartografía de las formaciones vegetacionales de los humedales, se revisó los índices de vegetación, fijándose el más adecuado para las características del sector. Con esos datos se pudo estudiar la serie de imágenes, obteniendo la tendencia de los humedales y el comportamiento multitemporal de la vegetación.

204. Los cambios de la vegetación se obtuvieron a partir del análisis multitemporal de imágenes satelitales, las que brindan información de reflectancia de una determinada zona, en diferentes bandas de frecuencia del espectro electromagnético. Con ello se obtuvo el índice IHUMV, índice que consiste en una modificación del índice diferencial de agua normalizado o NDWI (del inglés *Normalized Difference Water Index*), que muestra la cantidad de agua que tiene la vegetación analizada, como la presente en el suelo. Los valores obtenidos de este índice, se correlacionan con el estado de vitalidad de la vegetación presente, ya que a valores bajos (negativos) se asocia a vegetación seca, mientras que valores altos (positivos) a vegetación viva (o fotosintéticamente activa).

205. Adicionalmente, corresponde indicar que el IHUMV es más adecuado que el NDVI (del inglés *Normalized Difference Vegetation Index*) o el SAVI (del inglés *Soil-Adjusted Vegetation Index*), ya que: no se ve afectado por la reflectancia de fondo (proveniente del suelo), lo que provoca distorsiones en la identificación de la vegetación (subestimación o sobrestimación de la vegetación seca y/o viva); discrimina la vegetación muerta del humedal, cuyos restos tienen baja

[35] En la nomenclatura utilizada por el SAG, el humedal Valle Ancho es incluido como parte del humedal Barros Negros. Por este motivo, cuando se hace referencia en el estudio al del humedal Barros Negros debe entenderse que, según la nomenclatura seguida en esta Resolución, se habla del humedal Valle Ancho.

[36] Si bien el año 2013 queda fuera del período señalado por el objetivo general del informe (p. 8), el cual se extiende sólo hasta el 2012, lo cierto es que el año 2013 es incluido en el análisis, tanto en las imágenes satelitales estudiadas, como en las conclusiones del estudio.

[37] Las imágenes satelitales utilizadas correspondieron a los datos satelitales históricos del sensor Thematic Mapper (TM) del satélite LANDSAT, correspondientes a una serie del año 1995 a 2011, incluyéndose una imagen de verano y otra de invierno. Adicionalmente se utilizó la data correspondiente al sensor multiespectral del satélite RapidEye de fecha 12 de enero de 2012 y la imagen multiespectral del sensor OLI del LANDSAT 8 del 12 de abril de 2013. Por último, se utilizó como línea base, para algunos análisis, la imagen del TM del 17 de marzo de 1986.

reflectividad; presenta una influencia de la humedad del suelo y de las zonas con agua, discriminando de mejor forma los bofedales, formaciones que en el NDVI y en el SAVI se ven menos representadas; en coberturas vegetales fotosintéticamente activas y continuas (aplicable a los humedales) el SAVI se satura fácilmente, dificultando realizar distinciones dentro de dichas coberturas.

206. Con el objeto de rastrear los cambios en la actividad vegetacional en el humedal Valle Ancho, se clasificó las superficies del humedal en cuatro tipos diferentes: Código 1, áreas sin vegetación, referidas a zonas de suelo desnudo, rocas, arenas y gravas; Código 2, áreas de vegetación seca o muerta, suelo salino, consistente en zona con restos de vegetación (muerta y seca); Código 3, áreas de pajonal hídrico semi seco, referida a pajonal hídrico con valores de IHUMV entre 100 y 135; y, código 4, áreas de pajonal hídrico activo, consistente en pajonal con valores de IHUMV mayores a 135.

207. En el caso de la zona que se identifica como de vegetación seca o muerta, ubicada en el sector sur del humedal, se acompaña el siguiente gráfico[38], el cual muestra el comportamiento del índice IHUMV:

Figura N° 3: Perfil zona con vegetación seca y/o muerta humedal Valle Ancho.



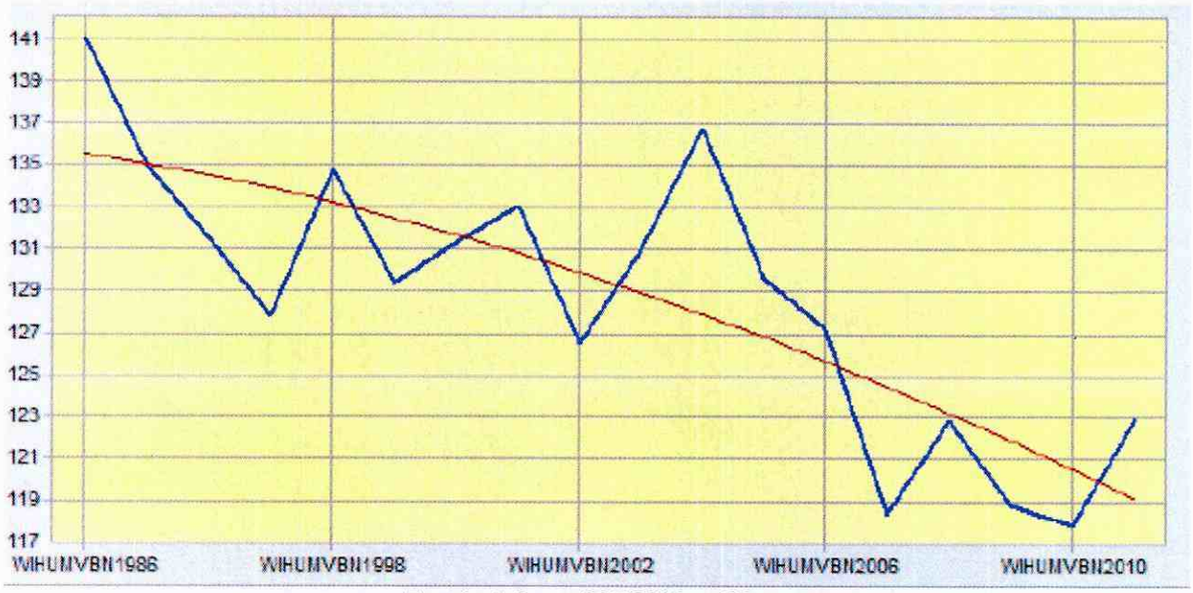
Fuente: Informe SAG 2013, p. 86.

208. Las observaciones que se realizan sobre este gráfico son las siguientes: *"(...) entre los años 1986 y 1996 la baja de actividad vegetacional, especialmente en los contenidos de agua, es poco significativa (145 y 135) manteniendo un buen nivel de actividad, posterior al año 1996 la gradiente es mayor, hasta llegar al año 2002 donde se produce el secamiento y muerte de la totalidad de la zona, recuperándose levemente hasta el año 2004, para posteriormente secarse completamente, situación que se mantiene hasta el año 2013".*

209. La zona que se identifica con vegetación de pajonal hídrico semi seco, la cual está conformada por un área de 18.8 ha. que continúan hacia el norte la zona con vegetación seca o muerta, también muestra una tendencia del índice IHUMV a la baja, tal como muestra el gráfico incorporado en el informe:

[38] Línea roja indica la tendencia mostrada por el índice IHUMV, la línea azul muestra los valores del índice IHUMV.

Figura N° 4: Perfil zona con vegetación pajonal hídrico semi seco humedal Valle Ancho.



Fuente: Informe SAG 2013, p. 86.

210. Respecto de este sector, se incorporan las siguientes observaciones: *"(...) no obstante se aprecia una estacionalidad entre el año 1986 y 2004, siendo el año 2002, al igual que en la zona anterior, un año crítico. Las variaciones anuales en este periodo da cuenta que esta zona se mantiene en un IHUMV de actividad media, pero a partir del año 2006 se marca una clara tendencia a secarse, con valores menores a 123 de IHUMV"*[39].

211. Se agrega en el estudio información relacionada a los cambios de superficie de cada uno de los cuatro sectores identificados. Se indica que, entre los años 1986 a 1996 *"(...) el humedal perdió el 3,97 % de superficie de vegetación y experimentó una tendencia a secarse en un 16,99% de la superficie. Se puede inferir que la tasa anual de pérdida de vegetación es de 0,8 ha/año"*. Por otro lado, entre los años 1996 y 2011 el sector de pajonal hídrico activo perdió una cantidad de 31,47 has, mientras que la clase 3 de pajonal hídrico semi seco, perdió 12,46 hectáreas. La tasa anual de perdida de vegetación en este período corresponde a 1,98 ha/año, es decir, más del doble de la década anterior. Se agrega que *"(...) en este periodo se produce el secamiento y muerte total del sector sur del humedal y un avance en la zona sur del cuerpo central del humedal, evidenciando la tendencia de degradación de la clase de pajonal semi seca"*[40].

212. El estudio analiza también los cambios en el sector Ciénaga Redonda y Pantanillo. En el humedal Pantanillo, el índice de actividad vegetacional tiene una baja bastante más clara que en el humedal Valle Ancho. Se indica que *"[e]l humedal de Pantanillo sin duda representa la situación de mayor gravedad, los antecedentes indican que el año 1986 constituía una Vega con una superficie de 16,1 hectáreas, de las cuales 12,4 hectáreas eran densas y activas, superficie que en la actualidad se encuentra seca y muerta, salvo un pequeño sector (1 hectárea) situado en la baja ladera del sector sur-oeste que sobrevive con escasa vegetación". "El año crítico de cambio brusco de las condiciones de éste humedal es el año 1996-1997,* ***secándose completamente el año 2002****"* (énfasis agregado)[41].

213. Con el fin de actualizar el Informe SAG 2013, se resolvió, mediante Res. Ex. N° 12/D-14-2015, de fecha 23 de octubre de 2015, oficiar al SAG para que emitiera un pronunciamiento técnico, en el cual, dentro de otros puntos, se actualizara las conclusiones del Informe SAG 2013. La respuesta del SAG fue remitida, con fecha 24 de noviembre de 2015, mediante Of. Ord. N°5869/2015 (en adelante, "Informe SAG 2015"), el cual fue incorporado mediante Res. Ex. N° 13/D-14-2015. Con posterioridad, el día 27 de noviembre de 2015, el SAG remitió a esta Superintendencia

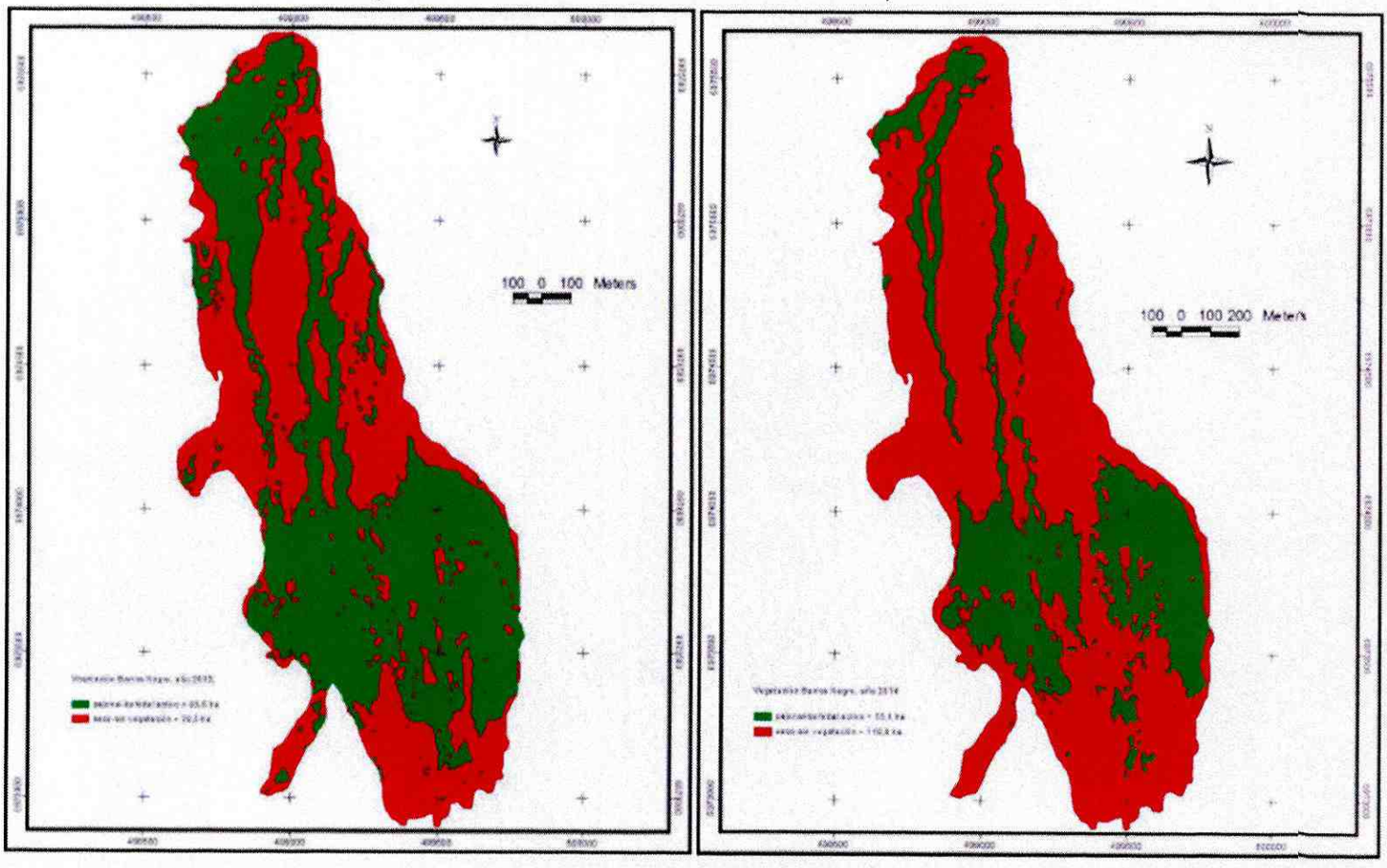
[39] Informe SAG 2013. p. 88.
[40] Ibid. p. 94.
[41] Ibid. p. 118.

el Of. Ord. 5929/2015, en el cual se acompañó un CD con la información SIG trabajada para realizar el Informe Técnico acompañado.

214. En el Informe SAG 2015 se indica que para poder extender el análisis realizado en el Informe SAG 2013 se utilizó imágenes satelitales de alta resolución del sensor Spot 7, para el sector Barros Negros[42]. Se agrega que estas imágenes habrían impedido el cálculo del índice de Humedad, razón por la cual se decidió utilizar el índice SAVI, el cual fue uno de los índices utilizados en el estudio de 2013.

215. La comparación entre la imagen de abril de 2013 y febrero de 2014, es incorporada en la Figura 1 del oficio. Al comparar ambas imágenes, se indica que existe una disminución de vegetación tanto en el borde como en la parte central del humedal. Se sostiene que este patrón de disminución o depresión de la vegetación *"(...) resulta muy importante, por cuanto las variaciones anuales de este tipo de ecosistemas, producto de variaciones climáticas, se produce en los bordes del humedal, específicamente en el ecotono o zona de transición de la vegetación, que presenta características más xéricas"*. En términos de superficie se indica que *"[e]n términos porcentuales hubo una afectación de más de un 40% respecto del año anterior, lo que se evidencia tanto en la comparación visual de imágenes en combinación falso color convencional y como resultado del análisis del índice SAVI"*.

Imagen N° 3: Resultados análisis SAVI entre abril 2013 y febrero de 2014.



Fuente: Informe SAG 2015.

216. CMM realizó una presentación con fecha 18 de diciembre de 2015, en la cual plantea diferentes observaciones respecto al trabajo efectuado en el Informe SAG 2015. En lo que se refiere al análisis descrito más arriba, CMM sostiene que este habría incurrido en dos errores metodológicos: (i) que en las comparaciones, al haberse empleado diferentes sensores, se debió haber dejado en claro si se realizaron las correcciones geométricas, espectrales y la

[42] En relación a la nomenclatura utilizada por el SAG, en su informe es necesario hacer la misma precisión que respecto al Informe SAG 2013, en el sentido de que el humedal Valle Ancho es considerado como parte del humedal Barros Negros.

normalización de los valores de las escenas a comparar; y (ii) que se habrían realizado comparaciones con desfase de fechas, las cuales representan períodos diferentes de crecimiento, existiendo entre ambas fechas un desfase de más de un mes. La empresa además acompaña un informe elaborado por la Consultora Biota, el cual describe estos supuestos errores y replica el análisis de imágenes, utilizando una metodología diferente, concluyendo que la extensión de la desecación solo correspondería a un 5%.

217. En relación a las observaciones planteadas, se debe afirmar que en el Informe SAG 2015, si bien no se deja constancia que se habrían realizado correcciones para la utilización de las imágenes elegidas, ello se debe a que en el Informe no se explicita de manera acabada toda la metodología utilizada sobre las correcciones que se realizaron en las imágenes, y aunque ello habría sido recomendable, no se puede sostener que dichas correcciones no hayan sido realizadas.

218. Respecto a la utilización de imágenes en meses diferentes, esto se debió a la disponibilidad que tuvo el SAG de las imágenes elegidas. De todas formas, al haberse utilizado una imagen posterior de un mes en el cual la actividad de la vegetación podría ser menor (abril, en comparación con la imagen de febrero del año anterior), es esperable que efectivamente pueda haber alteraciones en los resultados que puedan morigerar la diferencia de 40% en la superficie desecadas identificada por el SAG.

219. Por lo anterior, y con el fin de tener más antecedentes que confirmen la información expuesta por el SAG, se desarrollará más adelante en esta Resolución un análisis de imágenes satelitales, el cual no se encuentra sujeto a las observaciones metodológicas expuestas por CMM.

b. Informe Biota 2015

220. CMM acompañó como anexo de sus descargos el informe titulado "Estudio Multitemporal de la Vegetación Azonal Hídrica, Sectores Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda", de junio de 2015, encargado por la empresa y elaborado por Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda.

221. El Informe expone un estudio multitemporal para el período entre los años 1985 y 2014 de la vegetación azonal hídrica de los humedales Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda, utilizando imágenes satelitales y fotografías aéreas de alta resolución, con el fin de *"(...) establecer un marco de referencia cartográfico en donde se visualicen las áreas en cada uno de los humedales y su estado actual, determinando, además, la fecha estimada en que estos sistemas de vegetación azonal hídrica evidenciaron una disminución en su condición biológica, de modo de vincularlo, o no, al posible efecto de las captaciones de aguas en el sector de Pantanillo"*[43].

222. El estudio de la consultora Biota se basó en el análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), obtenido a partir de un conjunto de imágenes satelitales provenientes de los satélites Landsat 5 y 7, entre el periodo 1985 y 2014. A dichas imágenes se obtuvo el valor promedio de este índice en cada unidad de vegetación usando parcelas de área fija dispuestas en número variable según superficie y homogeneidad del índice en cada una de éstas. Se distinguió la situación actual de los humedales, diferenciándose cuatro tipos de sectores: sin vegetación; sin actividad; baja actividad; y, alta actividad.

223. Respecto al sector Pantanillo, las observaciones relativas a la variación temporal de los índices de NDVI constatan que en el humedal se ha producido un proceso de degradación de la vegetación que lo ha llevado a que se encuentre gran parte de su superficie sin actividad en términos del NDVI.

224. En relación al humedal Valle Ancho, se señala que *"[d]e acuerdo a la condición actual de la vegetación, en el humedal de Valle Ancho se presentan 95.2 ha*

[43] Informe Biota 2014. p. 2.

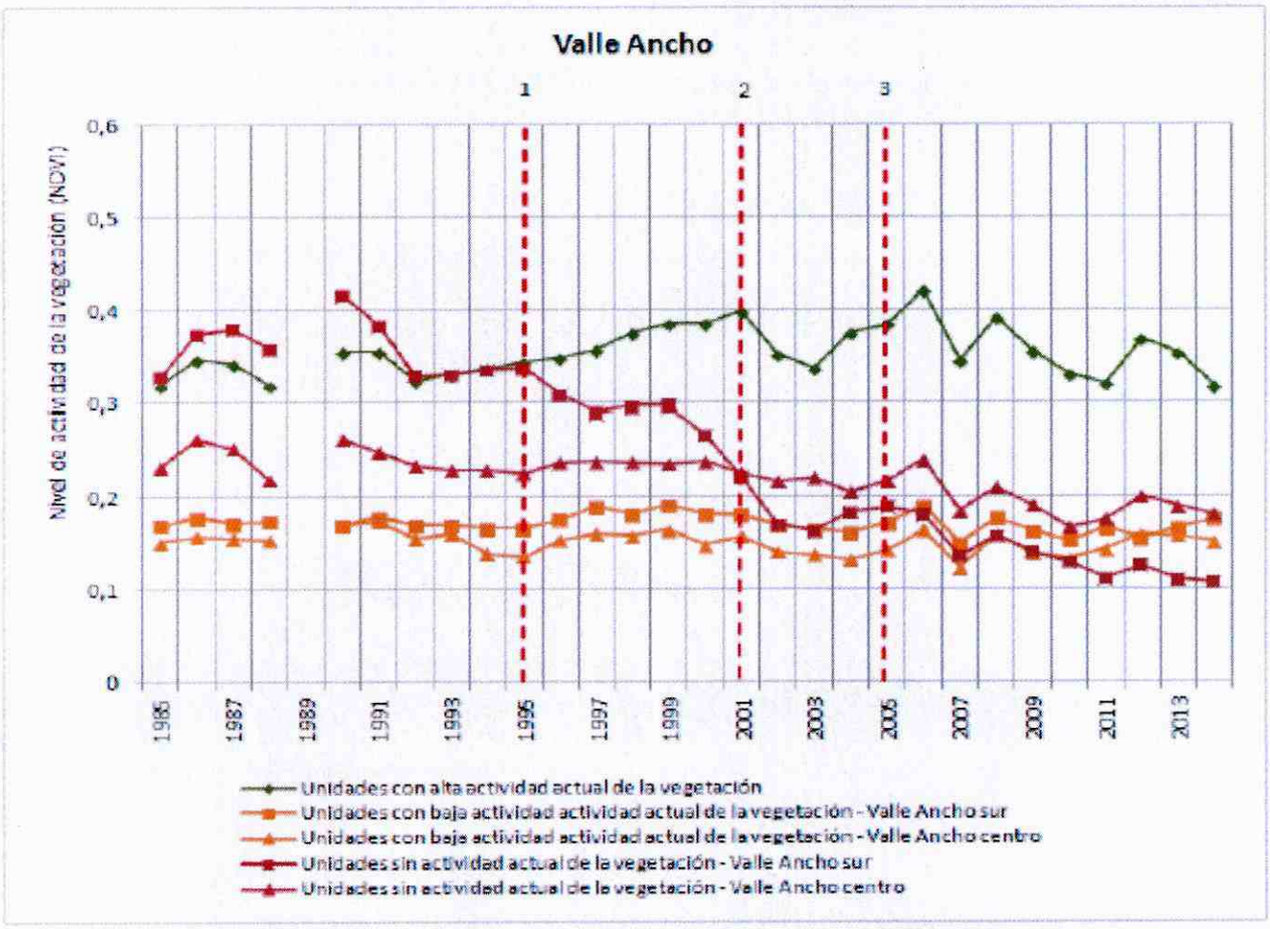
relacionadas con altos niveles de actividad de la vegetación, las que se distribuyen en siete unidades ubicadas en las zonas central y norte del humedal. ***También se presentan 72.5 ha que se relacionan con niveles de actividad de la vegetación bajos o vegetación "semi-seca". La superficie de vegetación que no presenta actividad fotosintética, o "vegetación seca", corresponde a un total de 61 ha. Las superficies aquí presentadas coinciden aproximadamente con las superficies señaladas en el documento de fiscalización, y las diferencias existentes corresponden a ajustes a los límites de ciertas unidades***" (énfasis agregado)[44].

225. En el análisis se diferencian los sectores sur, centro y norte del humedal. En cada uno se caracteriza la vegetación actual distinguiéndose sectores sin vegetación, sin actividad, de baja actividad y de alta actividad. Al referirse a los resultados observados en los sectores actuales sin actividad de vegetación del humedal Valle Ancho, se señala lo siguiente: *"La segunda situación corresponde a aquellos sectores que no registran actualmente actividad de la vegetación y en los cuales se presenta una condición de "vegetación seca" en estado de rastrojo o mantillo, de acuerdo a la tipificación del informe de fiscalización. A este respecto se puede indicar, según lo observado en el Gráfico 2, la presencia de dos comportamientos históricos para la vegetación, a) el primero se observa en aquellas unidades ubicadas en la porción central del humedal, en las cuales los valores del NDVI se mantuvieron relativamente constantes desde el año 1985 hasta el año 2006, fecha a partir de la cual se registra un descenso en los niveles de NDVI desde valores cercanos a 0,25 a valores levemente menores a 0,2 y que al año 2014 alcanza valores similares a los sectores que registran una baja actividad;* ***b) el segundo comportamiento se observa en aquellas unidades ubicadas en la porción sur del humedal, en éstas se registra un descenso en los valores del NDVI a lo largo del tiempo mucho mayor que el caso anterior el que se inicia en el año 90 con un descenso leve en los valores de este índice y de manera escalonada hasta el año 99 para posteriormente caer abruptamente hasta el año 2002 a valores del NDVI inferiores a 0,2, disminuyendo paulatinamente durante los siguientes años hasta el año 2010 con valores cercanos a 0,1, valores de NDVI similares a las áreas sin vegetación activa"*** (énfasis agregado)[45].

226. Los datos aludidos se exponen en el siguiente gráfico:

[44] Ibid. p. 13.
[45] Ibid. p. 15-16.

Figura N° 5: Variación histórica de los valores del NDVI de las unidades del humedal Valle Ancho identificadas en el Informe Biota 2015.



Nota: 1= inicio de los bombeos de agua, 2= detención del bombeo, 3 = reinicio del bombeo.
El año 1989 no se consideró en esta serie temporal por no contar con imágenes satelitales adecuadas para el análisis.

Fuente: Informe Biota 2015.

227. En definitiva, en relación al humedal Valle Ancho, en el Informe Biota 2015 se concluye que el área identificada en el Informe CONAF 2015 como seca, no siempre ha mantenido esa condición. En el caso de aquella área ubicada en el sector sur del humedal, en el año 1995 tenía un índice de actividad vegetacional igual a la parte identificada en el Informe CONAF 2015 como activa. Este índice de actividad muestra una tendencia a la baja desde el año 1991 llegando el año 2002 a niveles críticos. La parte sin actividad de vegetación ubicada en el centro del humedal tiene la misma tendencia a la desecación, pero más leve, comenzando el año 2000.

228. En el caso de las unidades identificadas en el Informe CONAF 2015 como semi secas, el informe Biota muestra que ellas se habrían mantenido estables, con un similar índice de vegetación desde el año 1985.

229. Es necesario señalar que el Informe Biota 2015 realiza una comparación entre los procesos de desecación de las unidades sin actividad actual de vegetación de los humedales Pantanillo y Valle Ancho, concluyendo que ellos se habrían presentado de manera simultánea en el tiempo. De esto deriva que la causa de esta desecación tendría que ser atribuible a un mismo fenómeno, de escala o magnitud que puede afectar a ambos humedales, lo cual descartaría, según la consultora, un factor local. Esta conclusión será analizada de manera separada en esta Resolución, a propósito del argumento general que ha realizado la empresa sobre la incidencia que tendría un supuesto fenómeno de desecación a macro escala en la cuenca.

c. Informe Formation 2016

230. CMM presentó, con fecha 18 de febrero de 2016, un escrito en el cual acompaña un Informe Técnico elaborado por la Consultora Formation Environmental titulado "*Assessment and Analysis of Wetland Vegetation in the Salar de Maricunga Basin*", además de su traducción al español[46].

231. En el escrito de la empresa se realizan un conjunto de observaciones vinculadas a la prueba rendida durante el sancionatorio. En lo que dice relación al Informe Formation 2016, señala que hay evidencia de que existirían variaciones o desplazamientos de vegas en la cuenca del Salar de Maricunga como respuesta a cambios naturales del ecosistema. Además, existiría evidencia de que la disminución de actividad vegetativa al interior de una vega tiende a compensarse con un aumento de ésta en otra área diferente dentro de la misma.

232. La empresa describe el procedimiento realizado por Formation Environmental, incluyendo las características del índice de vegetación ocupado, correspondiente al Índice de Actividad Foliar (IAF). Luego se describen las concusiones a las cuales arriba el Informe Formation 2016, en las que se sostienen que: (i) no existiría una evidencia de declive sostenido en la actividad vegetativa de los últimos 28 años a escala regional (considerando todos los humedales) en la cuenca del salar de Maricunga en su conjunto; (ii) no existiría evidencia de un declive sostenido en la actividad vegetativa de los últimos 28 años a escala de humedales dentro de los humedales Pantanillo, Barros Negros o Ciénega Redonda, ya que a cada período de declive le sucede inmediatamente un fuerte período de recuperación; y (iii) la tendencia del IAF dentro del humedal Villalobos sería consistente con las tendencias observadas a nivel regional. En el escrito se resumen también las críticas que el Informe Formation 2016 efectúa a la metodología utilizada en el Informe SAG 2013.

233. En el mismo Informe Formation 2016 se realiza una descripción de los objetivos buscados por el estudio, distinguiendo tres principales: (i) realizar una evaluación y análisis de la vegetación de humedales en el área del Salar de Maricunga y varios humedales individuales en esa área; (ii) investigar y elaborar indicadores hidrológicos basados en imágenes satelitales para la cuenca hidrográfica del salar de Maricunga, ello para cuantificar la variabilidad del balance hídrico y su relación con el decaimiento de la actividad vegetacional a escala regional; y (iii) evaluar el Informe SAG 2013, en específico, si la metodología utilizada en éste respalda las conclusiones.

234. El estudio realizado por la consultora Formation utilizó un conjunto de 817 imágenes satelitales de la misión Landsat, desde el año 1984 a 2015. En base a ellas, ocupando el IAF, se cuantificaron de forma independiente las tendencias de los períodos vegetativos de humedales *"(...) ubicados en la cuenca hidrográfica del Salar de Maricunga"*. A su vez, estos resultados fueron comparados con los resultados de los indicadores hidrológicos.

235. Al describir los resultados del Informe, se señala, al hacer referencia a la "*escala regional*", la cual se indica que corresponde *a "(...) todos los humedales de la cuenca hidrográfica (...)"*, que: *"(...) las tendencias regionales en el IAF estacional demuestran la dinámica temporal de la actividad vegetacional en la escala de una cuenca hidrográfica y un ecosistema. Cada humedal en la cuenca es influenciado en forma única por cambios en la hidrología, el clima, la sequía y otros factores. Por lo tanto, las tendencias regionales entregan un punto de referencia para comparaciones cualitativas de las tendencias de cada humedal, pero no se deberían usar como benchmark o referencia absoluta para comparar valores del IAF estacionales para los humedales"*.

236. En el análisis de la escala regional se afirma que se observa un aumento general en la variabilidad que empieza el año 2001 y continua durante el año 2015 y que algunas áreas con actividad vegetacional decaída tienden a ser compensadas por áreas con más actividad vegetacional. Esto se vincula a los hallazgos de una investigación realizada en el humedal del Río

[46] El informe original fue redactado en idioma inglés, por lo tanto, esta es la versión que ha sido revisada en el presente procedimiento sancionatorio. No obstante, con el objeto de facilitar la lectura de la Resolución, cuando se incorporen citas del informe, se utilizará la versión en español.

Gallina[47]. Además, al vincular estos índices con los indicadores hidrológicos, se señala que *"(...) las tendencias negativas para los indicadores hidrológicos de la extensión lacustre corresponden a parámetros de variabilidad altas"*.

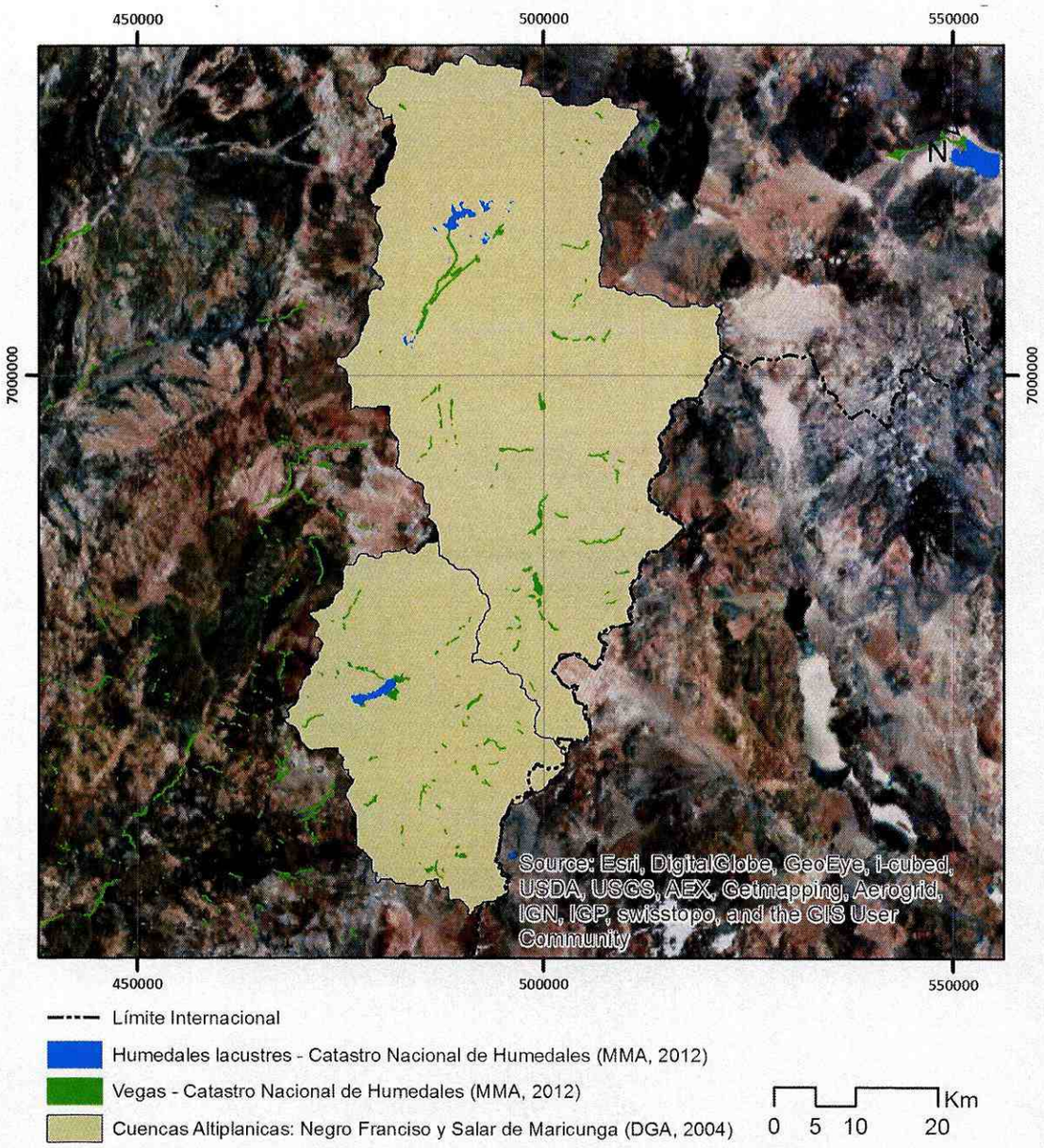
237. Al momento de analizar en forma específica el índice de vegetación de Valle Ancho (Pantanillo Ancho, según la nomenclatura del informe), se afirma que la tendencia del IAF es casi idéntica al de Barros Negros y *"(...) otros humedales del salar de Maricunga"*. Se afirma que no existe evidencia de un decaimiento sostenido en el índice de este humedal, al igual que en los otros humedales analizados. Por último, se sostiene que los hallazgos son consistentes con los hallazgos a escala regional.

238. En relación a la comparación que se realiza entre el comportamiento del humedal Valle Ancho con lo que se llama "escala regional", lo que hace la consultora Formation es utilizar este parámetro general como un valor de referencia respecto de la normalidad del comportamiento del IAF. En este sentido, ocupa este valor compuesto como un parámetro de control. Sin embargo, la adecuación de este método es sumamente cuestionable, ya que en el Informe Formation 2016 no señala explícitamente que se utiliza unidades de control, sino que sostiene que se utiliza la "tendencia regional", sin que se permita comprender claramente del informe cuáles son las unidades que se ocupan exactamente para determinar esta tendencia regional.

239. La forma más lógica de interpretar la expresión "todos los humedales de la cuenca hidrográfica", utilizada por la consultora Formation para describir lo que constituiría la escala regional, es una interpretación literal. Este parámetro, entonces, tendría que incluir efectivamente, todos los humedales de la cuenca descrita en la figura 3-1 (Cuenca "Laguna del Negro Francisco" y "Salar de Maricunga" según DGA (2004)), lo cual, según el catastro de humedales del Ministerio del Medio Ambiente, actualizado al año 2012, incluye 160 parches de vegas y 76 humedales lacustres, los cuales se muestran en la siguiente imagen:

[47] EARLE, Lisa. WARNER, Barry. ARAVENA, Ramón. Rapid development of an unusual peat-accumulating ecosystem in the Chilean Altiplano. Quaternary Research 59 (1) 2003. pp. 2-11.

Imagen N° 4: Humedales pertenecientes a la cuenca del Salar de Maricunga.



Fuente: Elaboración propia en base al catastro de humedales del Ministerio del Medio Ambiente.

240. De ser esta la interpretación correcta, en el análisis de la consultora Formation habría incluido en esta escala regional humedales que incluyen espejos de agua, lo cual no puede servir como un punto de referencia válido para comparar las tendencias de del índice de vegetación con una vega. Además se estaría incluyendo humedales que se encuentran dentro del área influenciada por la extracción hídrica desde el campo de pozos de Pantanillo u otros procesos no considerados, lo que implicaría incurrir en un error de diseño experimental, denominado pseudorreplicación, que consiste en la utilización de unidades que no son independientes entre sí respecto al tratamiento[48]. Esto último, representa un error recurrente que deriva en un mal análisis de los fenómenos: comparar con lo comparado. Cuando el error radica en el diseño o ejecución, no es posible corregir dicho error de manera manipulativa, obligando a un rediseño o re implementación.

241. Además, lo mínimo que se hubiera esperado para que el análisis realizado fuera replicable, es que se hubiera señalado la fuente desde donde se obtuvo el listado

[48] Ver: GALINDO LEAL, Carlos. Métodos cuantitativos para el manejo de la diversidad biológica. Manual. Wasai Lodge & Research Center, Center for Conservation Biology, Stanford University. Colegio de Biólogos del Perú.

de todos los humedales de la cuenca, y se hubiera incluido las coberturas geográficas utilizadas. Esto, sin embargo, no sucede.

242. Es posible también que la expresión "todos los humedales de la cuenca hidrográfica" se refiera al listado de humedales que se incluye en el Anexo B-Base de Datos del Catálogo de Imagen. En él se describen, en el punto 1) "las Vegas", dentro del cual se incluyen 9 vegas: Ciénaga Redonda; Villalobos; Villalobos 2; Barros Negros; Pantanillo Ancho; Pantanillo; Laguna del Negro Francisco; Rio de la Gallina; y SUR.

243. Respecto a esta interpretación, lo primero que cabe decir es que claramente no se ajusta a la idea de todos los humedales de la cuenca. En segundo lugar, incluye la laguna del Negro Francisco, sin explicar por qué esta laguna fue incluida como vega y no dentro de la categoría de lagunas, descrita en el punto 2) del mismo Anexo B. También se debe destacar que en este grupo se encuentran los cuatro humedales que están en la línea de influencia hídrica de la extracción de agua desde el campo de pozos, incluyendo Pantanillo y Valle Ancho, induciendo errores de pseudoreplicación en el análisis.

244. Finalmente, una tercera manera de interpretar la escala regional utilizada, es a partir de la figura 5.5, página 33 del informe. En base a esta figura se podría inferir que lo que se utiliza es una media aritmética o una media ponderada (distinción sumamente relevante, que no se aclara) de los siguientes humedales: Villalobos, Pantanillo, Pantanillo Ancho (Valle Ancho), Ciénaga Redonda y Barros Negros. Esto en atención a que el texto de la figura señala: "El IAF estacional se agregó a nivel regional para desarrollar una condición promedio general dentro de la cuenca. **Las tendencias para los humedales individuales se muestran en el gráfico de abajo**" (énfasis agregado).

245. Esto significaría, nuevamente, que la expresión todos los humedales de la cuenca hidrográfica, estaría mal utilizado, además de que una parte importante de la muestra –nada menos que cuatro de cinco de los humedales utilizados– está inserta en el corredor influenciado por la extracción de recursos hídricos desde el nivel freático, a excepción solo del humedal Villalobos.

246. Por las anteriores consideraciones, se debe rechazar el que, con la metodología ocupada, las tendencias regionales descritas puedan entregar un punto de referencia valido para comparaciones cualitativas de las tendencias de cada humedal, tal como afirma la consultora. En consecuencia, también debe rechazarse que, en base al análisis efectuado, sea correcto sostener como conclusión del estudio, que no se pueda constatar un decaimiento general de la vegetación fuera de los parámetros normales a nivel regional.

247. Otro aspecto metodológico que resulta cuestionable en el Informe Formation 2016 se refiere a que, a diferencia de lo realizado en el Informe Biota 2015, no se analiza el comportamiento por zonas del humedal Valle Ancho, sino solamente se efectúa una medición del comportamiento global del humedal. **Esto implica que no se puede apreciar del análisis realizado, cuál era la situación en el pasado de las áreas identificadas en el Informe CONAF 2015 como seca y semi seca, ni tampoco compararla con el comportamiento del área activa.**

248. El único análisis que se incluye en el Informe vinculado a este punto se relaciona con el comportamiento de los deciles más altos y más bajos de cada humedal, indicándose en términos generales que *"(...) algunas áreas con actividad vegetacional decaída (Decil <0,1) tienden a ser compensadas con áreas con más actividad vegetacional (Decil >0,9)"*. Sin embargo, esta observación no es acompañada de una comparación entre el comportamiento de los deciles en cada uno de los humedales, considerando especialmente la ubicación de cada uno en el Corredor Biológico. Simplemente se afirma que este fenómeno se daría en "algunas áreas", volviendo tan débil la referencia que no puede ser valorada.

249. Adicionalmente Formation sostiene que *"todas las áreas con menos actividad vegetacional (borde norte) son compensadas por áreas con más actividad*

vegetacional (borde sur) y esto ocurre en patrones especialmente constantes asociados con dinámicas hidrogeológicas a nivel de la superficie", citando el estudio realizado por Earle *et al.* (2003)[49], sin embargo, dicha afirmación es totalmente inconsistente con la fuente bibliográfica utilizada. El estudio citado indagó en los fenómenos de sucesión y desplazamiento del humedal Río de la Gallina en un período de 54 años. Se concluye de la observación de dicho comportamiento que el humedal estudiado habría experimentado un desplazamiento hacia el sur, esto es, en dirección contraria al drenaje de la cuenca. Se señala que, existiría evidencia de que, en el período de cincuenta años, el humedal ha migrado rio arriba y que la parte alta del humedal está mirando más rápido que la parte baja.

250. El análisis desarrollado en el estudio de Earle *et al.* (2003) no puede ser utilizado como hipótesis explicativa de la desecación del humedal Valle Ancho, ya que lo observado en dicho estudio es un fenómeno determinado por dinámicas específicas del **régimen hídrico superficial del humedal Rio Gallina, la juventud relativa del humedal y observaciones realizadas en aproximadamente 54 años**. Pero además, si quisiera utilizarse, se trataría de una hipótesis que se contrapondría de manera frontal a la evidencia reunida, ya que implicaría afirmar que en el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, existiría un avance o compensación de zonas de producción de biomasa **en dirección hacia el sur**, contrario a la dirección de drenaje del corredor, lo cual claramente no ocurre, ya que, en el caso del humedal Valle Ancho y Barros Negros, **la evidencia muestra una desecación de la zona sur del humedal la cual avanza hacia la zona norte**, es decir, completamente lo opuesto.

251. Es también necesario señalar que, el gráfico presente en la figura 5-5 del Informe Formation 2016 que resume, en gran medida, el trabajo experimental realizado, presenta la información calculada anual para el índice de área foliar **de forma normalizada por el valor máximo de cada serie**, situación que se repite en todos los gráficos siguientes. Ello conlleva una pérdida de información relevante para estimar la magnitud del vigor representativo anual, ya que se comparan series que han sido normalizadas en años distintos, lo que hace imposible generar interpretaciones comparativas entre series. Esto, en rigor, solo permite establecer una mirada parcial de la información generada, que solo es útil para comparar el comportamiento de una serie respecto a si misma, pero no respecto a otra.

252. En relación a la utilización de fluctuaciones históricas de áreas lacustres como variable explicativa, la consultora Formation indica que *"[s]e han usado fluctuaciones históricas de áreas lacustres en varios estudios del ecosistema de la Cordillera de los Andes como indicadores de la dinámica de la hidrología, que han ayudado a comprender mejor los rangos históricos de variabilidad del balance hídrico donde existen muy pocos datos, o no instrumentales, de estaciones meteorológicas"*. En particular, se afirma por la consultora que es pertinente el uso de las fluctuaciones en base a lo descrito por Carilla et al. (2013), en este se utilizó un grupo suficientemente grande de cuerpos de agua de distintas cuencas en el altiplano tropical, cercanos al trópico de capricornio, donde el régimen de aportes es esencialmente líquido. Pese a lo anterior, es decir, asumiendo que esa diferencia no es relevante, se observa que este indicador se elaboró para estimar la fluctuación del régimen de precipitaciones ante la ausencia de información directa.

253. Al respecto, el documento "Antecedentes Climáticos III Región de Atacama", enmarcado en el estudio "Caracterización de Humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país" elaborado por el Centro de Información de Recursos Naturales[50], señala como representativa de la zona estudio la estación meteorológica de Pastos Grandes (Lat -27,1 Long -69,55), la cual cuenta con datos directos de precipitación desde el año 1967, además estos datos son públicos a través del portal *"Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea"*. De este modo la elección de este método no parece completamente justificada, toda vez que es un método inferencial indirecto. Por lo demás, es necesario justificar la pertinencia del uso de los lagos Negro Francisco y Laguna Verde (ubicada en Argentina) y no, por ejemplo, Laguna Verde o Laguna Santa Rosa.

---

[49] Ver: EARLE, el. all. Op. cit.

[50] Informe Centro de Información de Recursos Naturales. Caracterización de Humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país (2013) [en línea] <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6467/CIREN-HUMED037.pdf>.

254. Adicionalmente, cabe señalar que el aporte hídrico al Corredor Pantanillo-Ciénaga Redonda proviene de aguas no relacionadas con cuerpos de agua como lagos, lagunas o embalse, donde la evaporación producto de la radiación solar participa de manera significativa en la reducción del tamaño de los espejos de agua observados por el Informe Formation 2016, especialmente en años de sequía, así, sería necesario el impacto del coeficiente de evaporación en el balance hídrico de dichos cuerpos de agua para poder realizar inferencias que recojan la complejidad de la cuenca que alimenta los humedales.

255. Otro aspecto que es abordado por el Informe Formation 2016 es la revisión de la metodología utilizada en el Informe SAG 2013. Sobre este punto se hacen un conjunto de críticas por la consultora, partiendo por la utilización de una imagen satelital por año, en vez de la utilización de todas aquellas imágenes disponibles en el año calendario. En el Informe Formation 2016 se utilizan 817 escenas del Programa Landsat para 28 años de evaluación, recurriendo a imágenes de todas las etapas de ciclo fenológico anual. Este método es correcto, pero no le quita validez al método de etapas representativas del ciclo fenológico, como el utilizado por el Informe SAG 2013. Este último método examina diferencias entre tendencias, ya que el uso de una imagen representativa del momento de mayor producción de biomasa muestra la mejor etapa para encontrar diferencias en el desarrollo de los individuos vegetales que componen las unidades estudiadas y los respectivos controles. De hecho este método es el mismo que es utilizado en el Informe Biota 2015, presentado por la propia empresa en sus descargos.

256. Adicionalmente, el Informe elaborado por la consultora Formation critica la utilización del índice NDWI en el Informe SAG 2013, señalando que no se trata de un índice que sea apropiado, por sí sólo, para evaluar las dinámicas de la vegetación. Respecto a esta crítica, es necesario señalar que más adelante en la presente Resolución se desarrollará un análisis similar a aquel realizado en el Informe SAG 2013, pero extendido en el tiempo, desde el año 1985, y utilizando el índice de vegetación SAVI, el cual no se encuentra sujeto a las mismas objeciones planteadas por la consultora Formation. Este análisis permitirá confirmar y complementar las conclusiones a las que llegó el Informe elaborado por el SAG.

257. En definitiva, las conclusiones expuestas en el Informe Formation 2016 respecto a la normalidad del comportamiento de la vegetación de los humedales del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, no pueden ser estimadas como válidas en la medida en que no se basan en la comparación del área afectada con un área no expuesta a las variaciones anormales analizadas. Adicionalmente, el informe no realiza un trabajo de análisis por zonas del humedal Valle Ancho, el cual pueda dar luces respecto a la variabilidad en el tiempo de las zonas que han sido identificadas en el Informe CONAF 2015 como secas o semi secas.

258. Para poder subsanar estas deficiencias y poder contar con antecedentes de comparación entre los diferentes sectores del humedal Valle Ancho, así como entre el comportamiento de este humedal con otros humedales desconectados de su régimen de alimentación hídrica, se realizará una revisión de la información con que se cuenta sobre los humedales de control. Luego, se hará una revisión del índice de vegetación SAVI de las imágenes satelitales utilizadas en el Informe Biota 2015, de modo de poder comparar las diferentes áreas del humedal entre sí y con el comportamiento de otros humedales de control.

iii. Humedales de control

259. CMM ha manifestado en sus descargos que el comportamiento de la superficie vegetal del humedal Valle Ancho se ajusta a una tendencia general de toda el área, incluso de aquella que no está influenciada por la actividad del proyecto. Para realizar esta afirmación se basa en el Informe Biota 2015, el cual a su vez, utiliza dos humedales de control. Este argumento es nuevamente levantado por la empresa, en su escrito de fecha 18 de febrero de 2016, en el cual se acompañó el Informe Formation 2016, aunque incluyendo algunas diferencias respecto a su planteamiento original. Como se ha señalado en forma previa, este último informe no utiliza humedales

de control propiamente tal, sino que utiliza lo que llama "escala regional", la cual está sujeta a todas las deficiencias metodológicas que ya han sido desarrolladas, las que impiden utilizarla para un análisis comparativo.

260. Los humedales de control o de referencia se refieren a humedales ubicados en sectores cercanos o incluso dentro del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, pero que cuentan con una recarga hídrica desconectada del acuífero al cual pertenecen los humedales Pantanillo y Valle Ancho. Debido a que tienen una recarga diferente, estos humedales no pueden ser afectados por un agente causal local del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, sin embargo, al estar dentro del mismo sector, sí se encuentran sometidos a las otras variables climáticas del área. Esto los convierte en antecedentes de referencia especialmente relevantes, para aislar cualquier agente causal local y, de este modo, poder evaluar su efectiva incidencia.

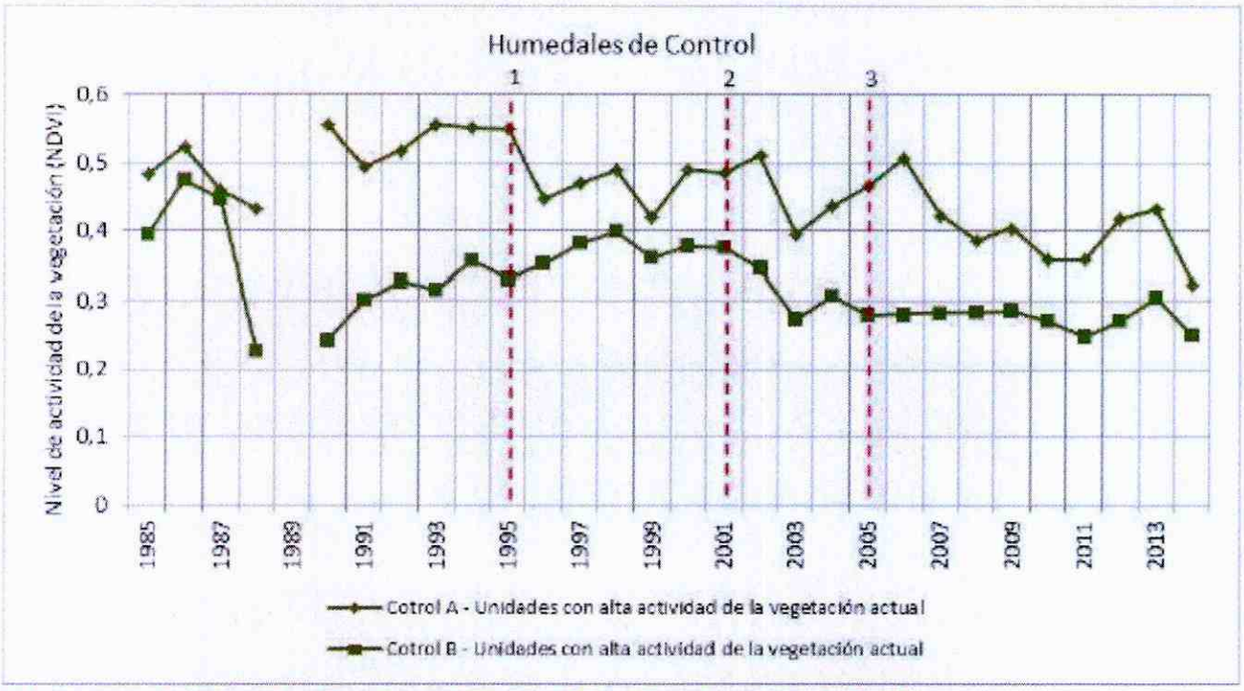
261. A continuación se hará una descripción de los humedales de control que se han tenido a la vista, comenzando por aquellos que han sido presentados por CMM a través del Informe Biota 2015, siguiendo por el humedal ubicado en la Quebrada Villalobos y concluyendo con un conjunto de tres humedales, los cuales fueron propuestos por la propia empresa en el año 2012.

a. Humedales de control propuestos en el Informe Biota 2015

262. En el Informe Biota 2015, se incorpora un análisis multitemporal para evaluar la posible existencia de procesos de desecamiento a macroescala que pudiesen estar influyendo en el estado actual de los humedales del área de estudio. Para realizar dicho análisis, se señala que se seleccionaron dos puntos de control, denominados "Humedal de Control A" y "Humedal de Control B", de un total de 7 puntos referenciales, los cuales presentarían características similares a los humedales presentes en el área de estudio en términos de tamaño, posición en la cuenca hidrográfica y régimen de alimentación hídrica. La única descripción geográfica que se entrega de dichos humedales de control es la Figura N° 5 del informe.

263. Como observación respecto del comportamiento del índice NDVI de los humedales de control A y B, se señala que estos *"(...) muestran un descenso en los valores NDVI en los últimos 10 años"*. El gráfico con los resultados que se expone es el acompañado como gráfico 6 del Informe:

Figura N° 6: Variación histórica de los valores NDVI registrados en los puntos de control A y B del Informe Biota 2015.



Nota: 1= inicio de los bombeos de agua, 2= detención del bombeo, 3 = reinicio del bombeo.
El año 1989 no se consideró en esta serie temporal por no contar con imágenes satelitales adecuadas para el análisis.

Fuente: Informe Biota 2015, Grafico 6.

264. La Consultora Biota no entrega mayor información sobre por qué se seleccionaron aquellos dos humedales de control, descartando los cinco restantes que se afirma se tenían disponibles. La necesidad de esta justificación se ve reforzada por el hecho de que, en el caso del humedal de Control A, se encuentra ubicado a una distancia de 43.47 km de distancia del humedal Valle Ancho, tiene una diferencia de altitud cercana a los 1000 metros, además de que se alimenta de cursos de agua superficiales. Estas diferencias en conjunto, hacen esperable que el comportamiento de la vegetación en este humedal comparado con aquellos ubicados en el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda sea muy diferente, lo que no permite utilizarlo como humedal de control.

265. Adicionalmente, lo que más llama la atención es la interpretación de los datos que realiza la consultora. De esta interpretación se extraen dos conclusiones: primero, que los datos mostrarían un descenso en los índices de NDVI en los últimos 10 años; y, segundo, que ellos evidenciarían un fenómeno de desecación a macro escala.

266. La primera de dichas afirmaciones se realiza sin dar cuenta de los números que implicaría ese supuesto descenso. Tampoco se realiza una comparación entre los números de ese descenso y las bajas en el índice NDVI de los humedales Pantanillo y Valle Ancho. De hecho, si se observa el Gráfico N°6 del Informe Biota 2015, en el caso del Humedal de Control B, desde el inicio del proyecto en el año 1995 se registra un descenso del índice NDVI el cual es estimable, con un análisis visual, en menos de una décima. **Este descenso se da principalmente entre los años año 2013 y el año 2014, ya que al año 2013 el índice NDVI se encuentra muy próximo al valor del año 1995, es decir, sin ningún descenso acumulado en todo el período. En el período cubierto por los últimos 10 años también exhibe un índice NDVI estable. En el caso del humedal de control A, efectivamente existe una curva de descenso, pero este humedal es justamente el que plantea más problemas de fundamentación, por las razones que ya han sido expuestas.**

267. La segunda observación que se realiza, esto es, que los descensos en los índices NDVI darían cuenta de un proceso de desecación a macro escala, tampoco cuenta con un fundamento claro. Menos aun considerando que para sostener aquello se toma como prueba el

que ***"(...) existe una gran cantidad de humedales que ocupan posiciones laterales en las cuencas hidrográficas y que no presenta problemas de desecamiento o disminución en sus valores de NDVI"*** (énfasis agregado). **Esta deducción resulta completamente injustificada, ya que no se explica cómo de la existencia de una *gran cantidad* de humedales que no se encuentran afectados, se podría extraer que existe un fenómeno de desecación. La deducción lógica de esta afirmación es, en efecto, la inversa.**

268. Menos comprensible aún resulta el que, existiendo *una gran cantidad de humedales* en el sector, respecto de los cuales la consultora Biota además analizó la variación de su índice NDVI, ellos no formen parte del Informe acompañado y en vez de ello sí lo haga el Humedal del Control A.

b. Humedal de la Quebrada Villalobos

269. Una vega que debe ser considerada para efectos de la comparación con el área influenciada por la extracción de los pozos RA-1 y RA-2 corresponde el humedal ubicado en la Quebrada Villalobos, colindante al sector sur oeste del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda. Este humedal comprende una superficie total de 45,5 hectáreas, dividido en dos sectores: una parte baja de la cuenca en el sentido oeste-este (Zona 1); y otra ubicada en la parte media de la cuenca, en el sentido norte-sur (Zona 2). Este humedal depende de la subcuenca definida por la Quebrada Villalobos, la cual nace en el volcán Copiapó, que pertenece a la cuenca del Salar de Maricunga, pero que no se encuentra sometido a las presiones dadas las extracciones realizadas por CMM. Su cercanía y superficie lo hacen especialmente idóneo para utilizarlo como humedal de control.

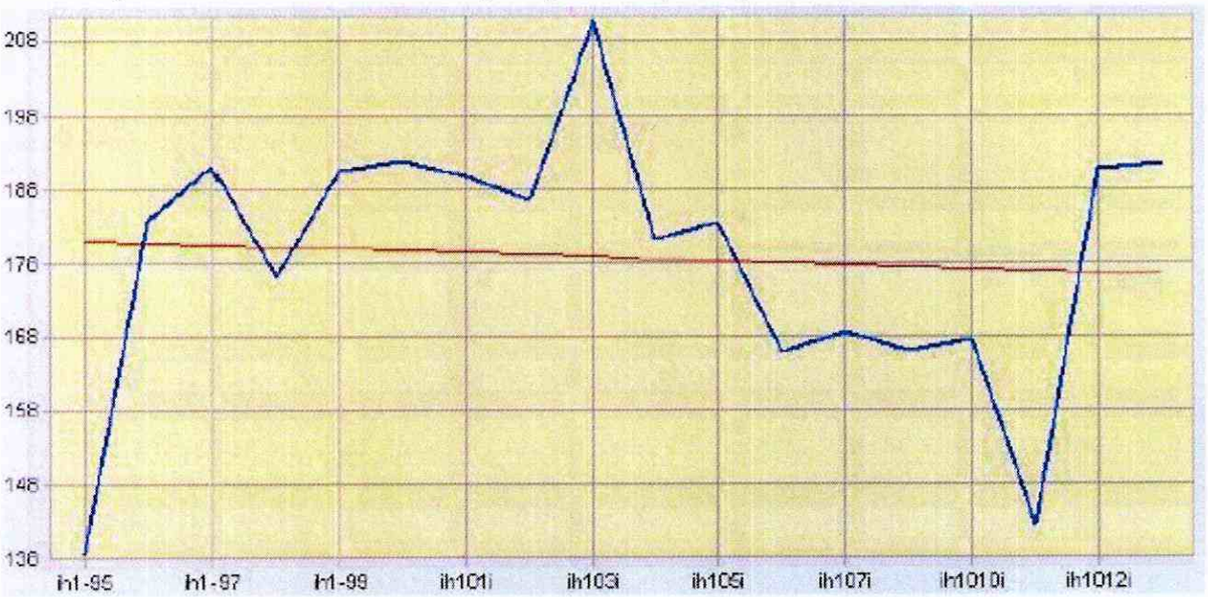
270. Mediante Res. Ex. N° 7/Rol D-14-2015, de 24 de julio de 2015, se decidió incorporar al expediente sancionatorio el documento denominado "Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada Villalobos, altiplano Región de Atacama, ID: 612-11-LE14", de noviembre de 2014, elaborado por la División de Protección de los Recursos Naturales Renovables del SAG Central, el cual se encuentra disponible con acceso libre en la página web del SAG[51]. Dicho informe resulta de relevancia en atención a que plantea como objetivo el analizar la tendencia de la condición hídrica de la vegetación del humedal, desde el año 1995 al año 2014, utilizando para ello el análisis de imágenes satelitales anuales.

271. En el Informe SAG Villalobos 2014, se analiza la tendencia de la condición hídrica de la vegetación y el estado del humedal Quebrada Villalobos, desde el año 1995 al año 2014, a través de la aplicación del índice espectral NDWI, modificado como índice de humedad de la vegetación IHUMV, en concordancia con la metodología y resultados obtenidos en el Informe SAG 2013. En base a ello se determinó y analizó la tendencia de la serie, complementándose con un análisis de cambios entre el año 2001 y 2012, como años críticos de tendencia del humedal.

272. Los resultados indican que la Zona 1 del humedal presenta una leve tendencia a disminuir desde un valor de índice IHUMV 180 a 177, pero que no es significativa; valores que al mismo tiempo son superiores al promedio del rango histórico del humedal en ésta zona que se encuentra entre 133 y 210. Lo anterior indica que es una zona que se ha mantenido estable del año 1995 a la fecha, tal como muestra la siguiente figura:

[51] Ver: Informe SAG 2014.

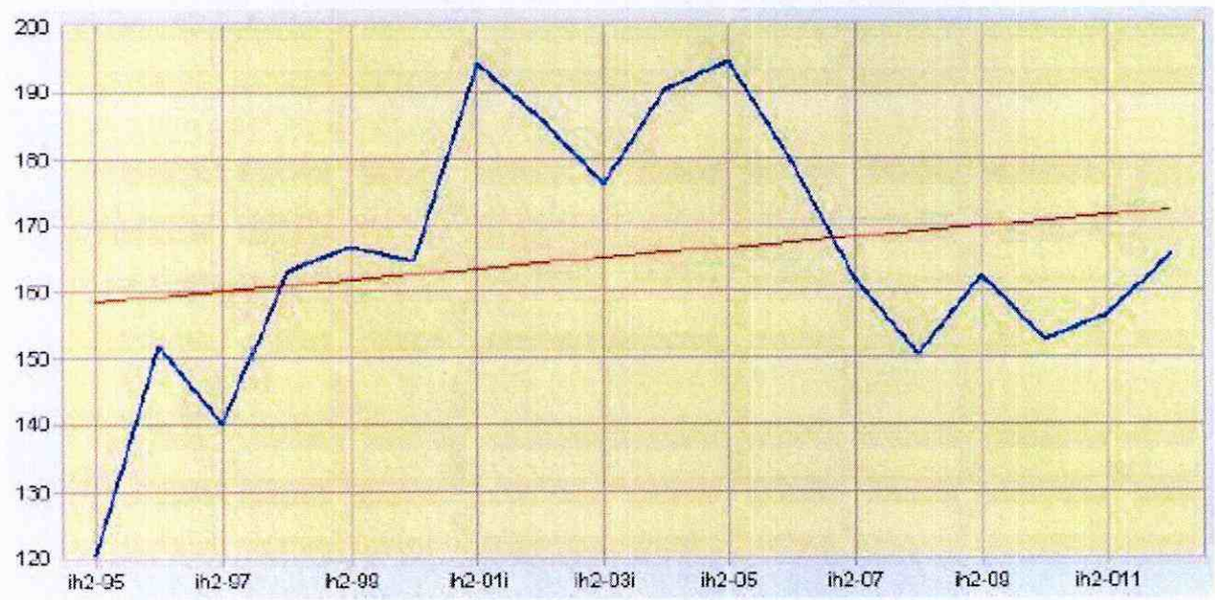
Figura N° 7: Perfil de tendencia del vigor vegetacional (IHUMV) en la Zona 1 del humedal Villalobos.



Fuente: Informe SAG Villalobos 2014, Figura N° 35.

273. En el caso de la Zona 2 del humedal, se afirma que el año 1995 es el de menor vigor, recuperándose en los años siguientes hasta el año 2001, fecha en la cual alcanza su mayor vigor promedio, al igual que el año 2005, fecha en que comienza disminuir hasta el año 2012. Se indica que la tendencia lineal es positiva en la serie de años estudiados. La figura N° 36 del informe muestra la tendencia:

Figura N° 8 Perfil de tendencia del vigor vegetacional (IHUMV) en la Zona 2 del humedal Villalobos.



Fuente: Informe SAG Villalobos 2014, Figura N° 36.

274. Tomando en cuenta lo anterior, en el Informe se concluye que *"[l]os resultados indican que la zona 1* [sic] *no existen superficies significativas de cambios con pérdida de vegetación, mientras que la zona 2 tiene una pequeña superficie en la parte media del humedal (...)"*. Más adelante se indica que: *"(...) se puede señalar que la tendencia del comportamiento vegetacional obtenida mediante análisis multitemporal del índice IHUMV desde 1995 a 2013, indica que la Zona 1 tiene una tendencia estable, dentro de una variación que depende de la propia variación de los caudales de agua. La Zona 2 tiene una tendencia a aumentar, pero con una gradiente moderada (...). Los cambios en la superficie de la vegetación indican una pérdida de vegetación entre el año 2001 y el año*

2012 poco significativa en ambas zonas, que es de 0,1 hectáreas en la zona 1 y 0,075 hectáreas en la zona 2".

275. Mediante Res. Ex. N° 11/D-14-2015 de esta Superintendencia se resolvió oficiar al Servicio Agrícola y Ganadero para que, dentro de otros aspectos, comparara los resultados presentados en el Informe SAG 2013 con aquellos presentados en el Informe SAG Villalobos 2014, de modo de extraer conclusiones a partir de dicha comparación, en especial respecto a la tendencia histórica de la actividad en ambas zonas de estudio.

276. La respuesta al oficio fue remitida por el SAG mediante Of. Ord. N° 5869/2015, de 24 de noviembre de 2015. En su respuesta, sin embargo, el SAG acotó el análisis comparativo sólo al período de los años 2013-2014. Respecto de este período se indica que, mientras que en el caso del humedal Valle Ancho (Barros Negros en la nomenclatura del informe SAG) se produce una *"(...) notoria disminución en la cantidad de superficie con vegetación para toda el área de estudio, siendo este decrecimiento del orden de 40,6 ha y que corresponde a la misma magnitud de aumento de superficie para el componente vegetación seca o sin presencia de vegetación"*, en el caso del sector de la vega Villalobos *"(...) el aumento de discriminación de vegetación seca por cambio de imagen para el año 2014, representa sólo el 1% respeto del total del humedal descrito en este mismo año, en tanto que para la vegetación de ecotono o de transición el porcentaje de participación de este tipo de vegetación representa el 5,3% del humedal"*.

277. En base a lo anterior, el Of. Ord. N° 5869/2015 del SAG concluye que: *"(...) se puede afirmar que el comportamiento de la vegetación en ambos sectores difiere de manera significativa, es así que, para el sector de Barros Negros la tasa de desecamiento se encuentra en un 40% en el período de un año, mientras que el sector* [sic] *de Quebrada Villalobos este valor se puede estimar en un 1% y que metodológicamente puede ser atribuible al cambio de resolución espacial de imágenes"*. Agrega que: *"[e]stos resultados evidencian que la influencia del clima no es un factor relevante para el comportamiento de la vegetación tomando como área testigo el humedal de Quebrada de Villalobos, el que actualmente no se encuentra sometido a extracciones de agua, por lo tanto la disminución de la vegetación activa en el sector del corredor biológico debe ser atribuible a factores externos al sistema"*.

278. El oficio de respuesta del SAG fue incorporado al expediente sancionatorio mediante Res. Ex. N° 13/D-14-2015, de 26 de noviembre de 2015, siendo notificada ese mismo día en forma personal. En dicha resolución se confirió a CMM un plazo de 6 días hábiles para que la empresa expusiera cualquier observación sobre la respuesta del SAG. Mediante Res. La empresa, mediante presentación de fecha 4 de diciembre de 2015, solicitud la ampliación del plazo concedido, solicitud que fue acogida mediante Res. Ex. N° 16/D-14-2015 de esta Superintendencia, resolviéndose dar un nuevo plazo a CMM, esta vez de 4 días hábiles.

279. Encontrándose dentro de plazo, con fecha 18 de diciembre de 2015, CMM evacuó el traslado conferido realizando un conjunto de observaciones, tanto respecto de la utilización del humedal Villalobos como humedal de control, como respecto del análisis comparativo efectuado por el SAG. Estas observaciones son complementadas por un informe elaborado por la consultora Biota y otro elaborado por la consultora Hidromas. A continuación, se pasará a resumir las observaciones planteadas por la empresa.

280. Respecto a la utilización de la Quebrada Villalobos como un punto de referencia o humedal patrón para compararlo con el sector influenciado por la actividad del proyecto, indica que el humedal Villalobos y el humedal Barros Negros (Valle Ancho, en la nomenclatura de la presente Resolución) no se tratarían de humedales técnicamente comparables, lo anterior debido a que ellos tendrían hidrodinámicas diferentes. Se afirma que el humedal Villalobos no sería sensible a la cantidad de precipitaciones en la zona, ya que dicho humedal no responde a episodios de restricciones de agua ni de excesos de agua. Además, se indica que el humedal Villalobos tendría un requerimiento de agua muy bajo, por lo que en general tendría un exceso de agua.

281. En relación a la metodología utilizada por el SAG para realizar el análisis comparativo, se afirma que las imágenes satelitales utilizadas por dicho Servicio no son técnicamente comparables, dado que provienen de distintos sensores los que presentan diversas resoluciones espaciales y espectrales. Asimismo, se indica que en el oficio del SAG no se indica que haya existido una normalización de las imágenes, proceso que es técnicamente imprescindible. Se señala también que las imágenes satelitales comparadas representan períodos distintos, ya que las imágenes utilizadas son de los meses de abril de 2013 y febrero de 2014, existiendo una diferencia de un mes entre ambas.

282. Por último, CMM sostiene que el humedal ubicado en la Quebrada Villalobos está conformado por comunidades de "Vega" y "Bofedal", y en la sección aguas abajo tiene una sección "Bofedal". Se señala que *"[a]lgunas de estas comunidades y sectores específicos del humedal responden de manera directa a las condiciones climáticas (disponibilidad de agua), mientras que otros no lo hacen de igual forma"*, razón por la cual, afirma que *"para poder conocer el efecto de la disponibilidad de agua sobre la evolución de este humedal es necesario analizar más que sólo un par de años aislados como se realiza en SAG (2015) y disponer de información sobre sectores específicos de éste"*.

283. En relación a las anteriores observaciones, es necesario indicar que será muy difícil encontrar un humedal de control que reúna las mismas condiciones del humedal que se quiere comparar. Por ello, es esperable que entre los humedales a ser comparados existan diferencias que hagan que el análisis pueda tener un margen de error. Lo importante, en consecuencia, es que la diferencia no sea tan amplia y que, de este modo, se reduzca el margen de error al mínimo. En este sentido, resulta de especial relevancia la cercanía que el humedal de referencia tenga con aquel que se busca comparar, ya que esta cercanía geográfica asegurará, en parte, que las condiciones climáticas tenderán a afectar a ambos de manera similar.

284. También será relevante, tal como indica CMM, el período de tiempo de comparación. En este sentido, CMM ha indicado que el humedal ubicado en la Quebrada Villalobos no respondería de igual manera a las variaciones climáticas que el humedal Barros Negros Sur y que, por ello, *"(...) para poder conocer el efecto de la disponibilidad de agua sobre la evolución de este humedal es necesario analizar más que sólo un par de años aislados como se realiza en SAG (2015) y disponer de información sobre sectores específicos de éste"*. Sin embargo, el análisis realizado más arriba no se limita al Oficio del SAG, sino que compara los análisis realizados en los informes SAG 2013 y SAG Villalobos 2014, los cuales comparten un período extenso en común, el cual va desde el año 1995 hasta el año 2013. A pesar de ello, como se verá más adelante, esta Superintendencia realizó el ejercicio de analizar ambos humedales con una metodología levemente diferente (se utilizó el índice SAVI, el cual, como se indicó, no está sujeto a las objeciones planteadas por la consultora Formation), extendiendo el período de tiempo analizado. Por tanto, se entiende que la observación de CMM se encuentra subsanada.

285. En definitiva, los antecedentes que han sido expuestos en relación al humedal ubicado en la Quebrada Villalobos pueden ser utilizados como un indicio en el análisis sobre el comportamiento general del sector. Con el objeto de complementar esta evidencia y reducir el margen de error de la comparación, se desarrollará en el capítulo siguiente un análisis de un conjunto de tres humedales que también se ubican en el sector del Corredor Biológico. Estos humedales fueron propuestos en su momento por la propia empresa como humedales de control. El análisis del conjunto de estos tres humedales, más el del humedal ubicado en la Quebrada Villalobos –extendido en el tiempo, tal como lo sugirió la empresa– permitirá tener un conjunto mayor de referencia.

c. Humedales de control propuestos por CMM en el año 2012

286. CMM presentó a la Directora del Servicio de Evaluación Ambiental de Atacama, con fecha 16 de noviembre de 2012, un documento titulado "Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo". El plan referido fue presentado con motivo de los monitoreos realizados por la empresa. El documento incluye un Plan de Recuperación de la vega

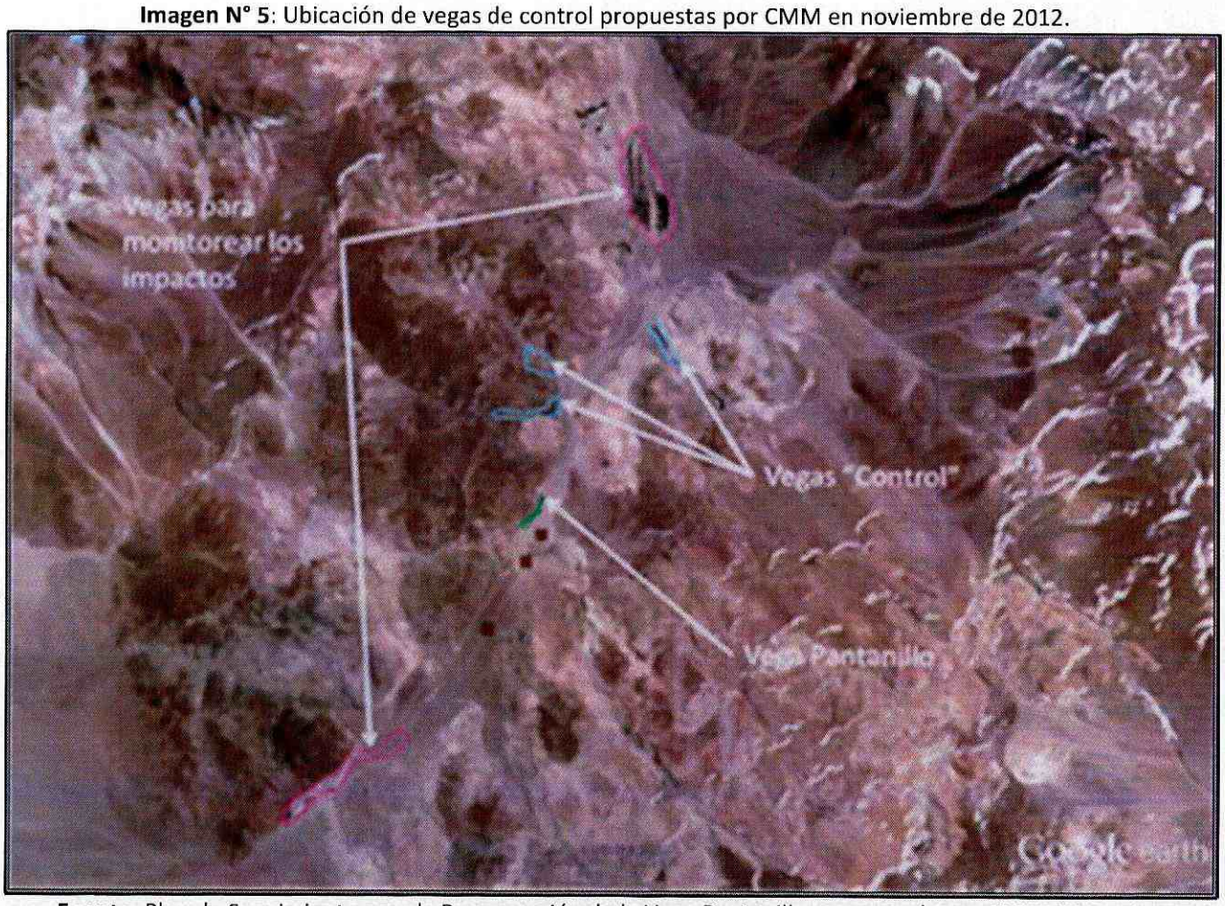
Pantanillo, el cual contiene a su vez un conjunto de medidas, dentro de las cuales se encuentran medidas de seguimiento.

287. En el punto 2.7 del documento, titulado "Programa de seguimiento de las vegas de la zona", se indica lo siguiente:

> *"Se realizará un monitoreo conjuntamente con personal de la CONAF para determinar la salud ecológica de las vegas en la zona (entre las que se incluye, Pantanillo, la vega al sur a lo largo del Río Astaburuaga, al igual que la siguiente vega al norte aguas abajo en la Quebrada Ciénaga Redonda), y para asegurar que estos hábitats no sean impactados por el bombeo de CMM.*
>
> ***El monitoreo también incluirá una o más vegas de "control" fuera del área de influencia del bombeo de CMM para determinar el nivel de impacto natural por cambios climáticos y otros factores. La sugerencia de CMM para estas vegas de "control", son las 3 vegas que aparecen señaladas en color celeste en la figura 3. Dichas vegas están en la cercanía de la vega Pantanillo, pero están localizadas en el sistema de drenaje para Ciénega Redonda, están a mayor altura y son alimentadas por drenajes aguas arriba, por lo tanto, están hidráulicamente desconectadas del acuífero aluvial que alimenta la vega al norte de Ciénega Redonda y la Vega Pantanillo"*** (énfasis agregado).

288. Las vegas de control indicadas son descritas en el mapa acompañado como Figura 3 del Plan:

Imagen N° 5: Ubicación de vegas de control propuestas por CMM en noviembre de 2012.

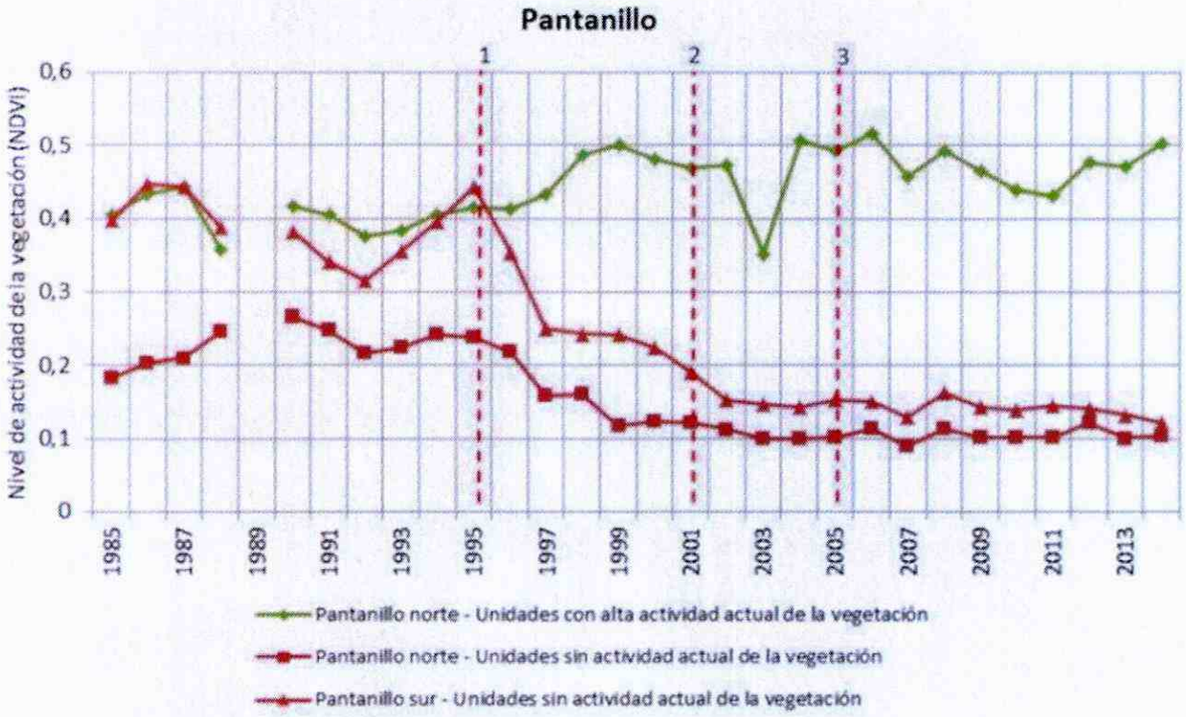


Fuente: Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo, presentado por CMM, Figura 3.

289. Respecto al comportamiento de la actividad vegetacional de estos humedales, lo primero que es necesario indicar es que uno de ellos coincide con el humedal identificado como parte de "Pantanillo Norte" en el Informe Biota 2015. En el Grafico N° 1 del Informe Biota 2015, titulado *"Variación histórica de los valores del NDVI registrados en las unidades según el nivel de actividad actual de la vegetación, humedal de Pantanillo, región de Atacama, Mayo 2015"*, se

registra la tendencia histórica del índice NDVI entre los años 1985 a 2013. Como se puede apreciar de dicho gráfico, el índice NDVI tiene una clara tendencia al alza.

Figura N° 9: Variación histórica de los valores del NDVI registrados en las unidades según el nivel de actividad actual de la vegetación, humedal de Pantanillo, Región de Atacama, Mayo 2015.



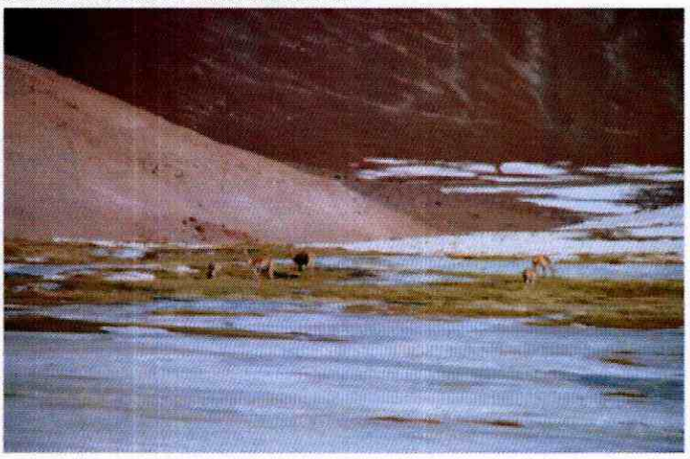
Fuente: Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo, presentado por CMM, Figura 3.

290. Llama la atención que, a pesar de que el humedal identificado como Pantanillo Norte en el Informe Biota 2015, fue propuesto por CMM el año 2012 como humedal de control, y habiendo sido analizado por la consultora de manera específica, esta no lo haya incluido como humedal de control y en vez se haya optado por el humedal de control A, el cual se encuentra significativamente lejos de área.

291. El humedal Pantanillo Norte fue visitado durante la diligencia de inspección personal al Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, realizada el 26 de junio de 2015. En dicha oportunidad, el mismo humedal fue identificado como vega "La Dormida". Respecto de él se constató que se encontraba en estado de receso estacional, observándose ejemplares de Vicuña alimentándose, lo que consta en las siguientes fotografías.

Fotografías N° 6 y N° 7: Humedal la Dormida o Pantanillo Norte.





Fuente: Anexo 1, Acta Inspección Personal del 26 de junio de 2015. Fotografías de estación N° 5.

292. En definitiva, en lo que dice relación con los humedales de control, en el procedimiento sancionatorio se han aludido seis humedales que podrían cumplir esta función. Dos de ellos han sido propuestos por la consultora Biota, sin embargo, no se entregaron mayores fundamentos respecto a la elección de dichos humedales por sobre otros. Adicionalmente, al menos el humedal de control A, presenta serias deficiencias para que pueda ser utilizado como humedal de control. El humedal de control B, por otro lado, no muestra una clara tendencia general a desecarse.

293. El tercero, humedal Villalobos, ha sido cuestionado por CMM como un humedal que permita realizar una comparación adecuada, a pesar de que el propio Informe Formation 2016 lo utiliza. Como se ha señalado, estas observaciones no impiden que pueda ser utilizado como referencia, aunque sí es importante tener en cuenta que existirán necesariamente algunas diferencias propias de las características particulares de cada humedal. El informe Villalobos 2014 muestra que este humedal ha tendido a mantener su índice de actividad vegetal (IHUMV).

294. Los otros tres humedales, han sido aquellos que en su momento fueron propuestos por la propia empresa como humedales de control. Sobre ellos, se ha reunido poca información en el procedimiento sancionatorio, salvo sobre uno de ellos, el cual fue revisado en el Informe Biota 2015, dando cuenta de una tendencia general al alza de su índice NDVI.

295. Como una manera de complementar la información disponible sobre los humedales de control, principalmente los tres humedales que fueron propuestos por CMM en el año 2012, además de poder comparar su comportamiento en el tiempo con el comportamiento de la vegetación del humedal Valle Ancho, se incluirá en el capítulo siguiente una revisión de sus índices SAVI.

iv. Análisis del índice de vegetación SAVI en el Humedal Valle Ancho y comparación con otros humedales

296. Considerando las observaciones planteadas por la empresa y la consultora Formation 2016, respecto del Informe SAG 2013, y con el objeto de subsanar aspectos metodológicos, y así confirmar la interpretación que de éste se deduce, se realizaron análisis complementarios por parte de esta Superintendencia. También mediante técnicas de percepción remota se evaluó el comportamiento multitemporal del vigor de la vegetación del humedal Valle Ancho y los adyacentes, basado en el análisis del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI)[52], identificando las tendencias generales y particulares, los momentos en que ocurren cambios y detectando procesos de recuperación y degradación. El período de tiempo considerado para este análisis fue de 31 años, esto es, entre 1985 y 2015.

297. Los aspectos metodológicos aplicados para el análisis multitemporal, así como los recursos utilizados y los distintos tipos de corrección que este tipo de análisis requieren, se describen en el Anexo N° 1 de esta Resolución, el que también incluye los resultados tabulados, lo que permite su trazabilidad y por lo tanto su replicabilidad. Junto con lo anterior, es necesario señalar que los análisis se realizaron respecto del humedal Valle Ancho, tres humedales de control y otros humedales que fueron considerados como referencia, como el humedal Villalobos y humedal Pantanillo, cuya selección se mencionará más adelante.

298. Al respecto, para la selección de los humedales de control se consideró la propuesta realizada por la propia empresa en el año 2012, en el documento "Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo". Estos humedales cumplen con las siguientes condiciones: (i) están alimentados por acuíferos laterales independientes al principal; (ii) se localizan a

[52] Cabe señalar que este índice pertenece a una familia de índices destinados a contrastar la actividad de la vegetación, sin embargo, se optó por el uso de SAVI, en lugar de otros índices como el NDVI, por ser un indicador que busca minimizar el efecto de las variaciones en las propiedades ópticas del suelo en la respuesta espectral de la capa vegetacional[52], sobre todo donde la porción de suelo descubierto es relevante en el área de estudio (superficie de categoría Seca, en este caso). Gracias a este índice se adiciona un factor de corrección "L" que neutraliza las variaciones observadas producto del sustrato.

altitudes semejantes al humedal Valle Ancho; (iii) son cercanos e incluso contiguos al acuífero principal; y (iv) no tienen régimen de alimentación glacial, que alimenta la vega al norte de Ciénaga Redonda y la Vega Pantanillo.

299. Luego, el humedal Valle Ancho se subdividió en distintas zonas, de acuerdo a dos criterios: (i) de fragmentación (Zona Norte, Zona Oeste y Zona Sur); y (ii) según estado de vegetación, de acuerdo a la clasificación descrita en el Informe CONAF 2015, que distingue entre zonas secas, activas y semi-secas. Una imagen digital de todas estas subdivisiones se muestra más adelante en las Imágenes N° 6 y N° 7.

300. Las series temporales se construyeron a partir de los índices SAVI promedio, obtenidos a través de 35 imágenes satelitales, para observar un período de 31 años. Se utilizaron imágenes satelitales correspondientes a los primeros días del mes de febrero de cada año, o en su defecto, a la fecha más cercana que contara con una imagen de buena calidad, sin nubosidad y sin anomalías de bandeo[53], minimizando con ello las variaciones del vigor asociadas al ciclo fenológico anual de la vegetación.

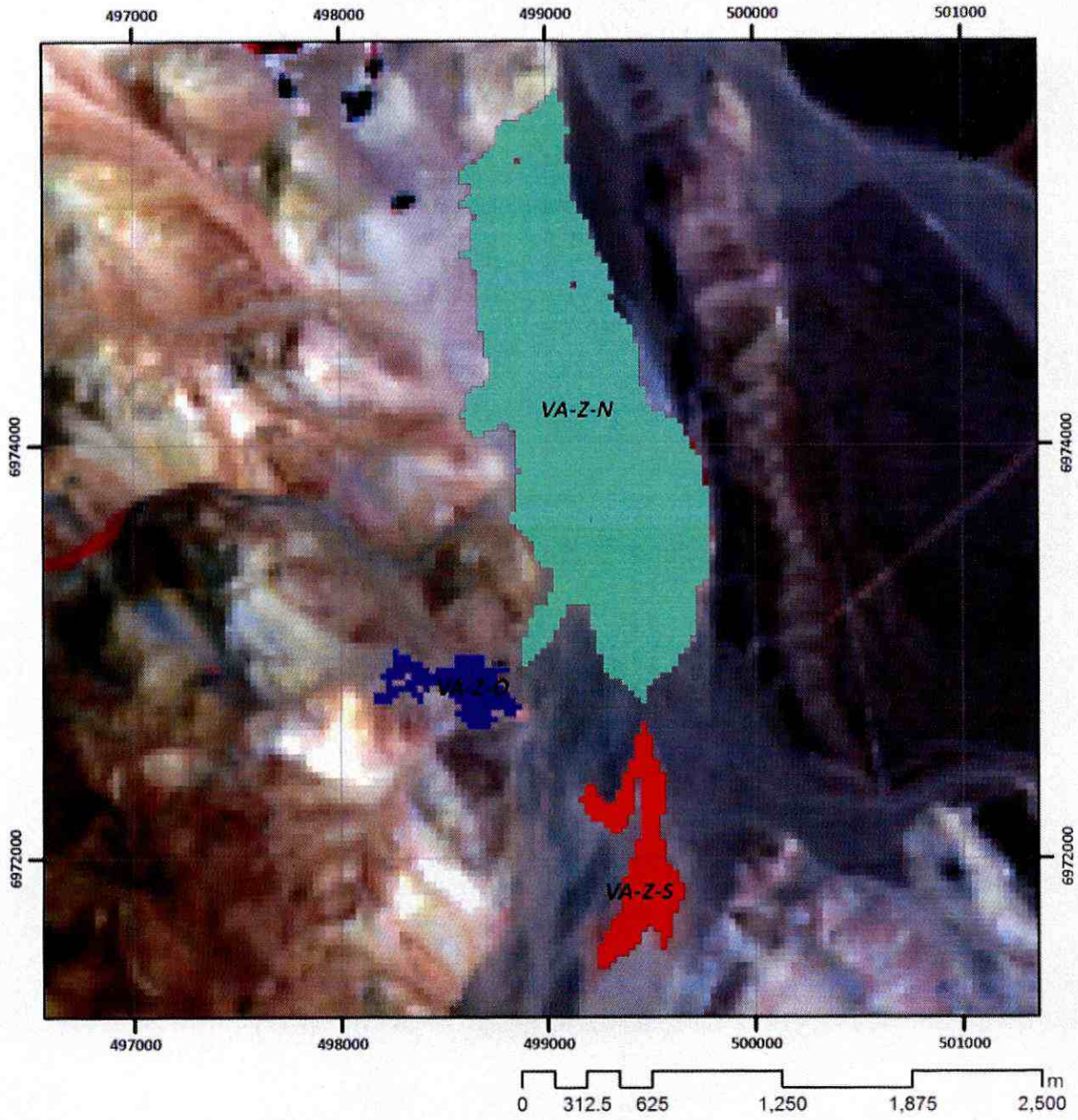
301. Para validar estadísticamente los resultados visuales que arrojaron las series temporales del índice SAVI, éstas fueron comparadas en función de su tendencia lineal, calculada por el método de mínimos cuadrados. La significancia de las pendientes de las líneas de tendencia fue determinada al 95% de confianza. Se consideraron los siguientes aspectos estadísticos del vigor: (i) la tendencia (ascendente o descendente) de cada pendiente a través de los años; y (ii) la significancia de dichas tendencias. En tanto, para determinar la diferencia entre pares de humedales (por ejemplo, afectado vs. control) se hizo un análisis de significancia de dicha diferencia.

302. Las imágenes satelitales utilizadas corresponden a las mismas capturas descritas en el Informe Biota 2015, a excepción de la captura correspondiente al año 2010 donde se detectaron problemas de bandeo, ante lo cual se optó por buscar una imagen de una fecha cercana.

303. Así, primero se mostrarán las visualizaciones digitalizadas de la subdivisión del humedal Valle Ancho, según fragmentación y luego según estado de vigor, de acuerdo a la clasificación descrita en el Informe CONAF 2015[54], en las siguientes imágenes:

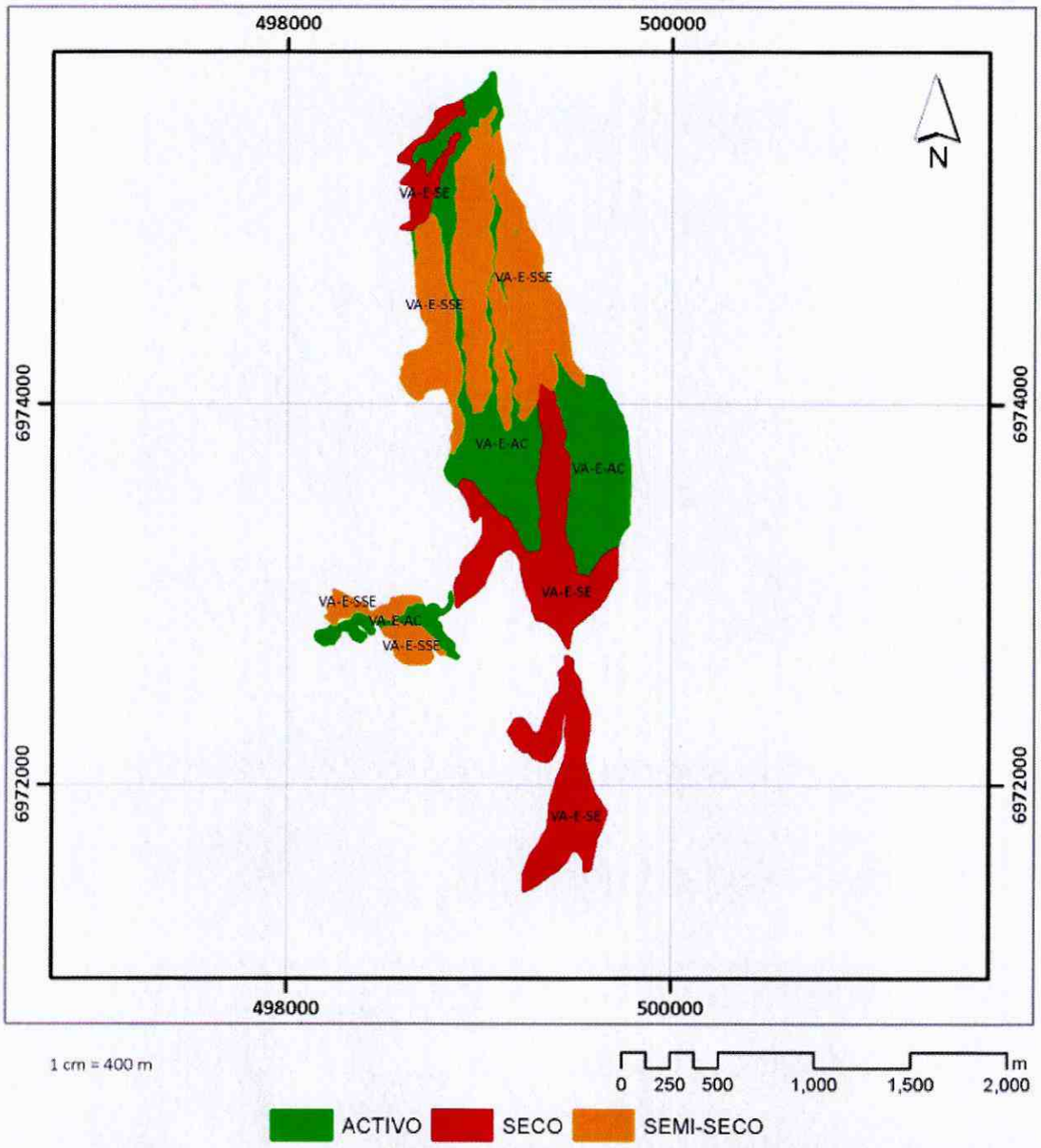
[53] Si no había imagen satelital en febrero, se buscó imagen en una fecha lo más cercana que contara con una imagen de buena calidad, sin nubosidad y sin anomalías de bandeo que, en caso de su ocurrencia, en el Anexo 1 se explican los procedimientos correctivos aplicados.
[54] El mapa no digital de las zonas clasificadas por CONAF, se presentan en la Figura N° 2 de esta Resolución.

Imagen N° 6: Superficie de análisis SVAHT Valle Ancho según zonificación por unidades fragmentadas.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 7: Zonificación de Estado de la Vegetación del humedal Valle Ancho según muestreo CONAF oct.2014.

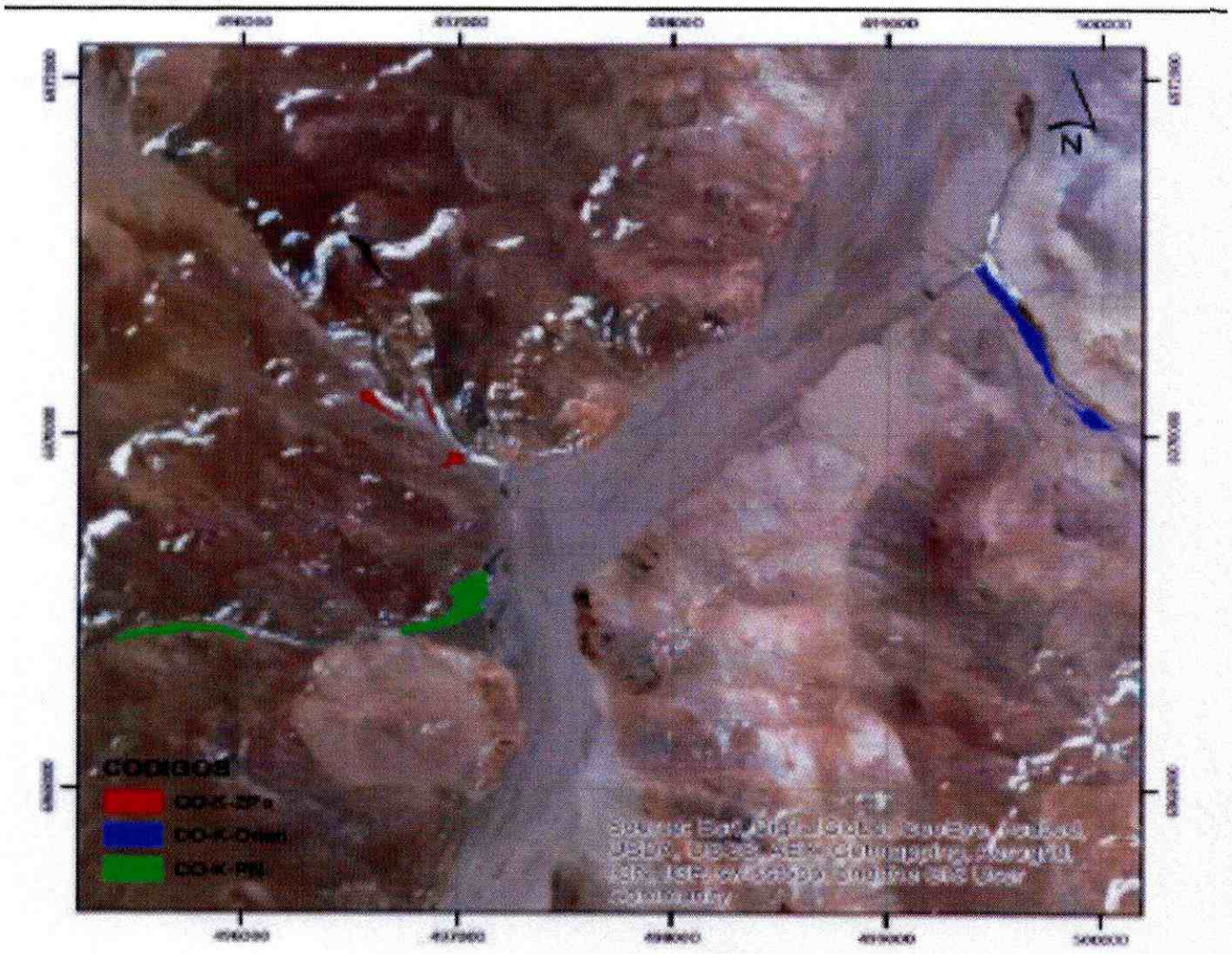


Fuente: Elaboración propia.

304. En cuanto a los humedales considerados como control, según ya se indicó, éstos fueron los mismos que propuso la empresa en el año 2012, que por su localización, son ajenos a las operaciones de bombeo de la empresa. La cobertura digital de estos humedales fue obtenida a través del "Inventario Nacional de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente" del año 2012. Adicionalmente, se generó un índice de vegetación que describiera el comportamiento global de las tres unidades, como un todo, por medio del cálculo de la media ponderada del índice de vegetación, utilizando como elemento ponderador, la cantidad de pixeles que se presentan en la imagen Landsat[55] utilizada. Los humedales que en su conjunto se denominarán de Control, se pueden visualizar en su cobertura digital en la siguiente imagen:

[55] La cantidad de pixeles de cada unidad, así como la fórmula de cálculo de la media ponderada se encuentran en la parta A del Anexo 1 de esta Resolución.

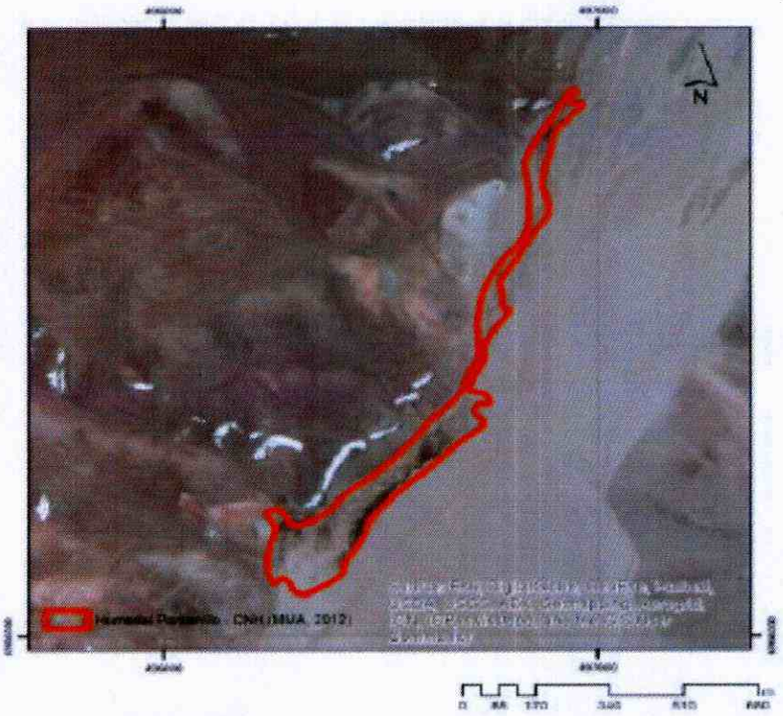
Imagen N° 8: Humedales de control propuestos por CMM, cobertura digital según Inventario Nacional de Humedales.



Fuente: Elaboración propia.

305. Por otro lado, en relación a otros humedales que se consideraron como referencia, se consideró, primero, el humedal Pantanillo, debido a su cercanía con el humedal Valle Ancho y el conocimiento existente respecto a procesos de degradación que han ocurrido en él. Este humedal se utiliza solo como referencia y no como control, ya que se trata de un humedal que se encuentra dentro del área de posible influencia por la extracción de agua desde el campo de pozos de Pantanillo. Para su estudio espacial se consultó con el "Catastro Nacional de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente", y su cobertura digital se visualiza en la siguiente imagen:

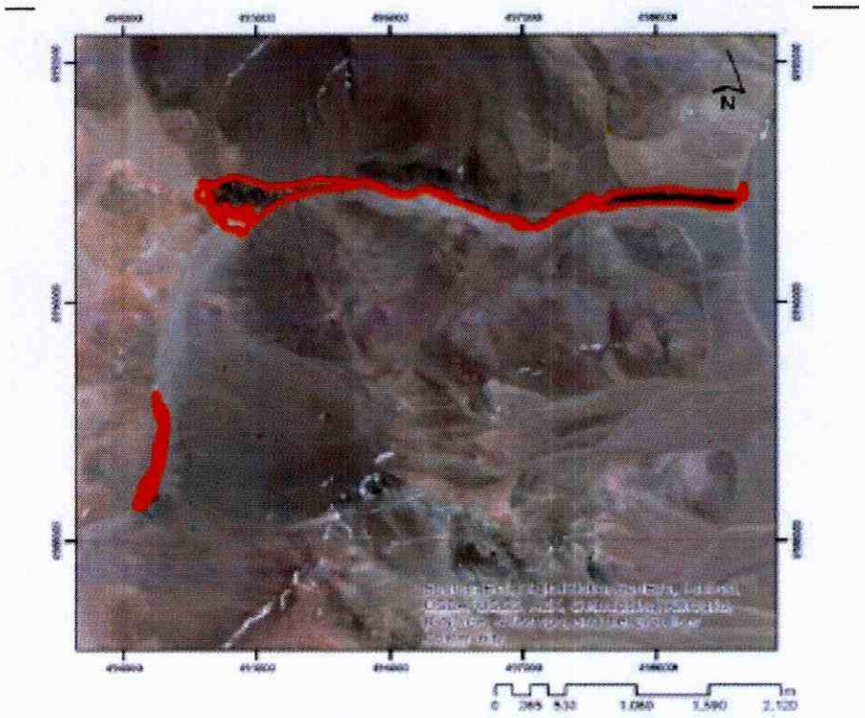
Imagen N° 9: Humedal de Pantanillo, sin ajuste espacial, cobertura digital según Catastro Nacional de Humedales, MMA 2012.



Fuente: Elaboración propia.

306. Se consideró también el sistema vegetacional de Quebrada Villalobos. Este humedal fue elegido para contar con elementos de análisis adicionales de cuerpos con vegetación azonal que se encuentren próximos al humedal Valle Ancho, y debido a que existen estudios en profundidad sobre su comportamiento que permiten enriquecer el análisis territorial. Para su estudio espacial se procedió a consultar la cobertura digital generada en el marco del citado informe, disponible en formato ESRI Shapefile (*.shp), la cual se puede observar en la siguiente imagen:

Imagen N° 10: Humedal Quebrada de Villalobos, sin ajuste espacial fino, cobertura digital según Informe SAG Villalobos 2014.



Fuente: Elaboración propia.

307. Los resultados del análisis estadístico de la tendencia de las unidades estudiadas respecto a una tendencia hipotética nula, con pendiente igual a 0, dan cuenta que el humedal Valle Ancho posee un comportamiento de vigor descendente en la unidad Valle Ancho Zona Sur y Valle Ancho Seco. Esto se verifica también en el humedal Pantanillo. Las zonas Valle Ancho Zona Norte y Activo y Semi Seco, en cambio, presentaron un comportamiento ascendente del vigor, al igual que el Control. La zona Oeste del humedal Valle Ancho, el humedal Villalobos y Valle Ancho (general) no presentaron una tendencia significativa. En este último caso, es posible inferir que se debe al comportamiento compensado entre las zonas de pérdida y ganancia del vigor. Lo anterior es posible ver en los siguientes resultados de la tabla a continuación.

Tabla N° 1: Resultado de valores de pendiente, tendencia, corte del y, p value y significancia (con α = 0,05) respecto a una tendencia neutra (m= 0) de las series estudiadas.

Nombre	Código	Pendiente (m)	Intercepto (b)	$p\ value$	Significancia de la tendencia $(\alpha = 0.05)$
Valle Ancho	VA-GEN	7.779E-05	0.154	7.108E-01	No significativo
Valle Ancho - Z. Norte	VA-Z-N	7.843E-04	0.142	4.178E-04	Significativamente ascendente
Valle Ancho - Z. Oeste	VA-Z-O	-1.236E-04	0.132	4.074E-01	No significativo
Valle Ancho - Z. Sur	VA-Z-S	-5.371E-03	0.258	1.060E-10	Significativamente descendente
Valle Ancho - Activo	VA-E-AC	1.272E-03	0.196	1.810E-04	Significativamente ascendente
Valle Ancho – Semiseco	VA-E-SSE	4.429E-04	0.082	9.521E-04	Significativamente ascendente
Valle Ancho - Seco	VA-E-SE	-2.051E-03	0.179	2.791E-07	Significativamente descendente
Pantanillo	Pe-C-Pant	-6.311E-03	0.256	3.988E-14	Significativamente descendente
CONTROL	CONTROL	1.623E-03	0.186	2.020E-06	Significativamente ascendente
Quebrada Villalobos	Co-S-Vil	3.369E-04	0.230	3.260E-01	No significativo

Fuente: Elaboración propia.

308. Por otro lado, al calcular las diferencias entre las tendencias de las distintas unidades analizadas, se verificó que, con una certeza del 95%, todas las tendencias cruzadas poseen diferentes tipos de pendiente, con la excepción de Valle Ancho general, zona norte y zona oeste, respecto de Quebrada de Villalobos, las cuales presentan un comportamiento estable. Tampoco pudo apreciarse estas diferencias significativas en las tendencias del humedal Pantanillo y el humedal Valle Ancho Zona Sur. Este último caso permite inferir que el proceso de degradación de Valle Ancho Zona Sur, es similar al del humedal Pantanillo. Lo anterior es posible de visualizar en los datos que se muestran en la siguiente Tabla N° 2:

Tabla N° 2: Valores estadístico de prueba t de Student de pendiente de la tendencia entre series (α=0.05), utilizando las series comprendidas entre 1985 y 2015.

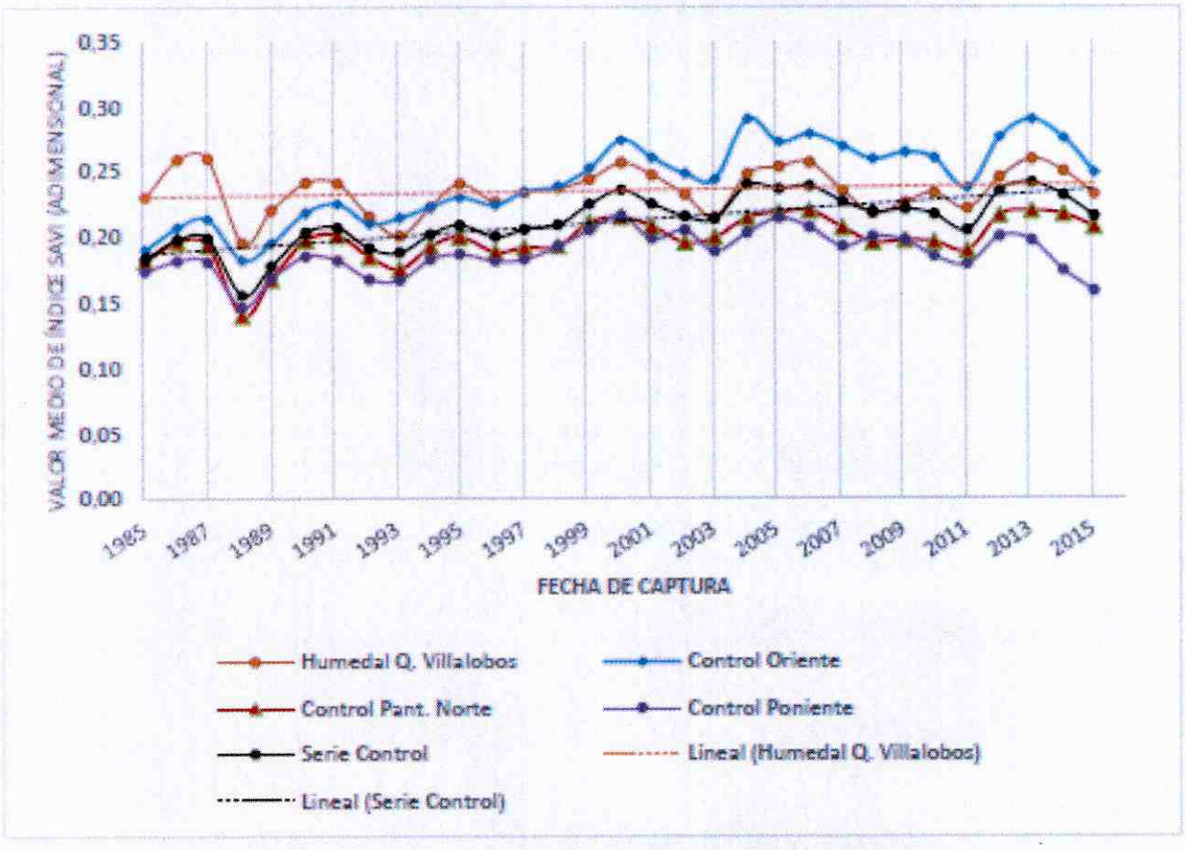
	Valle Ancho	**Valle Ancho - Z. Norte**	**Valle Ancho - Z. Oeste**	**Valle Ancho - Z. Sur**	**Valle Ancho - Activo**	**Valle Ancho – Semi seco**	**Valle Ancho - Seco**	**Pantanillo**	**CONTROL**	**Quebrada Villalobos**
	VA-GEN	VA-Z-N	VA-Z-O	VA-Z-S	VA-E-AC	VA-E-SSE	VA-E-SE	Pe-C-Pant	CONTROL	Co-S-Vil
	Pendiente									
	7.78E-05	7.84E-04	-1.24E-04	-5.37E-03	1.27E-03	4.43E-04	-2.05E-03	-6.31E-03	1.62E-03	3.37E-04
	p value									
VA-GEN		3.67E-14 $m_a \neq m_b$	2.32E-02 $m_a \neq m_b$	2.62E-13 $m_a \neq m_b$	4.97E-11 $m_a \neq m_b$	4.17E-02 $m_a \neq m_b$	2.08E-13 $m_a \neq m_b$	2.01E-13 $m_a \neq m_b$	2.14E-12 $m_a \neq m_b$	**3.31E-01**
VA-Z-N			4.96E-13 $m_a \neq m_b$	2.09E-13 $m_a \neq m_b$	1.48E-04 $m_a \neq m_b$	3.18E-02 $m_a \neq m_b$	1.13E-13 $m_a \neq m_b$	3.11E-14 $m_a \neq m_b$	9.06E-07 $m_a \neq m_b$	**8.36E-02**
VA-Z-O				1.05E-11 $m_a \neq m_b$	2.50E-09 $m_a \neq m_b$	1.43E-04 $m_a \neq m_b$	1.45E-09 $m_a \neq m_b$	2.99E-13 $m_a \neq m_b$	1.34E-11 $m_a \neq m_b$	**1.03E-01**
VA-Z-S					2.42E-14	1.57E-11	8.53E-13	**1.19E-01**	4.04E-15	6.97E-11

					$m_a \neq m_b$	$m_a \neq m_b$	$m_a \neq m_b$		$m_a \neq m_b$	$m_a \neq m_b$
VA-E-AC						3.42E-03 $m_a \neq m_b$	8.32E-15 $m_a \neq m_b$	1.24E-13 $m_a \neq m_b$	7.77E-03 $m_a \neq m_b$	1.15E-03 $m_a \neq m_b$
VA-E-SSE							4.38E-09 $m_a \neq m_b$	3.66E-15 $m_a \neq m_b$	4.54E-05 $m_a \neq m_b$	7.17E-01 $m_a \neq m_b$
VA-E-SE								3.45E-09 $m_a \neq m_b$	7.58E-16 $m_a \neq m_b$	4.22E-07 $m_a \neq m_b$
Pe-C-Pant									9.52E-15 $m_a \neq m_b$	6.72E-13 $m_a \neq m_b$
CONTROL										3.68E-07 $m_a \neq m_b$

Fuente: Elaboración propia.

309. A continuación se presentarán algunos gráficos e imágenes que representan los resultados obtenidos, los que serán analizados que aportan la Tabla N° 1 y N° 2. A este respecto es necesario mostrar el comportamiento de las vegas de control, tanto en forma individual y en su representación como un todo. Así, en la siguiente Figura N° 10 se muestran las series temporales de las tres unidades de control que se denominarán como Pantanillo Norte, Control Poniente y Control Oriente; la serie temporal correspondiente al valor SAVI promedio ponderado de dicho trío de formaciones vegetacionales; y la serie de referencia Quebrada de Villalobos.

Figura N° 10: Comportamiento temporal de los humedales de control.



Fuente: Elaboración propia.

310. El primer aspecto destacable es el comportamiento similar de las tres tendencias de las vegas de control, aunque sobresale el Control Oriente por su valor SAVI consistentemente más alto a lo largo de los 31 años considerados, lo que lo convierte en el humedal que posee la vegetación más vigorosa del conjunto de control.

311. De acuerdo a estos resultados, es posible afirmar que las unidades que componen la serie Control han presentado un comportamiento similar en el tiempo, incluso mostrando una tendencia a aumentar su vigor vegetacional a lo largo de los 31 años. Al tener un

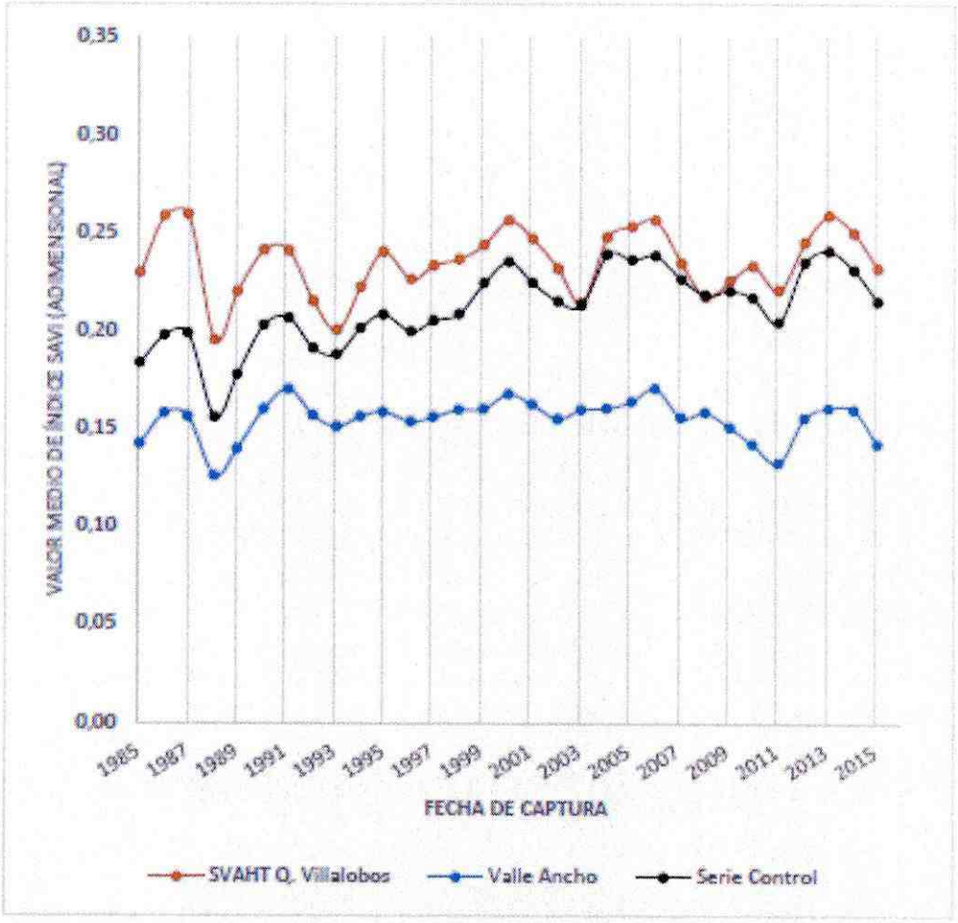
($p\ value = 2 * 10^{-6}$), se rechaza una tendencia igual de 0, evidenciando una tendencia significativamente ascendente del Control.

312. Respecto a otros potenciales cuerpos de control, el humedal de Quebrada de Villalobos presenta un comportamiento estable, con un $p\ value = 0.326$, lo que implica que su tendencia no es significativamente distinta de 0, presentando un comportamiento significativamente distinto al Control (p_{value} = 3.68*10^{-7} en Tabla N° 2).

313. De esta forma se confirma, por medio del índice SAVI, que, por un lado, el humedal de Quebrada de Villalobos, tal como lo señala el Informe SAG Villalobos 2014, no presenta mayores variaciones en pérdida de vegetación; y por otro, la representación de los tres humedales elegidos como control, presentan una tendencia creciente en su estado de vigor.

314. Por su parte, en los siguientes gráficos se muestra el estado de vigor del humedal Valle Ancho entre los años 1985 y 2015, a través del comportamiento de las series temporales de los índices SAVI, y determinados respecto del humedal Valle Ancho en su conjunto como de cada subdivisión ya descrita.

Figura N° 11: Comportamiento temporal del humedal Valle Ancho en su conjunto, respecto de serie de control y referencia.

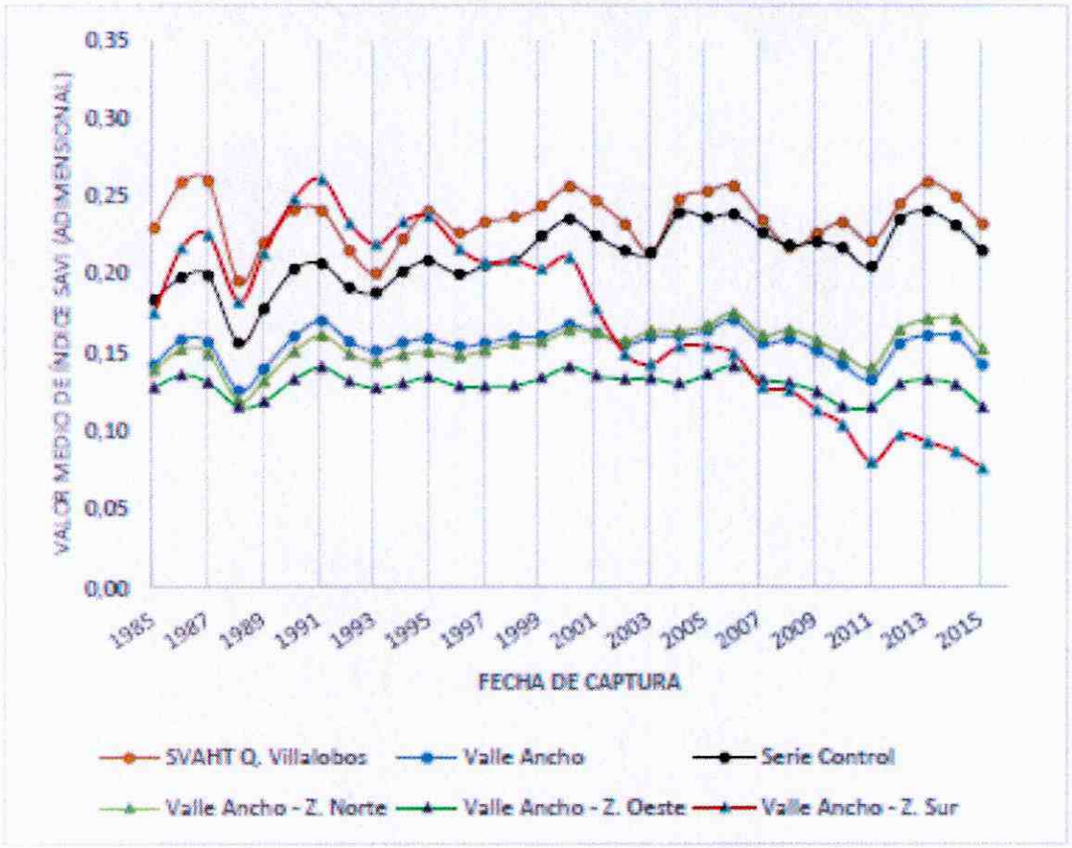


Fuente: Elaboración propia.

315. La tendencia del humedal Valle Ancho se puede ver para todo el periodo analizado, es menor en valores SAVI, a la serie de valores del conjunto de humedales de referencia, con un comportamiento estable y con tendencia no significativa (es decir, su pendiente no es distinta de 0, con un p_{value} = 0.710 en la Tabla 1), aunque es perceptible una separación cada vez mayor de las líneas de tendencia de ambas series a lo largo del tiempo, que queda demostrada en el valor significativo (p_{value} = 2.14*10^{-12} en la Tabla N° 2) del análisis de pares de tendencias.

316. En el siguiente gráfico se incorpora de forma adicional el comportamiento de las unidades, subdivididas según la fragmentación, buscando una visualización parcelada del comportamiento del humedal en análisis:

Figura N° 12: Comportamiento temporal del humedal Valle Ancho, según fragmentación respecto de unidades de control y referencia.



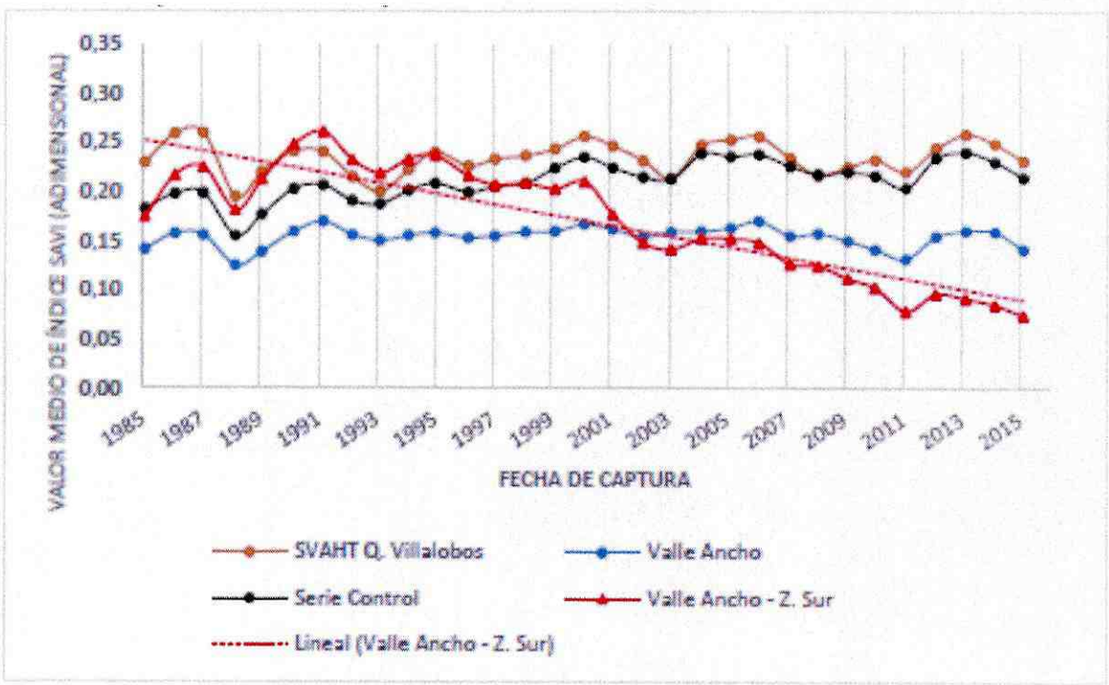
Fuente: Elaboración propia.

317. En la Figura N° 12 se puede observar que la Zona Norte tiene un comportamiento semejante al humedal Valle Ancho General, pese a tener distinta tendencia (p_{value} = 3.6*10^{-14}), la Zona Oeste presenta un comportamiento de menor vigor, con una tendencia diferente de Valle Ancho general ($p\ value = 2.32 * 10^{-2}$) y una tendencia no distinta de 0 ($p\ value = 0.407$). Como hallazgo de este punto hay que destacar que el comportamiento de Valle Ancho Zona Sur es dramáticamente diferente, con una tendencia significativamente descendente ($p\ value = 1.06 * 10^{-10}$) y distinta a todas las zonas del humedal Valle Ancho[56]. Del mismo modo, es diferente al comportamiento de la serie temporal de Control, con un $p\ value = 4.04 * 10^{-15}$.

318. De lo anterior, y analizando con mayor profundidad lo que ocurre en el sector sur del humedal Valle Ancho, lo que se muestra en el siguiente gráfico, es posible señalar que en ella se observa una tendencia negativa significativa ($p\ value = 0.1 * 10^{-10}$), comenzando a el año 1995 y manteniéndose hasta la actualidad. Se observa un comportamiento de pérdida de actividad vegetal, alcanzando valores críticos menores a 0.1, lo cual confirma que exista una desecación y pérdida significativa de vegetación. Lo anterior es posible visualizarlo en la siguiente figura:

[56] p value de 2.62*10^{-13}, 2.09*10^{-13}, y 1.05*10^{-11}.

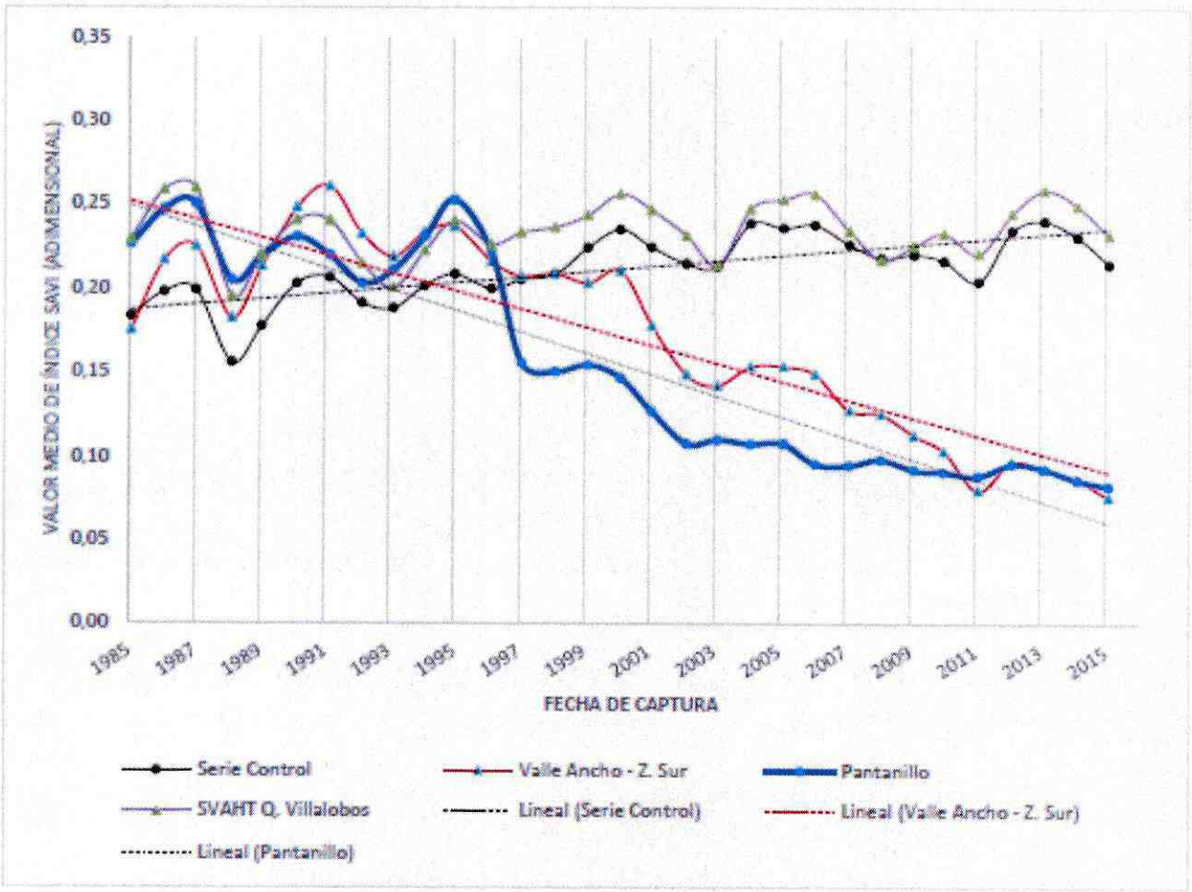
Figura N° 13: Comportamiento temporal del humedal Valle Ancho –Zona Sur.



Fuente: Elaboración propia.

319. Incorporando a la gráfica el humedal de Pantanillo, y enfocándose en la Zona Sur, se obtiene la siguiente gráfica:

Figura N° 14: Comportamiento temporal de zona sur del humedal Valle Ancho respecto a humedal Pantanillo.



Fuente: Elaboración propia.

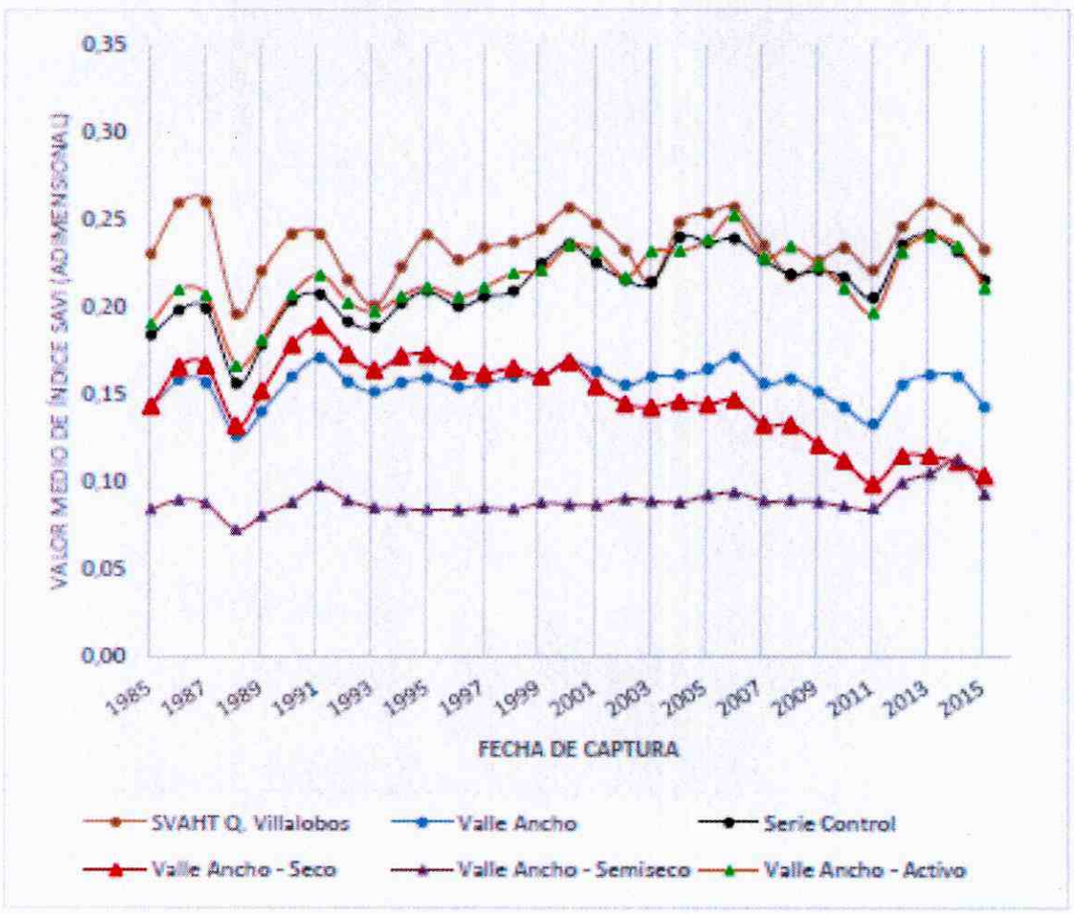
320. En el caso de la serie temporal de la Zona Sur del humedal Valle Ancho, la Figura N° 14 indica que, con un retraso de aproximadamente 5 años, se está replicando el comportamiento que presenta la serie temporal de Pantanillo.

321. Además, llama la atención que durante el periodo de tiempo entre 2001 y 2005, ambas series muestran señales de desaceleración del deterioro del vigor vegetacional. En 2005, Pantanillo reinicia su descenso hasta llegar a una línea estable cercana a 0,1, que corresponde a un valor SAVI crítico. Asimismo, se reinicia la tendencia al deterioro de la Zona Sur de humedal Valle Ancho de una manera más pronunciada que la de Pantanillo, hasta cruzarse las series entre los años 2010-2011, para mantenerse hasta 2015 en torno al valor SAVI de 0,1.

322. El elemento más concluyente de este análisis es el hallazgo estadístico que señala que, de todas las series estudiadas, la única que estadísticamente tiene un comportamiento similar a la serie humedal Pantanillo, es la serie zonal Valle Ancho Zona Sur, con un p value=0.119. Esto implica que ambos cambios son atribuibles a un mismo factor causal. Ello se trata de un hallazgo especialmente relevante debido a que es una circunstancia probada –incluso reconocida en el Informe Formation 2016– que el humedal Pantanillo tiene un comportamiento anómalo respecto del resto de los humedales del área. Es decir, el factor causal que está incidiendo en el comportamiento anómalo del humedal Pantanillo, es el mismo que está incidiendo en la desecación del sector sur del humedal Valle Ancho.

323. Por otro lado, revisando el comportamiento temporal de los sectores relativos a la clasificación del Informe CONAF 2015, es posible visualizar el siguiente gráfico:

Figura N° 15: Comportamiento temporal del humedal Valle Ancho, según categorías de estado generadas por CONAF en terreno en octubre de 2014, respecto de unidades de control y referencia.



Fuente: Elaboración propia.

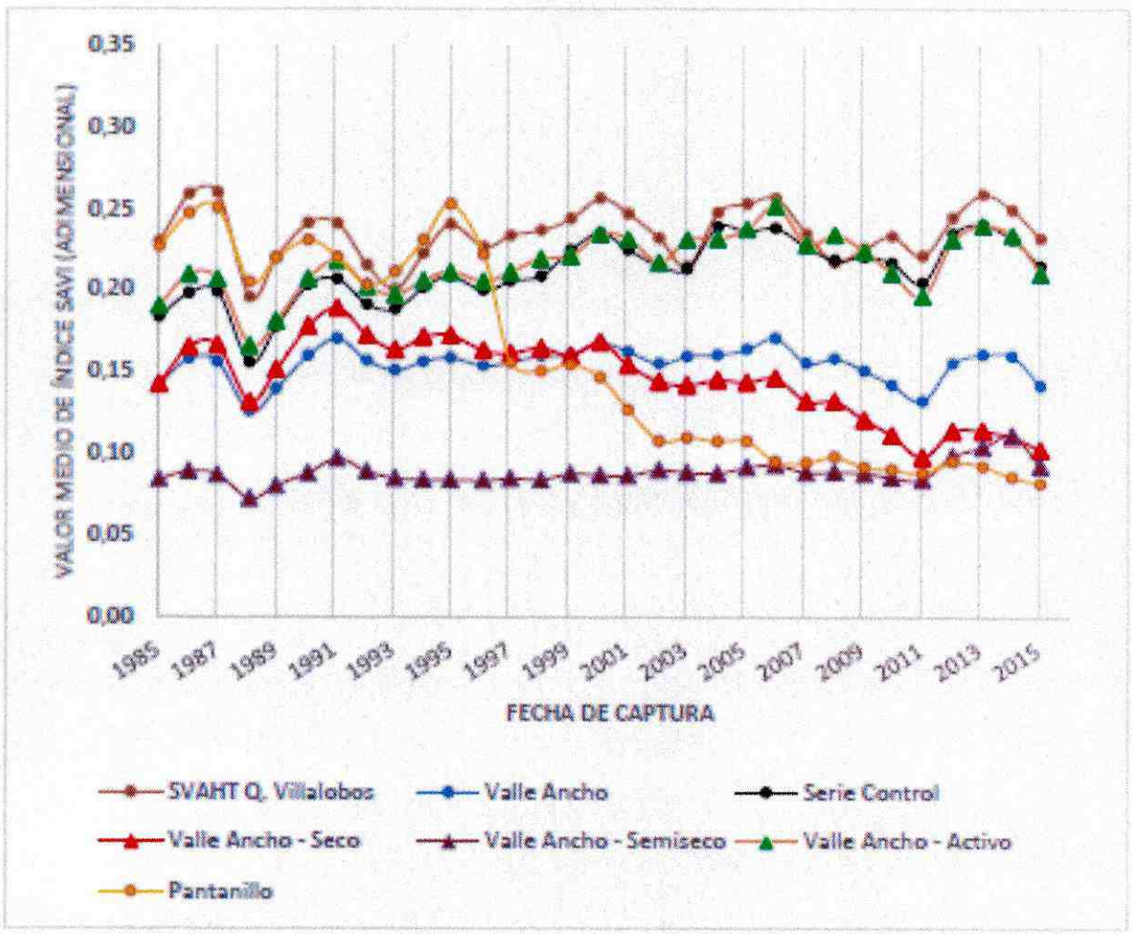
324. En relación al sector identificado en el Informe CONAF 2015 como con vegetación activa, presenta en el tiempo un comportamiento muy semejante al comportamiento de la serie Control. El sector activo se ha mantenido vivo durante los 31 años analizados, con una tendencia significativamente positiva (p value $= 1.08 * 10^{-4}$). Se muestra también que la serie de la zona de vegetación activa posee mayor vigor (mayores valores SAVI) y se separa gradual y constantemente del comportamiento de la serie de humedal Valle Ancho global, con una diferencia significativa (p value $= 4.97 * 10^{-11}$).

325. La zona clasificada como seca en el Informe CONAF 2015, muestra que desde el año 2001 su índice SAVI ha tendido a disminuir. Esta zona presentaba desde el año 1985 valores superiores a los observados a la media del Valle Ancho. En el año 2000 se igualó a los valores medios del humedal Valle Ancho, experimentando un descenso constante desde entonces. Estadísticamente su tendencia es significativamente descendente (p value $= 2.79 * 10^{-7}$) y diferente a todas las demás series temporales consideradas.

326. En cuanto al sector identificado en el Informe CONAF 2015 con vegetación semi seca, se puede observar que su índice SAVI tiene una tendencia semejante a la del humedal Valle Ancho general, pero con valores SAVI menores, posiblemente explicado por el tipo de vegetación que compone esta categoría, la cual responde en menor grado al análisis de vigor (p value $= 9.52 * 10^{-4}$) respecto a una pendiente neutra y (p value $= 4.17 * 10^{-2}$) respecto al humedal Valle Ancho).

327. Resulta útil incorporar el comportamiento obtenido para el humedal Pantanillo en la gráfica, la que se muestra en el siguiente gráfico:

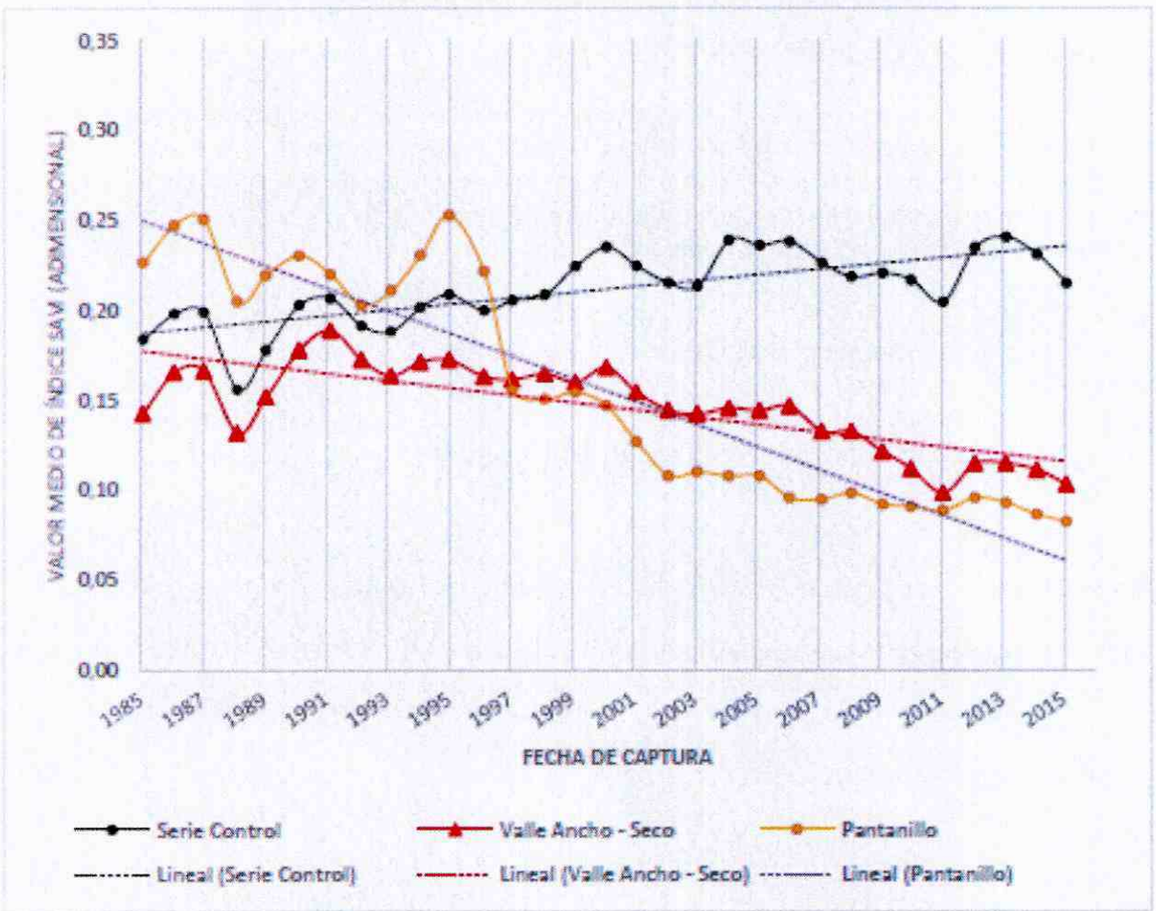
Figura N° 16: Comportamiento temporal del humedal Valle Ancho, según categorías de estado generadas por CONAF en terreno en octubre de 2014, respecto de unidades de control y referencia, incluyendo humedal Pantanillo.



Fuente: Elaboración propia.

328. El siguiente gráfico muestra las líneas de tendencia del sector seco del humedal Valle Ancho, el humedal Pantanillo y la serie Control:

Figura N° 17: Comportamiento temporal del humedal Valle Ancho, sector Seco, respecto de unidades de control y referencia de humedal Pantanillo.

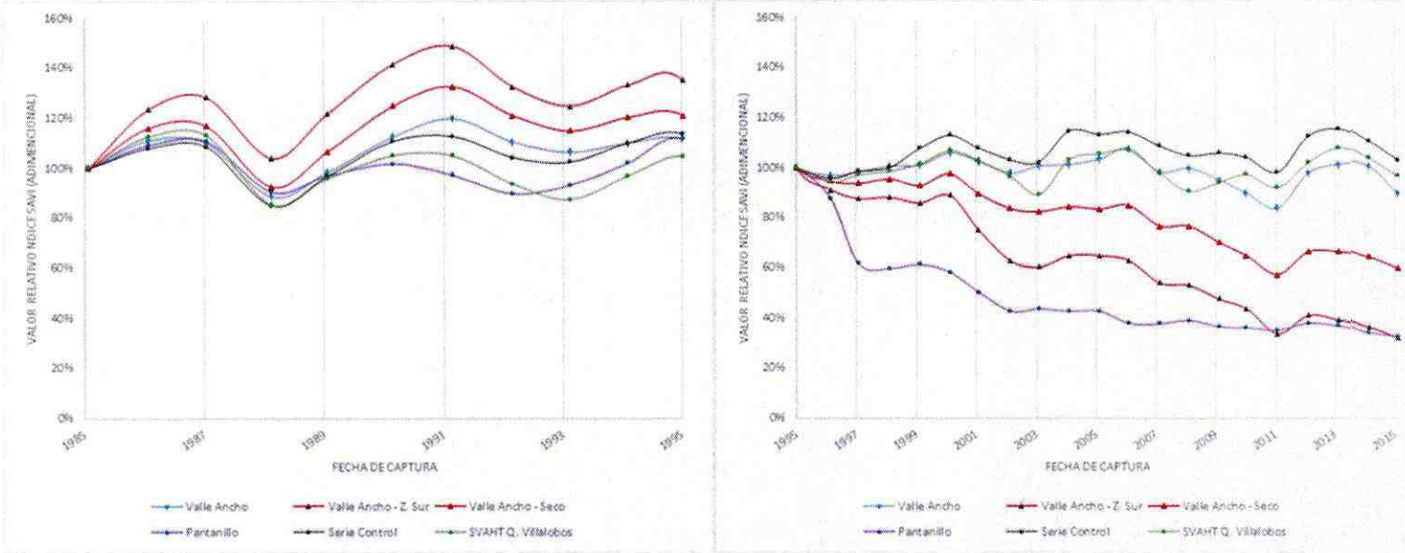


Fuente: Elaboración propia.

329. De los gráficos anteriores se puede extraer que la zona identificada en el Informe CONAF 2015 como seca presenta un comportamiento tendiente a la desecación, alcanzando en el año 2011 un nivel cercano al del humedal Pantanillo. El historial de desecación de la zona seca toma fuerza en los últimos 10 años de medición.

330. Los siguientes dos gráficos exponen las series temporales de SAVI de la zona sur y la zona seca del humedal Valle Ancho, las cuales mostraron fenómenos relevantes de degradación, pero esta vez mostrando su variación relativa porcentual. Para esto se consideró, en la primera sección, como valor inicial el vigor de las coberturas en el inicio de la medición en 1985 hasta el inicio de los bombeos de agua en la zona en el año 1995. En la segunda sección, se consideró como valor inicial el año de inicio de los bombeos hasta el año 2015. Esto permite comparar el comportamiento de estos sectores antes y después de la extracción, en contraste con otros humedales y con otros sectores del mismo humedal.

Figura N° 18: Comportamiento temporal relativo zona sur y seca del humedal Valle Ancho, con estado base 100%, entre los años 1985-1995 y 1995-2015. Comparación con índice de humedal Valle Ancho General; humedal Villalobos; humedal Pantanillo; y serie Control.



Fuente: Elaboración propia.

331. De este análisis es posible observar que antes del inicio de los bombeos, las unidades zona sur y zona seca del humedal Valle Ancho no presentaron valores de vigor menores a los de la primera medición de 1985, con la excepción de la medición de 1988 en la zona seca del humedal Valle Ancho.

332. Considerando el comportamiento desde el inicio de los bombeos, en el año 1995, se observa que las zonas no relacionadas a los bombeos (Control y Quebrada de Villalobos) presentan una oscilación constante que no baja respecto del año 1995 del 89.1% para el humedal Villalobos y del 95.8% para la serie Control. Las unidades de Valle Ancho Seco y Valle Ancho Zona Sur presentan, en cambio, una disminución relevante, con mínimos del 57.2% en el año 2011 y del 32.0% el año 2015, en comparación con el vigor que tenían en el año 1995, respectivamente. En el caso de la Zona Sur se observa que converge con la variación porcentual del humedal Pantanillo en el año 2011 (33.7%), alcanzando mínimos índices de vegetación asociables a la muerte de la vegetación (equivalente a un índice SAVI aproximado de 0,08[57]).

333. En base a los resultados expuestos anteriormente, se puede afirmar como conclusión preliminar, que los humedales correspondientes a la serie Control no evidencian un comportamiento tendiente a la desecación, sino que, por el contrario, muestran una tendencia a incrementar su índice de actividad vegetacional. El comportamiento de esta serie es compartido, siguiendo casi la misma curva, por el sector activo del humedal Valle Ancho, lo cual da cuenta de que este sector ha mantenido un comportamiento normal o, al menos, concordante con el comportamiento de los humedales cercanos no influidos por la actividad de extracción de agua del Proyecto Minero Refugio.

334. El índice SAVI de la zona semi seca se ha mantenido estable, con un índice SAVI bajo, lo cual da cuenta de que esta zona no ha experimentado en su conjunto un fenómeno de desecación en las últimas décadas.

335. El sector seco, en cambio, sí muestra un comportamiento de su índice SAVI descendente, comenzando de manera marcada en el año 2000. Esto es observable a nivel gráfico como a nivel estadístico. Esta tendencia decreciente es mucho más marcada si solo se considera el sector sur del humedal. En este último sector el descenso comienza en el año 1995, incrementándose fuertemente a partir del año 2000. Al comparar estos datos con la serie Control se

[57] Este valor se encuentra en la Tabla N° 15 de la del Anexo N° 1.

puede sostener que no se trata de un comportamiento normal o esperable. Esto se ve corroborado por el hecho de que, en el caso de la zona sur, su comportamiento no difiere estadísticamente de lo ocurrido en el humedal Pantanillo, el cual, a su vez, ha tenido un comportamiento claramente fuera de lo normal en el área.

336. En definitiva, desde el punto de vista del vigor de la vegetación, se puede sostener que existe un fenómeno de degradación relevante en el humedal Valle Ancho, particularmente en la cabecera del mismo (Zona Sur y Zona Seca), lo que permite inferir la existencia de un fenómeno de avance latitudinal hacia el norte de la degradación. Esto último será objeto de un análisis detallado en el siguiente apartado.

v. Dirección del avance de la desecación.

337. En las secciones anteriores se ha analizado el comportamiento histórico de las zonas que en el Informe CONAF 2015 se describieron como activas del humedal Valle Ancho. De la evidencia reunida se puede extraer que la zona seca ha presentado una tendencia a la desecación en los últimos años, la cual se aleja del comportamiento de otros humedales de la zona. En el caso de la zona semi seca, en cambio, el comportamiento de la vegetación se ha mantenido estable, lo cual lleva a concluir que el avance de la desecación del humedal no coincide con la zona semi seca, descrita por CONAF.

338. Con el objeto de determinar de mejor manera el frente de avance de la desecación del humedal y, en consecuencia, identificar aquella área del humedal que se encuentra amenazada por el futuro incremento de la desecación, se ha realizado un análisis complementario que permite calcular la superficie de los distintos estados de la vegetación del humedal Valle Ancho entre los años 2014 y 2015. Para ello se han utilizado técnicas de percepción remota, tomando como referencia la información descrita en el Informe CONAF 2015.

339. Para realizar este análisis se requirió: (i) generar un procedimiento para la modelación espectral de las categorías referenciales levantadas por CONAF; (ii) determinar nivel de exactitud del modelo de clasificación aplicado; y (iii) determinar la superficie de los distintos estados de la vegetación del humedal de Valle Ancho actualizado a la primavera de 2015 en base al modelo de clasificación. Los detalles de los aspectos metodológicos aplicados, así como los insumos utilizados, se presentan en el Anexo N° 2 de esta Resolución.

340. El procesamiento de la información realizado consideró primeramente la aplicación de un procedimiento de Clasificación Supervisada[58], el cual consiste en determinar, por medio de la estimación de las firmas espectrales de las superficies cuyas categorías son conocidas[59], un procedimiento de clasificación estadística, basada en métodos descritos en la literatura científica, en particular, el método de "Clasificación por Máxima Probabilidad". Este resultado permite evaluar el nivel de exactitud entre el modelo de clasificación digital respecto a la información de terreno, es decir, el *tracking* reportado por CONAF.

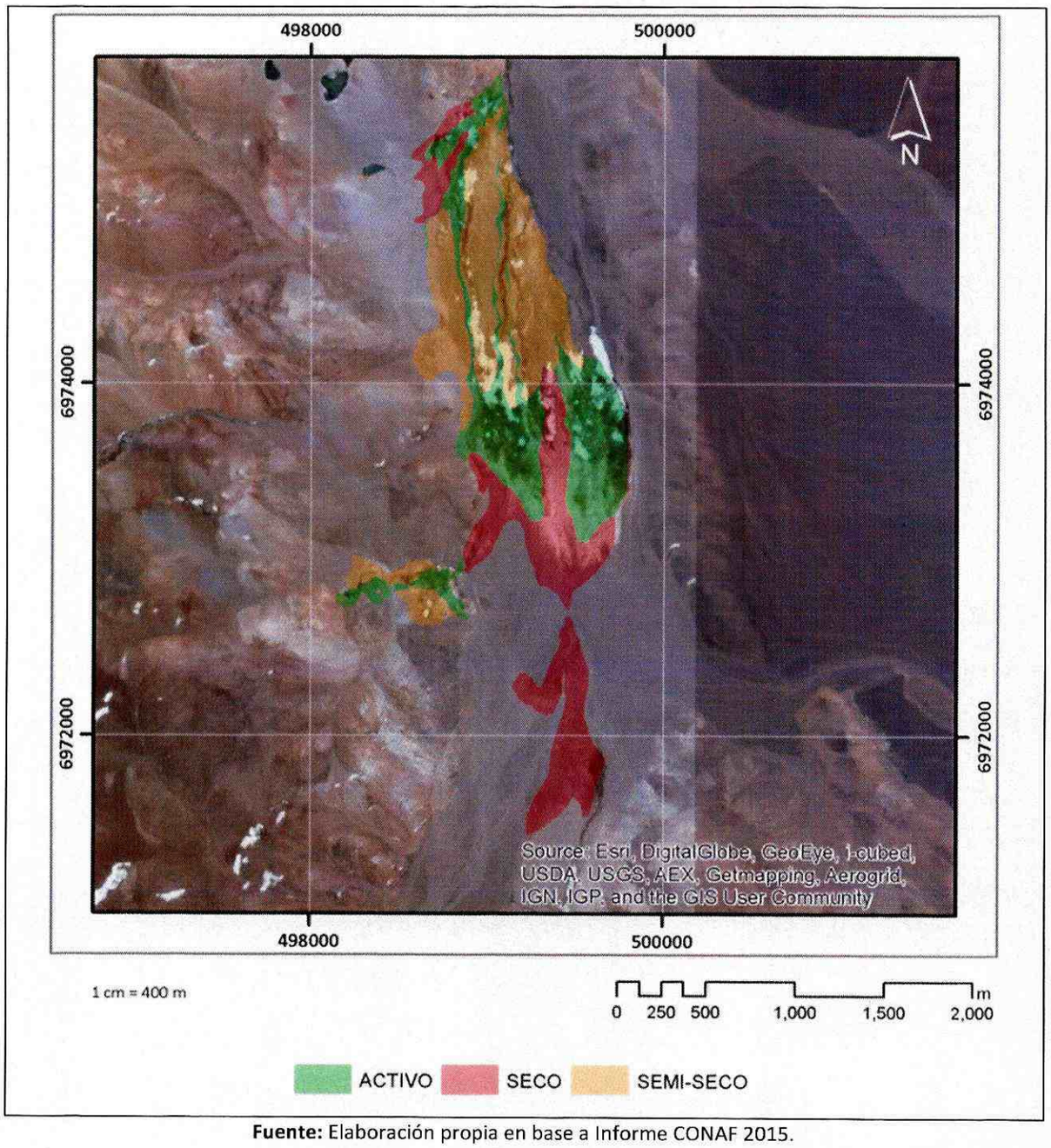
341. Conociendo la exactitud del modelo es posible aplicar este método a otros momentos del estado del humedal, por medio de imágenes satelitales de otras fechas. De esta forma se utilizó una imagen del año siguiente, es decir, noviembre de 2015, evaluando los cambios que se perciben en el humedal Valle Ancho en las áreas analizadas y clasificadas, evitando la observación de cambios asociados al ciclo fenológico anual de las especies del humedal.

342. En este orden de ideas, el principal insumo utilizado correspondió a la cobertura cartográfica del humedal Valle Ancho entregado en el Informe CONAF 2015, y que ha sido presentado en la Imagen N° 2 de la presente Resolución. A continuación se muestra la cartografía digital utilizada, entregada por CONAF, la cual no incluyó un sector de 7,1 hectáreas ubicado

[58] Ver: CHUVIECO, Emilio. Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Barcelona, Ariel Ciencias, 2008.
[59] Para esto se utilizó una imagen satelital con fecha cercana al momento en que CONAF realiza las campañas de terreno, que en el caso concreto fue de noviembre de 2014.

en el sector sur-oeste, y que representan un 3.05% del total. Por este motivo dicha sección no pudo ser incluida en el análisis.

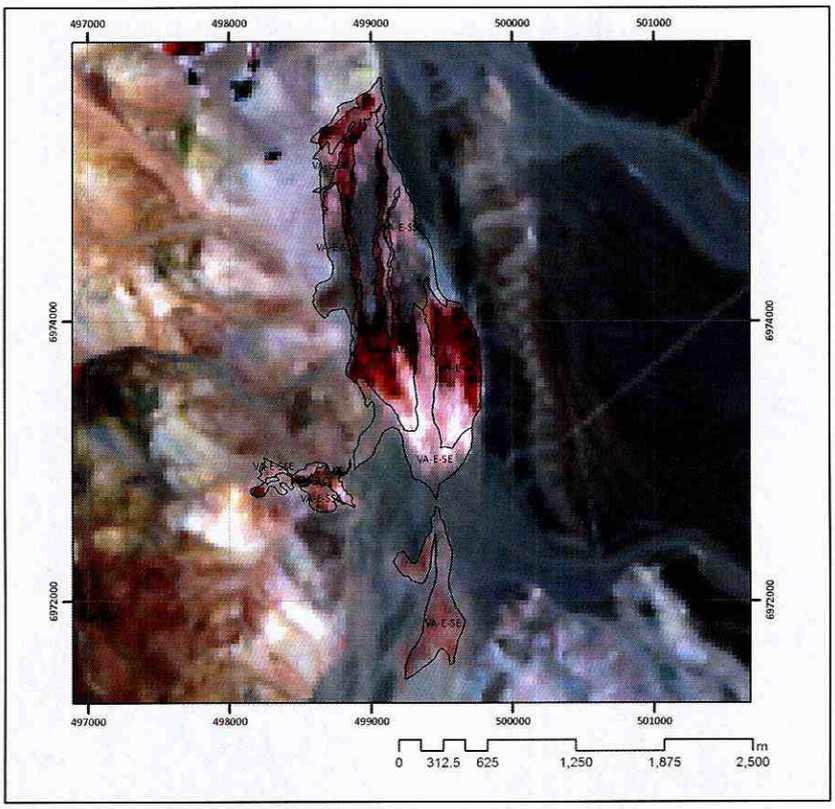
Imagen N° 11: Insumo cartográfico Cobertura Digital Cartográfica del humedal Valle Ancho según muestreo realizado por CONAF en octubre de 2015 sin ajuste espacial fino.



Fuente: Elaboración propia en base a Informe CONAF 2015.

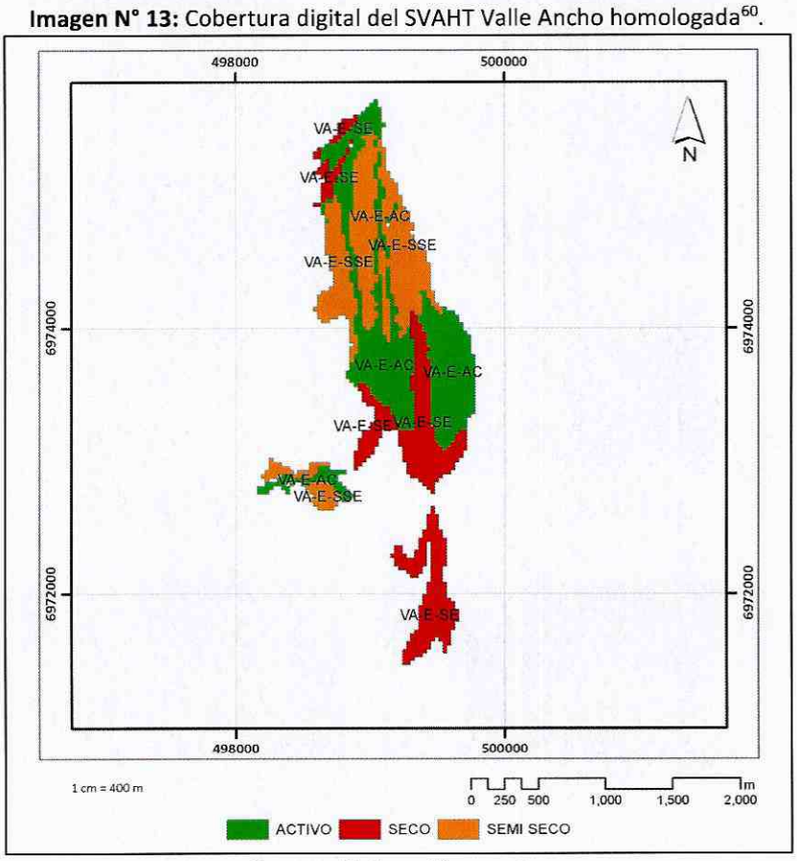
343. Luego del pre-procesamiento de las imágenes satelitales y de los insumos cartográficos es posible obtener una rasterización de la zona, que se visualiza en las siguientes imágenes:

Imagen N° 12: Cobertura digital del área de estudio con ajuste espacial fino homologada a insumos satelitales.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 13: Cobertura digital del SVAHT Valle Ancho homologada[60].



Fuente: Elaboración propia.

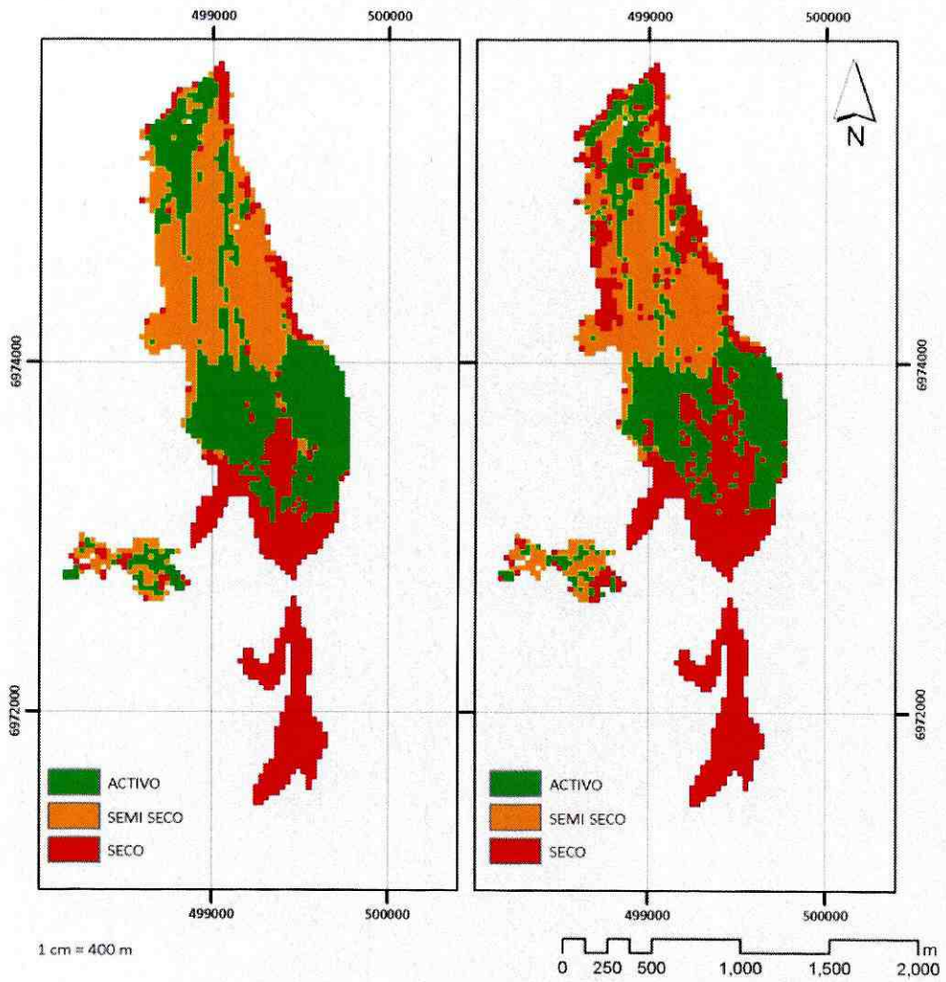
[60] Para la obtención de esta cobertura homologada se utilizó un proceso de rasterización en base al criterio asignación de categoría a una celda cuando el polígono intersecta con el centro de la celda.

344. Aplicando los procesamientos de clasificación supervisada por método de máxima probabilidad y con el nivel de exactitud de la clasificación determinada, descritos en el Anexo N° 2, se realizó una estimación de la variación de superficie de los distintos estados del humedal Valle Ancho, entre el 25 de noviembre de 2014 (imagen satelital A utilizada) y el 28 de noviembre de 2015 (imagen satelital B utilizada). Para evaluar los cambios se realizaron varios tipos de análisis, considerando que el resultado del procesamiento de las imágenes A y B genera una expresión geográfica de la distribución de las categorías de estado de la vegetación por medio de mapas, es posible analizar los patrones de cambio de categorías. Por otro lado, el resultado procesado de ambas imágenes genera como producto una clasificación agrupada de píxeles (expresables en unidades de superficie) para cada una de las categorías, de modo que es posible calcular con un nivel determinado de precisión la superficie asociada a cada categoría y para cada momento, así como también es posible estimar cuál fue el destino de las superficies estimadas para el año 2014 y un año después.

345. Con el fin de verificar el comportamiento de los resultados obtenidos por la clasificación supervisada, basado en las categorías generadas por el Informe CONAF 2015, se utilizó nuevamente el Índice Ajustado al Suelo de Vegetación (SAVI)[61].

346. Finalmente, en la siguiente imagen se visualizan los cambios en la superficie del humedal, particularmente bajo la nomenclatura señalada en el Informe CONAF 2015, entre noviembre de 2014 y noviembre de 2015:

Imagen N° 14: Clasificación supervisada comparada entre noviembre de 2014 (izquierda) y noviembre de 2015 (derecha).

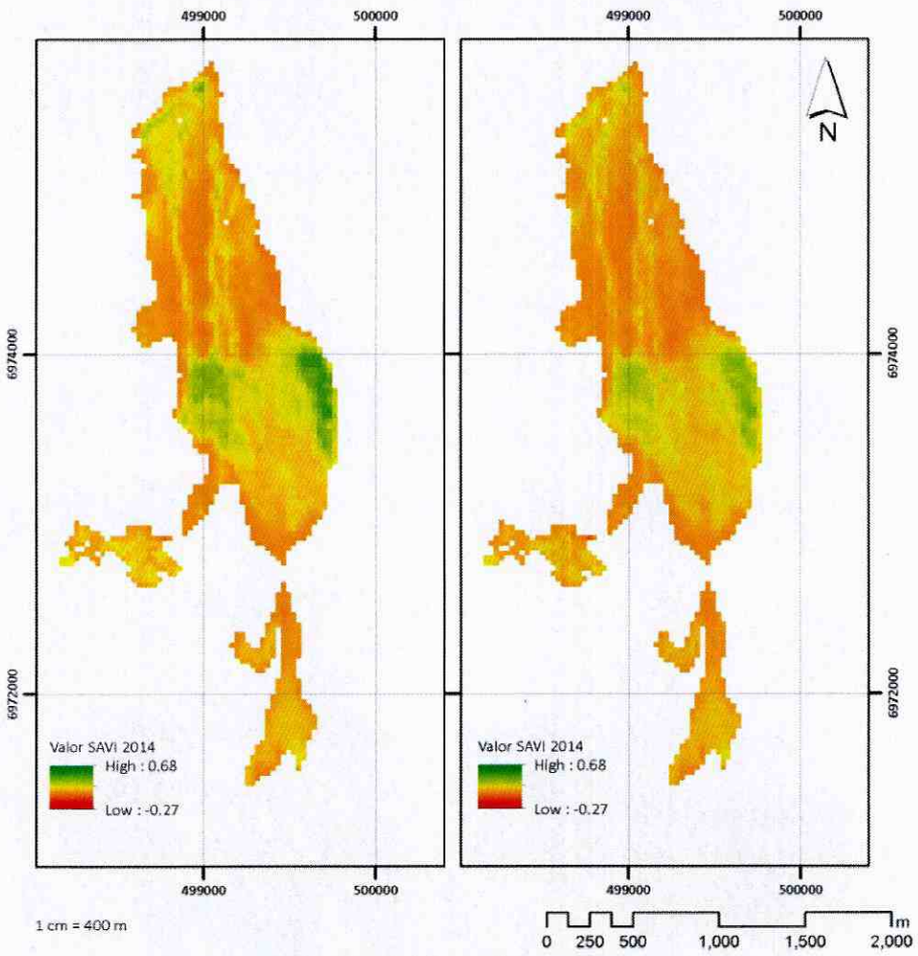


Fuente: Elaboración propia.

[61] El cual es útil para comparar la intensidad de la actividad de la vegetación, según HUETE, A. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment. 25(3) 1988. pp. 295-309.

347. A partir de los análisis de los índices SAVI, se puede confirmar la existencia de una disminución importante del vigor de la vegetación entre los años 2014 y 2015 en las zonas clasificadas como activa, lo cual se representa en el siguiente imagen:

Imagen N° 15: Índice de vigor de la vegetación SAVI comparado entre noviembre de 2014 (izquierda) y noviembre de 2015 (derecha).

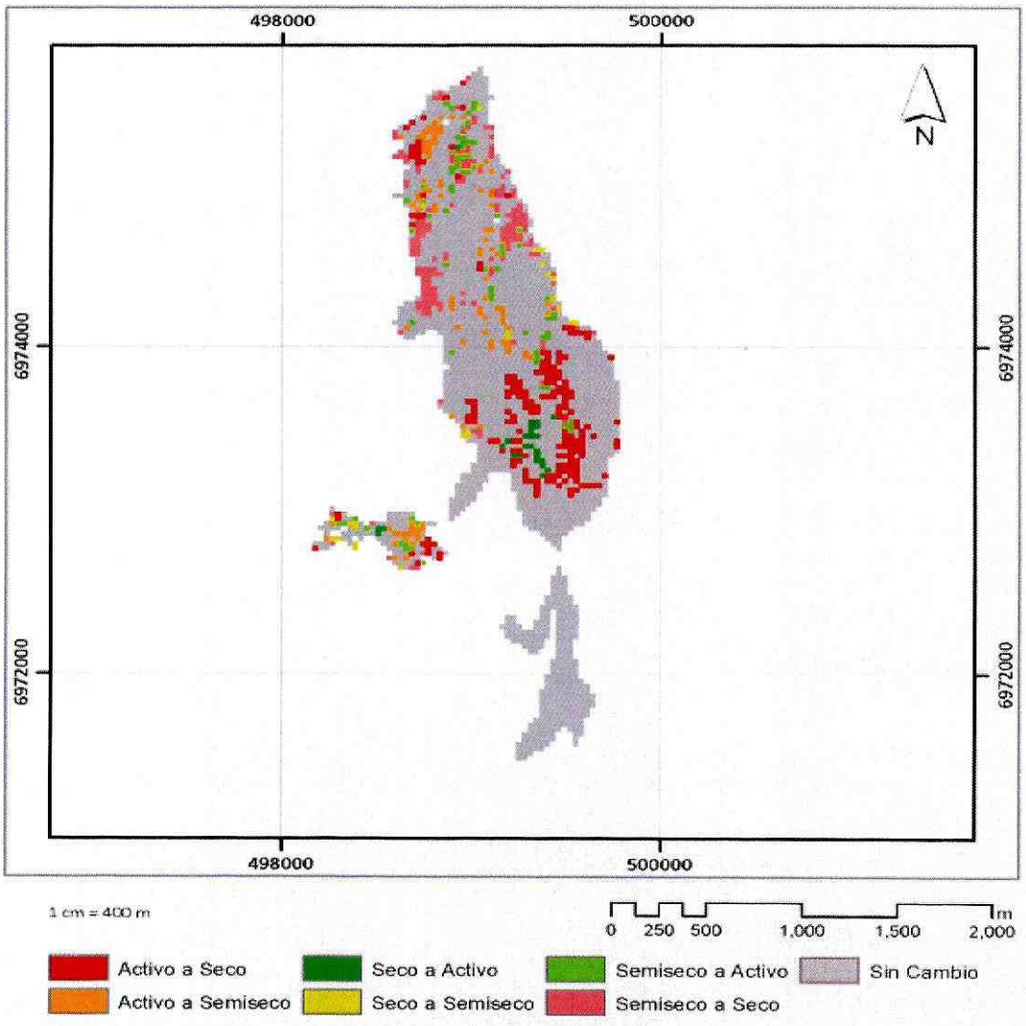


Fuente: Elaboración propia.

348. Es posible confirmar que existe una disminución global, medido en el índice medio de este indicador del humedal, en una magnitud de -0.021725. Sin embargo, el sector de máximo vigor del humedal Valle Ancho llega a cifras de pérdida de vigor de entre -0,1 y -0,2, evidenciando un deterioro acelerado del vigor de la vegetación en las zonas de mayor actividad.

349. Por otro lado, realizando la comparación y luego la cuantificación de la superficie que presentó cambio de estado entre 2014 y 2015, se procedió a elaborar un mapa de cambios, el cual es presentado en la siguiente imagen:

Imagen N° 16: Mapa de cambios de estado de la vegetación entre noviembre de 2014 y noviembre de 2015 según simbología.



Fuente: Elaboración propia.

350. En base en los resultados obtenidos por la clasificación supervisada (comparación en la Imagen N° 14), los índices del SAVI (comparación en la Imagen N° 15) y el mapa de transferencias de categoría (Imagen N° 16) de las imágenes obtenidas entre noviembre de 2014 y noviembre de 2015, es posible distinguir un panorama global de desecación y pérdida de vegetación en zonas específicas, el que se describe a continuación:

- Desecación y fragmentación de zona de alta actividad.

Se identificó una disminución del área del principal sector de vegetación activa en la zona central del humedal Valle Ancho. En esta zona de máximo vigor, donde se aprecia la mayor transferencia desde la clase "Estado de Vegetación Activo" a "Estado de Vegetación Seco", este fenómeno está provocando una fragmentación en dos zonas separadas por un parche central de vegetación seca, observable en la imagen N° 14 e imagen N° 16. **Lo anterior permite concluir que espacialmente existe una progresión latitudinal del fenómeno de desecación con dirección de sur a norte, pasando principalmente por el eje central del humedal Valle Ancho, presentando un fenómeno que se desplaza desde la zona de cabecera (sur) del mismo hacia el norte.**

- Efecto de desecación en zonas de borde. Una tendencia similar se presenta en parches de vegetación en los bordes del humedal en el sector norte que pasan de "Estado de Vegetación Semi seca" a "Seca" (Imagen N° 14). Respecto a la tendencia de desecación identificada en los bordes del sector norte del cuerpo principal del humedal, en atención a que se trata de los bordes paralelos a la base del valle, su desecación podría estar asociada a que la demanda hídrica del humedal Valle Ancho no se ve satisfecha de forma homogénea. **Analizando el patrón de desecación, se puede inferir que está asociada a un menor nivel freático, debido a que en los bordes**

del humedal se presentan zonas de una mayor altura respecto al fondo del valle, siendo probablemente las zonas más sensibles a una disminución del régimen de alimentación del humedal. En conclusión, en la primavera del año 2015 la mayor parte del humedal presenta bordes con características de vegetación seca, más que lo observado en el año 2014. El sector Valle Ancho Sur aparece sin cambio de estado, permaneciendo en su totalidad en estado seco (Imagen N° 14).

351. Finalmente, los resultados de la Imagen N° 16 fueron extraídos y ordenados en la Tabla N° 3, identificando el destino de los píxeles que originalmente representaban una determinada categoría en el año 2014, y que posteriormente se mantuvieron o cambiaron en la estimación realizada en la imagen satelital de noviembre del año 2015.

Tabla N° 3: Tabla de cambios de estado en superficie a nivel de píxel según imagen de noviembre de 2014 e imagen de noviembre de 2015.

Unidades en Pixeles	2015 Activo	2015 Semi seco	2015 Seco	TOTAL
2014 Activo	675	100	196	**971**
2014 Semi seco	74	606	170	**850**
2014 Seco	26	25	633	**684**
TOTAL	**775**	**731**	**999**	**2.505**

Fuente: Elaboración propia.

352. Luego estos datos fueron llevados a unidades físicas de superficie en metros cuadrados, considerando que el tamaño exacto de cada píxel equivale 900 metros cuadrados (30 m. x 30 m.). Estos resultados se exponen en la Tabla N° 4 siguiente:

Tabla N° 4. Tabla de cambios de estado en superficie estimado en m^2 según imagen de noviembre de 2014 e imagen de noviembre de 2015.

Unidades en m^2	2015 Activo	2015 Semi seco	2015 Seco	TOTALES
2014 Activo	607.500	90.000	176.400	**873.900**
2014 Semi seco	66.600	545.400	153.000	**765.000**
2014 Seco	23.400	22.500	569.700	**615.600**
TOTALES	**697.500**	**657.900**	**899.100**	**2.254.500**

Fuente: Elaboración propia.

353. De los 873.900 m^2 que componían la superficie activa del humedal Valle Ancho en el 2014, un 69,51% mantuvo esta condición en la evaluación realizada al año 2015, es decir, 607.500 m^2; en tanto el 30,48 % restante presentó una pérdida de esta categoría al 2015, presentando condición de semi seca unos 90.000 m^2, es decir 10,30 %; y una condición de categoría seca unos 176.400 m^2, que equivalen a un 20,19 %.

354. En cuanto a las superficies que originalmente se clasificaron como semi secas, que fueron unas 765.000 m^2, se identificó que al año 2015, un 71,29 % mantuvieron dicha condición, es decir, unos 545.400 m^2, mientras que un 20,0% de esos presentaron fenómenos de degradación, pasando a la categoría seca, es decir, unos 153.000 m^2; y un 8,71 % presentaron un recuperación pasando a la categoría de activa, es decir, unos 66.600 m^2.

355. En cuanto a la superficie clasificada como seca en el año 2014, que eran unos 615.600 m^2, es posible señalar que ésta presentó leves variaciones, ya que el 92,54 % de esa superficie se mantuvo en esta condición, es decir, unos 569.700 m^2; y solo se percibió un equivalente a una recuperación del 3,80 %, pasando a la categoría activa, con unos 23.400 m^2; y 3,65 % a

la categoría Semi seca, con unos 22.500 m^2. Esto implica que la superficie seca total del humedal se incrementó entre el año 2014 y 2015 en 173.500 m^2.

vi. Conclusiones respecto a la alteración del medio ambiente

356. La alteración del medio ambiente identificada en el escrito de formulación de cargos se refiere a un cambio no presupuestado en el sistema natural del humedal Valle Ancho, consistente en la desecación de al menos 69.4 hectáreas y el riesgo inminente de desecación de al menos otras 73 has.

357. La prueba que ha sido incorporada al procedimiento sancionatorio, tanto al momento de su inicio como con posterioridad a la formulación de cargos, y de la cual se ha dado una descripción acabada en el presente título, tiende a confirmar la efectividad de esta afectación.

358. Las visitas a terreno realizadas tanto por la SEREMI de Medio Ambiente de Atacama y la CONAF de Atacama, así como aquellas realizadas por esta Superintendencia, tanto antes del inicio del procedimiento sancionatorio, en la actividad de fiscalización, como durante el mismo, en la inspección personal, permiten confirmar que existe una zona extensa del humedal Valle Ancho que en la actualidad se encuentra seca, así como otro sector que muestra un grado alto de degradación como consecuencia del estrés hídrico. La superficie seca se tiende a concentrar en el sector sur del humedal.

359. Teniendo presente lo anterior y considerando los elementos de prueba tenidos a la vista, se ha llegado a la convicción de que la determinación de las dimensiones de la superficie afectada realizada por CONAF de Atacama en el Informe CONAF 2015 es la que presenta mayor fiabilidad, ya que se trata de un servicio con una vasta *expertise* técnica en la materia y con un gran conocimiento del sector. Además, en la determinación de dicha superficie se utilizó la compilación de antecedentes cartográficos, imágenes satelitales, en conjunto con una verificación en terreno, georreferenciando los puntos observados. Las conclusiones de este trabajo, tal como se indicó más arriba, es que, a la fecha de la visita en terreno realizada por dicho servicio, existían 69,4 ha. secas y 73,3 ha. de vegetación semi seca.

360. Cabe indicar que las dimensiones de dichas áreas no son cuestionadas en los descargos de CMM, sino que, por el contrario, en el Informe Biota 2015 tienden a ser confirmadas, con diferencias marginales, que el mismo informe atribuye a *"(...) ajustes en los límites de ciertas unidades"*. En atención a que en ambos informes se utilizaron metodologías diferentes, es esperable que las superficies no coincidan de manera exacta. Adicionalmente, es necesario considerar que el informe Biota 2015 utiliza un trabajo de foto interpretación visual, el cual no tiene el nivel de precisión que el realizado por CONAF. Esto último implica que es más adecuado considerar las delimitaciones de superficies realizadas por CONAF en su informe que aquellas realizadas por la consultora Biota.

361. Al revisar el comportamiento histórico de la vegetación de las diferentes zonas identificadas en el Informe CONAF 2015, la información que se ha reunido permite concluir que la zona identificada como seca ha sufrido una desecación progresiva desde el año 1995, la cual se vio acelerada el año 2000 (Figura N° 15). Si se aísla el sector sur del humedal, esta tendencia a la desecación es mucho más marcada, comenzando también en el año 1995, pero aumentando significativamente el año 2000 (Figura N° 14). Esto lleva a confirmar que la dirección de la desecación del humedal es en dirección sur a norte.

362. El comportamiento que muestra el análisis del índice SAVI es confirmado también por el análisis que realiza la consultora Biota a través del índice NDVI. Según el Informe Biota 2015 la zona seca identificada por CONAF muestra una baja en el índice NDVI, la cual es

más marcada a partir del año 2000. Esta tendencia es, nuevamente, mucho más clara si se considera solamente la sección sur del humedal (Figura N° 5).

363. Si se revisa, en cambio, los datos respecto de la zona semi seca, se puede observar que la tendencia del índice SAVI de esta zona es estable en términos generales desde el año 1991, incluso con una leve tendencia al alza (Figura N° 15). Esto implica que esta zona no ha sufrido un proceso de desecación en los últimos años, sino que muestra un índice de vegetación adecuado a su media histórica. Sobre este punto, el Informe Biota 2015 tiende a coincidir, mostrando que índice NDVI de esta sección se observa estable a lo largo de los años, sin evidenciar cambios similares a los experimentados por la zona seca (Figura N° 5).

364. Las anteriores consideraciones prueban que la vegetación del humedal Valle Ancho ha experimentado un proceso de degradación, que ha derivado en la desecación de la superficie identificada como seca por CONAF en su informe (69.4 ha). Respecto a la superficie que se encuentra en riesgo de desecación, esta no puede ser identificada con la superficie descrita como semi seca por CONAF, ya que los antecedentes no dan cuenta de que el frente de avance de la desecación coincida con esta superficie.

365. Lo anterior no significa que no exista una zona en riesgo de afectación en el humedal Valle Ancho. El hecho de que se haya acreditado que la desecación del humedal se incrementa de manera progresiva, conlleva necesariamente que existe un área que, aunque hoy no ha sido completamente degradada, se encuentra en riesgo de ser afectada en la medida en que el área seca continúe creciendo. En este sentido, la superficie identificada como en riesgo, es aquella que se encuentra más cercana al frente de avance de la desecación. Además, el tamaño de dicha superficie dependerá de dos variables: (i) de la velocidad de avance del frente de desecación; y (ii) del tiempo que se considere para determinar que una superficie está en riesgo. En último término, si la tendencia de desecación se comporta de igual modo que se comportó en las 22 hectáreas del humedal Pantanillo (avanzando hasta la desecación total del humedal), la superficie en riesgo será necesariamente la superficie total del humedal.

366. Para poder determinar de mejor manera el área y la velocidad del frente de avance de la desecación del humedal Valle Ancho, se realizó un análisis comparativo entre los años 2014 y 2015, el cual permite concluir dos principales puntos: (i) que espacialmente existe una progresión latitudinal del fenómeno de desecación con dirección de sur a norte, pasando principalmente por el eje central del humedal Valle Ancho; y (ii) que existe una desecación en los bordes en el sector norte del cuerpo principal del humedal. Parte de los cambios entre los sectores se producen directamente de la zona activa a la seca (principalmente en el sector centro-sur) y parte desde la zona semi seca a la seca (bordes sector norte).

367. Respecto a la velocidad del frente de desecación, en un período de un año la superficie identificada como seca se incrementó en 17.3 has., mientras que la superficie que cambió de activa a semi seca fue de 9 has. En este sentido, la superficie total que en ese período sufrió algún grado de afectación corresponde a 26.3 has., lo que a su vez equivale al 11% de la superficie total del humedal.

368. Las anteriores consideraciones llevan a estimar que la superficie identificada en el Informe CONAF 2015 como en riesgo, esto es, 73 has., bajo la misma tendencia de avance de la desecación actual, se encontraría afectada en un período cercano a los tres años. Esta extensión de tiempo es lo suficientemente breve como para confirmar que dicha superficie es efectivamente una superficie del humedal que se encuentra en riesgo de desecación. Esto constituye, sin embargo, solo una parte de la superficie que en realidad se encuentra en riesgo, ya que, dado el comportamiento que mostró el humedal Pantanillo y la velocidad de desecación del humedal Valle Ancho, es esperable que, en un período de menos de una década, el humedal pueda estar completamente seco.

369. En consecuencia, se puede considerar probado el hecho de que existe una superficie de 69.4 has. que se han desecado en el humedal Valle Ancho y que

efectivamente existen 73 has. que se encuentran en riesgo de desecación, en la medida en que podrían verse afectada dentro de un plazo relativamente corto de tiempo. Esto último, independientemente de que, de mantenerse el ritmo de avance de la desecación, la superficie que debe estimarse amenazada corresponde a la superficie total de humedal.

370. Respecto a que este proceso de degradación corresponda a un cambio no presupuestado o anormal de dicho medio ambiente, se ha podido acreditar también que la desecación del humedal Valle Ancho no se observa en otros humedales de control, los cuales muestran una tendencia mayoritariamente ascendente en su índice SAVI (Figuras 10-11). Es también muy relevante sobre este punto el hecho de que la parte activa del humedal Valle Ancho muestre un comportamiento casi exacto de la serie control, mientras que el sector seco tenga una tendencia a la desecación. Esto evidencia que aquella parte que no ha sido afectada por el frente de desecación tiene un comportamiento que se ajusta al normal del área. En este sentido se puede descartar una situación de compensación entre el área activa con el área seca.

371. Por lo tanto, el comportamiento de los humedales de control da cuenta que la afectación del humedal Valle Ancho no es parte de un proceso regular o esperable, sino que se trata de un comportamiento anormal que debe explicarse por agente causal local.

372. En relación a las alegaciones que ha realizado CMM sobre la efectividad de una alteración ambiental sobre el humedal Valle Ancho, ellas han ido siendo analizadas a lo largo de este capítulo, especialmente al abordar los informes técnicos presentados por la empresa. En sus escritos CMM ha buscado vincular la alteración del humedal Valle Ancho con una tendencia general del área a la desecación, la cual sólo se explicaría por la variabilidad en la pluviosidad. Sin embargo, en el Informe Biota 2015 esta línea de defensa no se ve confirmada, sino que, por el contrario, los datos que exhibe tienden a descartar que una supuesta desecación a macro escala pueda explicar las variaciones que en el mismo informe se presenta.

373. En el Informe Formation 2016, se sostiene, a diferencia del Informe Biota 2015, que los humedales del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénega Redonda mostrarían un comportamiento normal. Sin embargo, el fundamento para afirmar esto se encuentra en la comparación poco consistente que se realiza entre humedales que no pueden cumplir las características para ser utilizados como control o referencia. Por lo demás, el análisis que se realiza del humedal Valle Ancho no es un análisis diferenciado por zonas, por lo que tampoco puede compararse en el tiempo de aquella área que se encuentra hoy seca.

374. CMM también ha realizado un conjunto de defensas que pretender negar la relación causal que existiría entre esta desecación y el Proyecto Minero Refugio. Estas alegaciones serán abordadas en el capítulo siguiente, ya que ellas no niegan que existe una alteración del medio ambiente, sino que solo rechazan que sea atribuible al proyecto.

b) <u>Provocada directa o indirectamente por el proyecto</u>: Relación entre la actividad del Proyecto Minero Refugio con la afectación del humedal Valle Ancho

375. En la sección anterior se ha hecho referencia a la evidencia reunida respecto a la alteración o perturbación del medio ambiente identificada en la formulación de cargos, esto es, la desecación de entre 70 ha. de humedales ubicados en el humedal Valle Ancho y el riesgo de expansión a 73 ha. adicionales del mismo humedal. Al respecto se concluyó que dicha prueba resulta suficiente para dar por acreditada la afectación de la zona seca, y confirmar la existencia de una superficie amenazada.

376. Para que esta alteración pueda ser considerada un impacto ambiental en los términos del artículo 2 de la Ley N° 19.300, es necesario que ella haya sido provocada *directa* o *indirectamente* por un proyecto o actividad. Por ello, en la presente sección corresponde describir y ponderar la prueba que reunida sobre la vinculación entre la actividad del Proyecto Minero Refugio y la alteración al medio ambiente descrita.

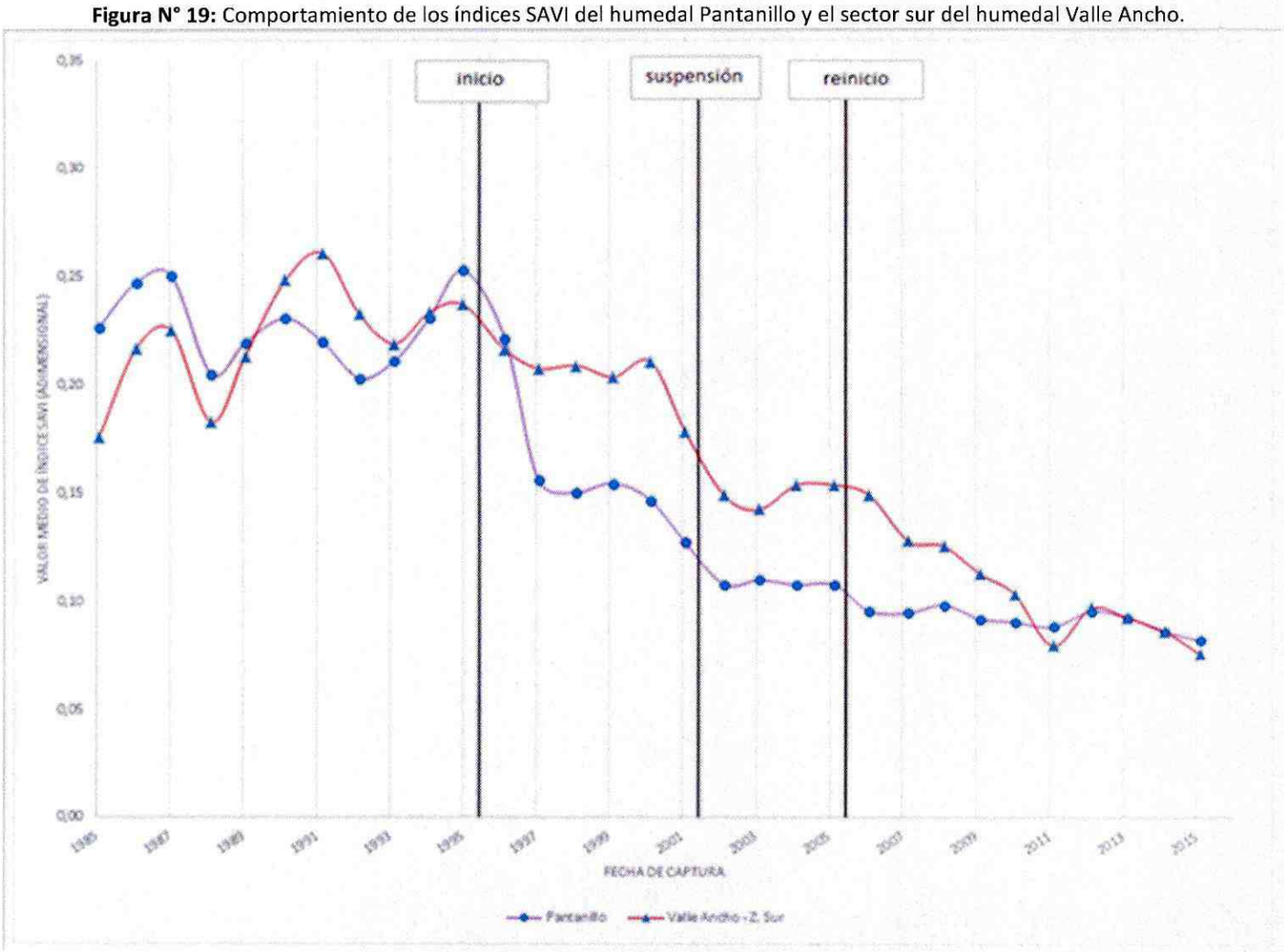
377. Para abordar de mejor manera este punto se realizará (i) una descripción del contexto en que ocurre la alteración del medio ambiente sobre el humedal Valle Ancho. Luego (ii), se abordarán los antecedentes técnicos que vinculan la extracción de agua por parte del Proyecto Minero Refugio con la desecación de los humedales del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénega Redonda y, en específico, al humedal Valle Ancho. Finalmente (iii), se evaluará el mérito de algunas alegaciones que ha planteado CMM respecto a esta relación de causalidad, especialmente sobre las apreciaciones técnicas que ha realizado la DGA sobre esta materia.

i. Contexto en el cual ocurre la afectación al humedal Valle Ancho

378. Con el objeto de evaluar la vinculación entre la actividad del Proyecto Minero Refugio con la afectación del medio ambiente que ha sido constatada en el humedal Valle Ancho, es necesario tener en cuenta el contexto en el cual se produce esta afectación. Lo anterior debido a que si bien el cargo levantado se refiere a la afectación del humedal Valle Ancho en específico, el daño verificado sobre este humedal es parte de una afectación más amplia sobre el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda.

379. El Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda se compone de un conjunto de humedales, dentro de los cuales el primero es el humedal Pantanillo, siguiendo aguas abajo el humedal Valle Ancho, el humedal Barros Negros y el humedal Ciénaga Redonda. Los cambios vegetacionales que han sido detectados en el humedal Valle Ancho han sido constatados también en el humedal Pantanillo, pero antes en el tiempo y con una intensidad mayor. Esto es expuesto de manera especialmente clara en la Figura N° 19. En esta figura se muestra las variaciones del índice SAVI del sector Sur del humedal Valle Ancho, en comparación a su variación en el humedal Pantanillo. Este gráfico muestra que, con un retraso de aproximadamente 5 años, el sector Sur del humedal Valle Ancho replica el comportamiento de la serie temporal de Pantanillo. Cabe recordar que, de todas las series estudiadas por esta Superintendencia, la única que estadísticamente tiene un comportamiento similar a la serie humedal Pantanillo, es la serie zonal Valle Ancho Zona Sur, con un p value=0.119.

Figura N° 19: Comportamiento de los índices SAVI del humedal Pantanillo y el sector sur del humedal Valle Ancho.



Fuente: Elaboración propia.

380. Los cambios de la vegetación del humedal Pantanillo han sido abordados en todos los informes de índices de vegetación en base a imágenes satelitales incorporados en el procedimiento sancionatorio, los cuales además tienden a coincidir en sus conclusiones. Aunque se aprecian algunas diferencias atribuibles a las distintas metodologías utilizadas, los resultados arrojados coinciden en que el humedal Pantanillo comenzó a experimentar un proceso de desecación especialmente fuerte, a partir del año 1995, secándose por completo antes del año 2002.

381. En el Informe Biota 2015 se señala respecto de la vega Pantanillo que: *"[e]n este humedal se ha producido un proceso de degradación de la vegetación que lo ha llevado a que, actualmente, gran parte de su superficie se encuentre cubierta por vegetación seca que no registra actividad en términos del NDVI. Este proceso, de acuerdo a lo observado en el Gráfico 1, se produjo de manera gradual desde el año 1995 hasta el año 2002 en el sector sur del humedal, y desde el año 1994 al año 2002 en la porción norte".*

382. En el Informe Formation 2016, por su parte, se indica de manera escueta que: *"[l]as tendencias en el IAF estacional a escala de humedales para el humedal Pantanillo son marcadamente diferentes a las observadas en el resto de los humedales de la cuenca hidrográfica del Salar de Maricunga. Se observa un decaimiento importante de actividad vegetacional entre 1995 y 1997".*

383. Sin que sea necesario abordar el resto de la abundante evidencia que existe a este respecto, resulta claro que el humedal Pantanillo ha sufrido de manera especialmente dramática la intervención de un agente causal local, el cual le ha llevado, a partir del año

1995, a la desecación total de sus 22 hectáreas. El único sector que no ha participado de esta desecación es una sección norte de la vega, denominada vega la Dormida o Pantanillo Norte, la cual se alimenta de aportes hídricos laterales.

384. Tal como ha dado cuenta la DGA en su Of. Ord. N° 170 del 9 de marzo de 2015, acompañado dentro de los Anexos del IFA Proyecto Minero Refugio, no se tiene registro de que en el sector Pantanillo existan extracciones continuas y permanentes de aguas distintas a las que abastecen de agua al Proyecto Minero Refugio[62]. Es decir, el único factor local que distingue este sector corresponde a la extracción de agua por parte de CMM.

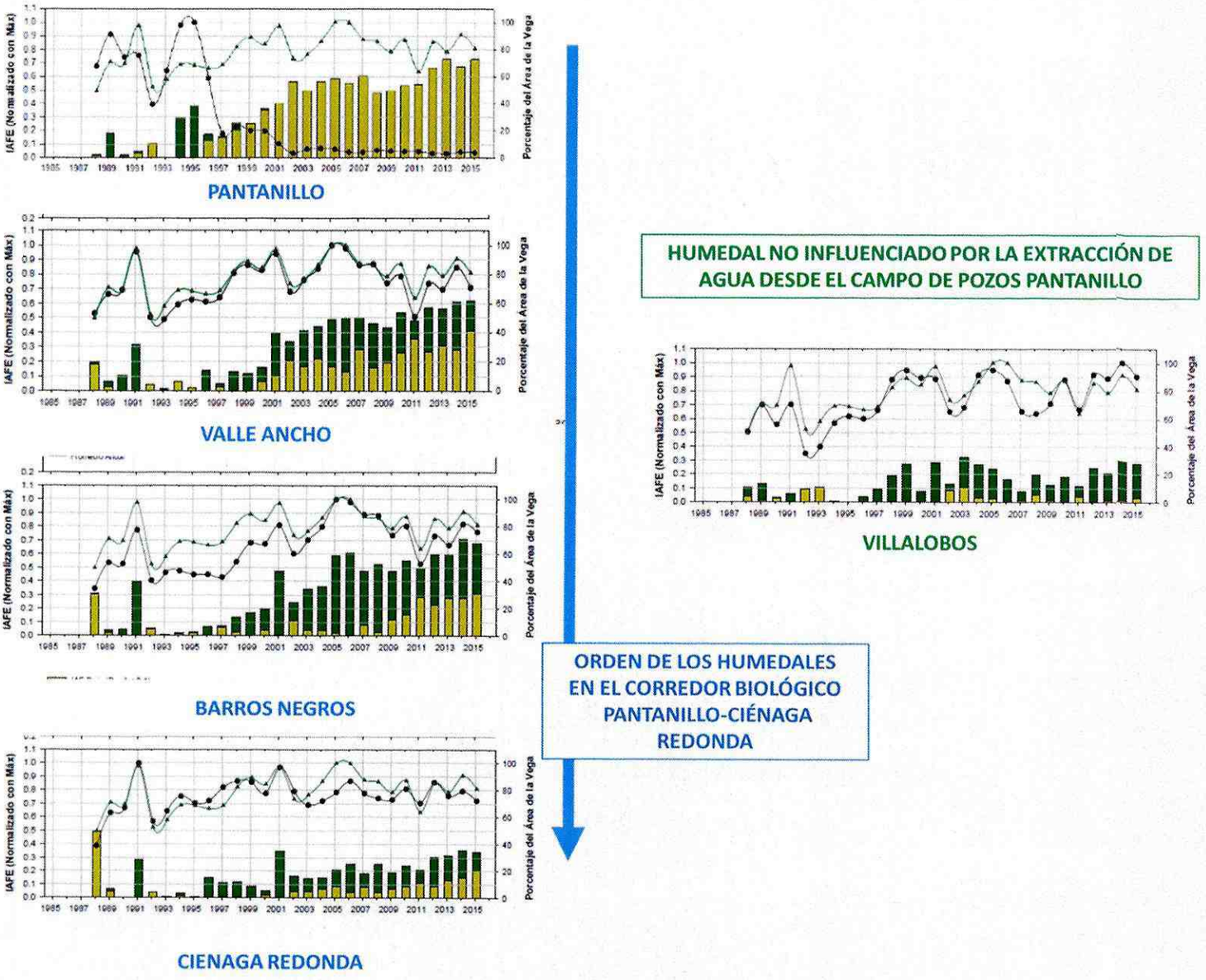
385. La relación entre la afectación del humedal Pantanillo y la extracción de agua por parte del proyecto se ve reforzada por el hecho de que la muerte del humedal Pantanillo comienza el año 1995, justo después de iniciada la extracción de agua. Por lo demás, se trata de un impacto ambiental que se representó como posible (aunque "difícilmente evaluable") en la propia evaluación ambiental del Proyecto Minero Refugio, aprobada por la RCA N° 2/94, incluyéndose una medida específica en el caso en que este impacto se configurara (conexión de las vegas con los pozos).

386. El tener en cuenta el contexto en el cual se sitúa el daño al humedal Valle Ancho, permite interpretar de mejor manera la información disponible sobre esta afectación. Si, por el contrario, la información relativa al humedal Valle Ancho se observa de manera aislada, sin considerar la afectación general de Corredor Biológico y en especial aquella que ha sido constatada aguas arriba, entonces estos antecedentes pueden perder su mérito explicativo.

387. A modo de ejemplo, en el caso de los antecedentes entregados en el Informe Formation 2016 respecto a los comportamientos de los deciles más bajos de IFA (verde limón) en los humedales Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros, Ciénega Redonda y Villalobos, se puede concluir, como lo hace la consultora, que *"(...) algunas áreas con actividad vegetacional decaída (Decil <0,1) tienden a ser compensadas con áreas con más actividad vegetacional (Decil >0,9)"*. Sin embargo, en el momento en que el comportamiento de las variaciones de los deciles más bajos de IAF son comparados entre los humedales, considerando además su posición dentro del corredor, se puede observar que esta supuesta compensación no se da del mismo modo en todos ellos. Así, en la medida en que el humedal es más cercano al campo de pozos, el aumento del decil más bajo es mayor. Además, temporalmente existe una diferencia secuencial: en el caso del humedal Pantanillo el aumento del decil más bajo comienza en el año 1995; en el caso del humedal Valle Ancho en el año 2001; y en el humedal Barros Negros, en forma más clara y constante recién en el año 2009. En el caso del único humedal del análisis realizado por la consultora Formation que tiene un régimen de alimentación hídrica desconectado, el humedal Villalobos, este aumento del decil más bajo simplemente no se observa:

[62] Esto ha sido confirmado en el Informe DGA 2015 y en el Of. Ord. 12/2016 remitido por la DGA a esta Superintendencia el día 22 de febrero de 2016.

Figura N° 20: Gráfico comportamiento IAF y deciles según Informe Formation 2016.



Fuente: Elaboración propia en base a Informe Formation 2016.

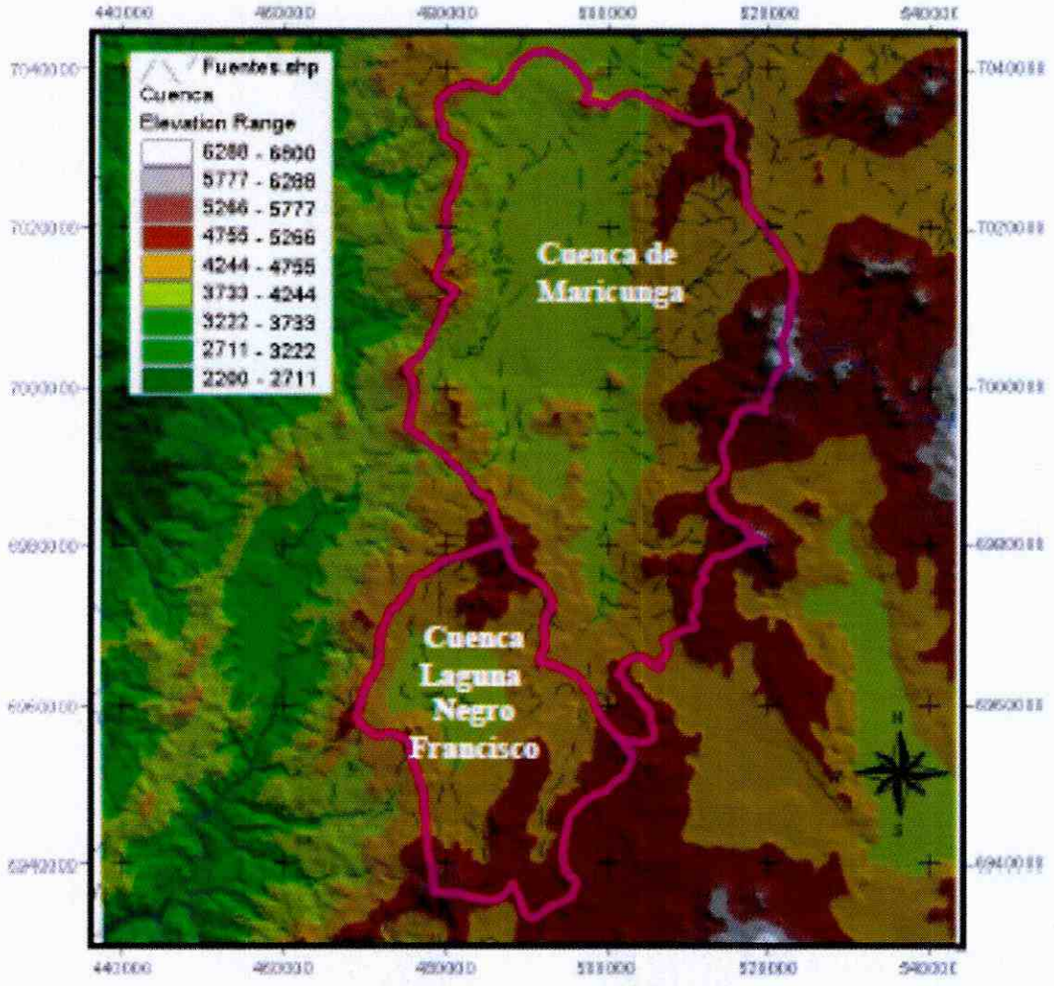
388. A continuación se analizarán los antecedentes que vinculan la extracción de agua por parte del Proyecto Minero Refugio, con la desecación de la vegetación en el Corredor Biológico, haciendo especial referencia al humedal Valle Ancho.

ii. Vinculación entre la actividad del proyecto y la desecación del humedal Valle Ancho

a. Breve descripción del acuífero

389. La subcuenca Ciénaga Redonda se encuentra dentro de la cuenca del Salar de Maricunga. Esta última corresponde a la segunda cuenca cerrada más grande de la Tercera Región, después de la cuenca del Salar de Pedernales. Es una cuenca de tipo endorreica y en su zona terminal contiene un salar tipo playa con numerosos cuerpos de agua salinos. La geología de la cuenca es una variedad de formaciones volcánicas, rocas plutónicas y terrenos sedimentarios. Posee un área de 2.550 Km^2, superficie obtenida en base a una delimitación hidrológica de la información topográfica digital dispuesta por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), la cual se aprecia en la siguiente Figura:

Imagen N° 17: Delimitación Hidrológica Cuenca del Salar de Maricunga y Cuenca Laguna del Negro Francisco.

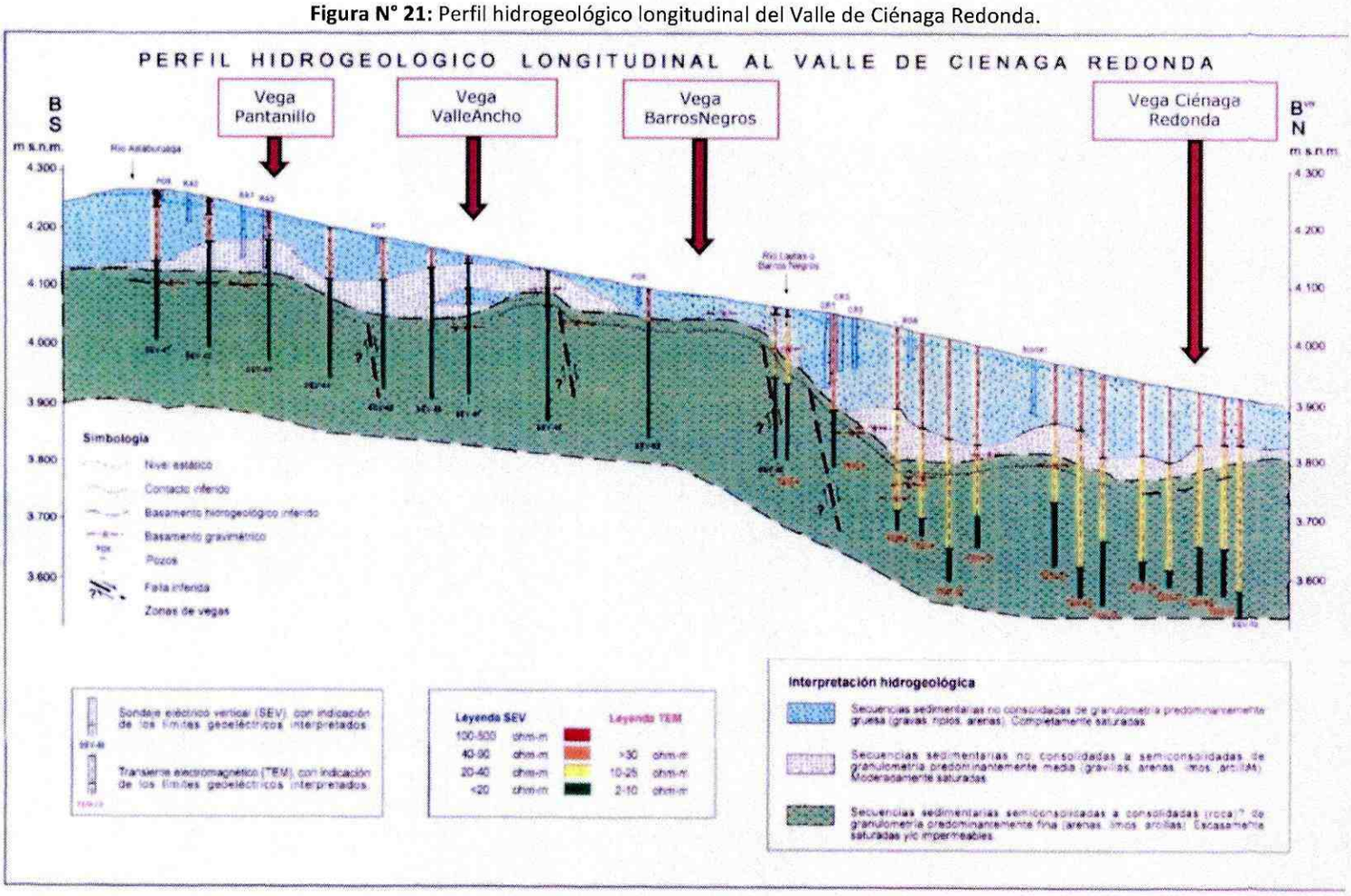


Fuente: Informe DGA 2006.

390. La subcuenca de Ciénaga Redonda[63] tiene una extensión aproximada de 857 km^2 y aporta su escorrentía al Salar de Maricunga desde el sureste. Su red de drenaje posee una quebrada central de recorrido norte-sur conformado por un angosto valle central de algunos cientos de metros y aproximadamente 35 kilómetros de largo, que se desarrolla entre el límite hidrológico con la cuenca del Negro Francisco y su desembocadura a la cubeta terminal de la cuenca de Maricunga. El escurrimiento por la quebrada es intermitente, con sectores secos producto de la infiltración y sectores con escurrimiento superficial debido al afloramiento de parte de la recarga que no puede ser conducida por el acuífero. En estas singularidades hidrogeológicas, de origen estructural y litológico, se generan tramos con escurrimiento superficial permanente, en donde aparecen humedales que constituyen una importante fuente de evapotranspiración y que actúan como reguladores de la escorrentía total disponible hacia aguas abajo, como se aprecia en la siguientes figura:

[63] Departamento de Estudios y Planificación Dirección General de Aguas. Análisis de la Situación Hidrológica e Hidrogeológica de la Cuenca del Salar de Maricunga, III Región (2006). pp. 4-6.

Figura N° 21: Perfil hidrogeológico longitudinal del Valle de Ciénaga Redonda.



Fuente: Informe DGA 2015, Figura 12.

391. Los principales aportes superficiales hacia la quebrada corresponden a los riachuelos Barros Negros y Villalobos, con caudales promedios que alcanzan los 74 y 42 l/s, respectivamente. Adicionalmente, aun cuando los flujos superficiales del río Astaburuaga son desviados en su desembocadura en dirección sur, hacia la Laguna del Negro Francisco.

b. Extracción de agua por parte del Proyecto Minero Refugio y efecto sobre las napas subterráneas.

392. En el EIA del Proyecto Minero Refugio se señala que el agua para la operación del proyecto será obtenida de los derechos de aprovechamiento con que la empresa cuenta en los pozos RA-1, por 108 litros por segundo; en el pozo RA-2, por 105 litros por segundo; y en el pozo RCA-3, por 45 litros por segundo[64]. Se especifica que la extracción regular solo se efectuará desde los pozos RA-1 y RA-2 en forma alternada, y que el pozo RA-3 quedará reservado como respaldo en caso de emergencias. El volumen de extracción se fija en 70 litros por segundo. Estas condiciones de uso son las que fueron aprobadas en la RCA N° 2/2004.

393. Los volúmenes de extracción antes descritos fueron modificados en la DIA del proyecto "Modificación Instalaciones y Diseños Proyecto Refugio", presentada el año 2003. Dicho proyecto tenía como objetivo el mejorar la operación del Proyecto Minero Refugio, cuya actividad había sido suspendida el año 2002, debido a los bajos precios internacionales del mineral. La DIA, según su texto, tenía el fin de disminuir los costos de operación, principalmente mediante el aumento del tonelaje de mineral procesado diariamente, el cual ascendería a 40.000 t/d. Este aumento

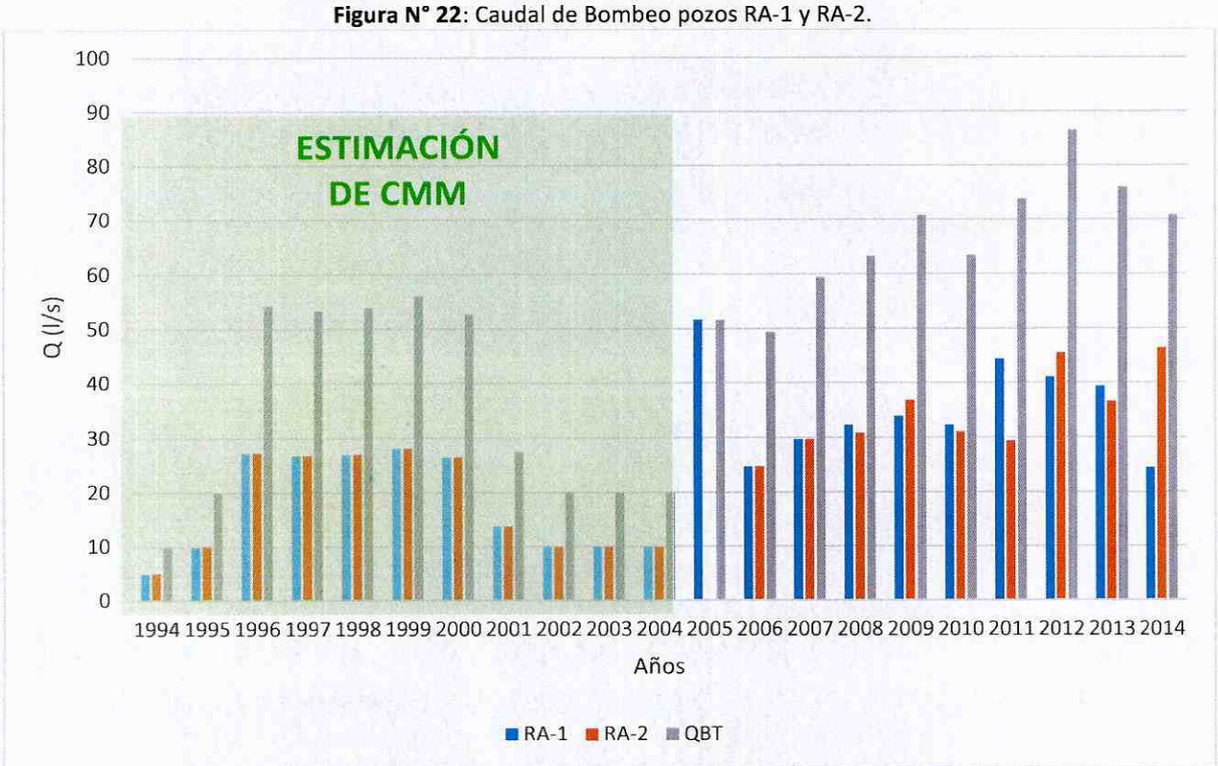
[64] Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero Refugio, numeral 3.3.2.

de la producción iba asociado a un aumento en la cantidad de agua utilizada, la cual sería obtenida desde la misma fuente desde la que había sido obtenida hasta ese entonces.

394. En la DIA se señala que el *peak* de consumo de agua de la planta de procesos ampliada va a ser de 657 m^3/h y que el consumo medio de agua será de 341 m^3/h, equivalente a 95 litros por segundo. El aumento en la utilización de derechos de agua fue aprobada por la RCA N° 4/2004, dando pie a la reactivación del proyecto, lo cual tuvo lugar el año 2005. Se debe tener presente que CMM ha señalado que el Pozo RA-3 no ha sido utilizado para la extracción de agua sino que sólo como pozo de control, para la medición de niveles de agua subterránea y para el desarrollo de pruebas de bombeo, lo cual es consistente además con el numeral 3.8.1 de la DIA del Proyecto Minero Refugio, en el cual se indica que el pozo RA-3 sólo será utilizado para emergencias.

395. Mediante Res. Ex. N° 10/D-14-2015, de fecha 12 de agosto de 2015, se solicitó a CMM la entrega de los caudales históricos de extracción de CMM desde los pozos RA-1 y RA-2, desde el año 1994 hasta el año 2014. En su respuesta, entregada con fecha 18 de agosto de 2015, la empresa acompaña la información sólo desde el año 2005, indicando respecto del período anterior que no pudo obtener los registros sobre los caudales bombeados. En remplazo del registro de dichos caudales entrega una estimación de los caudales realizada por la empresa Hidromas, la cual es efectuada en base la actividad de la Planta de Procesos de Compañía Minera Maricunga en el período 1994 hasta 2004. Para este cálculo se asumen un conjunto de hechos, sobre los cuales no se acompaña evidencia que los sustente, tales como que entre los años 1996 y 2001 se habría considerado una mejora continua en la tasa de uso de agua para proceso y que los pozos RA-1 y RA-2 habrían sido utilizados en igual intensidad durante el período de extracción. De todas formas, la estimación entregada por la empresa Hidromas puede ser considerada como referencia para efectos de evaluar la intensidad en el volumen de extracción, especialmente, considerando que esta es la única fuente disponible sobre este punto. A continuación se grafican los datos de extracción aludidos:

Figura N° 22: Caudal de Bombeo pozos RA-1 y RA-2.



Fuente: Elaboración propia, en base a presentación de CMM, de 18 de agosto de 2015.

396. Según la información proporcionada, la actividad del proyecto ha implicado un bombeo constante desde el acuífero en una cantidad promedio anual que fluctúa entre los 10 litros por segundo, en el momento de menor consumo al inicio del proyecto, hasta los 86,7 litros por segundo el año 2012.

397. Con el objeto de tener antecedentes técnicos respecto a la vinculación entre la extracción antes descrita y las afectaciones a las vegas, en el considerando VIII de la Res. Ex. N° 1/ Rol 14/2015, de 5 de mayo de 2015, se resolvió oficiar a la Dirección General de Aguas para que, sobre la base de los antecedentes proporcionados, *"(...) se pronuncie acerca de la situación actual de las extracciones de agua subterránea desde el campo de pozos de Pantanillo y su relación con el estado de la vegetación del corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda"*. El Oficio fue complementado por el Ord. D.S.C. N° 756, de 8 de mayo de 2015, mediante el cual se aportó información adicional para el informe solicitado.

398. La respuesta de la DGA fue remitida a la SMA mediante el Of. Ord. N° 117, de fecha 9 de diciembre de 2015. En él se describe la situación actual de la extracción de las aguas subterráneas del campo de pozos de Pantanillo, conformado por los pozos RA-1, RA-2 y RA-3 de CMM, confirmándose lo señalado en el Of. Ord. N° 170, del 9 de marzo del 2015, de la DGA de Atacama, en el cual se señaló que los únicos derechos de aprovechamiento de agua que estarían en utilización serían aquellos de CMM. Se analizan también los volúmenes de extracción, tal como se ha expuesto más arriba, haciéndose hincapié en algunas inconsistencias entre la información de bombeo entregada a la DGA y aquella expuesta por la consultora Hidromas. Después de referirse a la situación de la extracción de agua desde el campo de pozos en Pantanillo, la respuesta se aboca a revisar la relación entre aquella extracción de agua subterránea y el estado de la vegetación del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, comentando técnicamente algunos aspectos planteados por CMM en sus descargos, así como algunos informes técnicos encargados por la empresa.

399. A continuación se desarrollarán en forma resumida los planteamientos más importantes presentados por la DGA en su Oficio.

c. Niveles freáticos en el sector del campo de Pozos Pantanillo

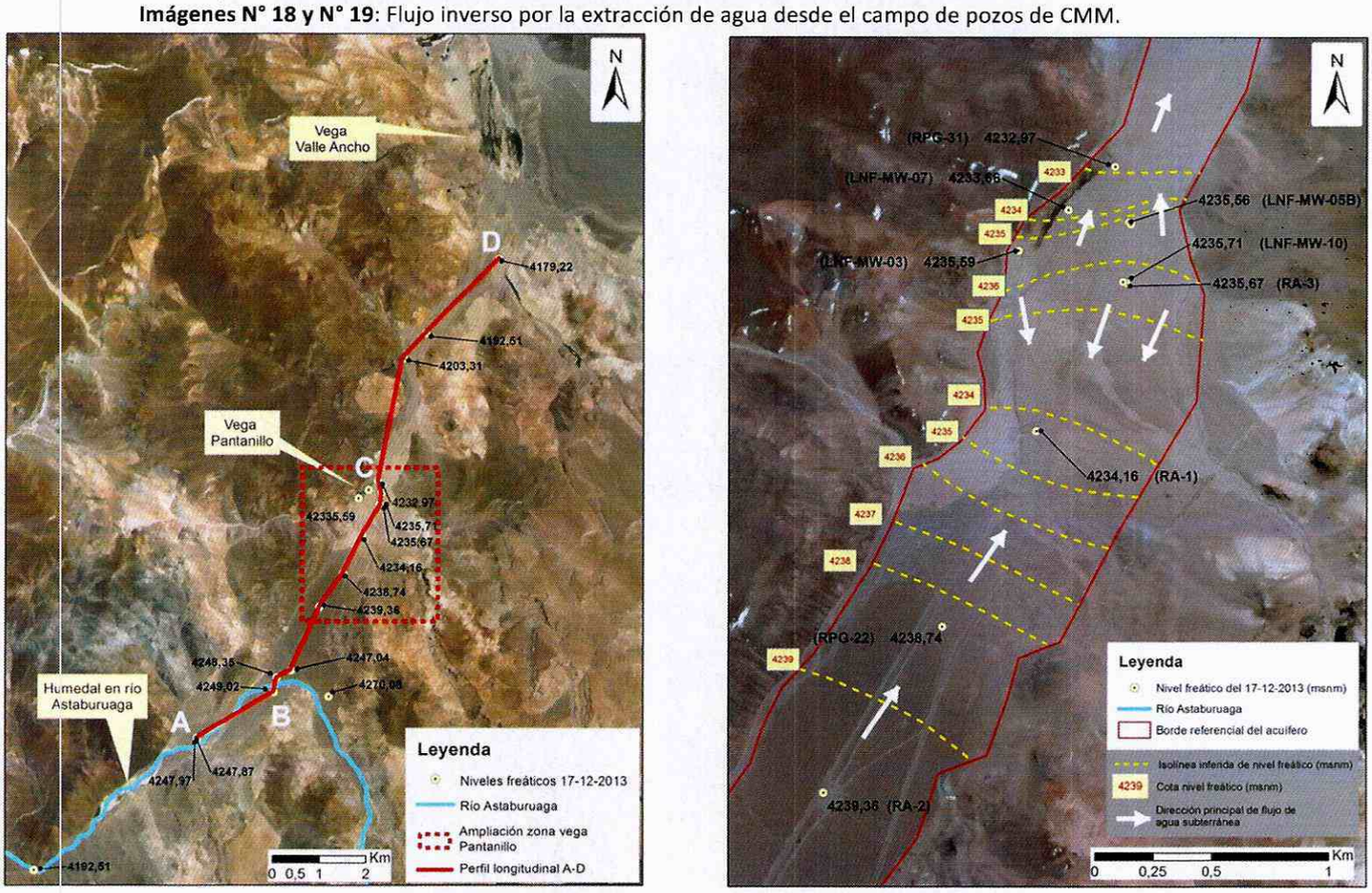
400. Al momento de evaluar la vinculación entre la actividad de extracción de agua del Proyecto Minero Maricunga con la desecación en el sector de las vegas del Corredor Biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, lo primero a que se aboca la DGA es a revisar la información disponible respecto a los niveles freáticos en el área de los pozos. Para ello se toman como antecedentes la información asociada a tres fuentes: (i) los reportes entregados por el titular en atención al resuelvo N°5 de la RCA 2/1994, referida los pozos RA-1, RA-2 y RA-3 (contrastados y complementados con aquellos entregados por CMM a la SMA); (ii) datos de niveles freáticos de otros 26 pozos, del período febrero de 2013 a octubre de 2014, cuyos reportes fueron entregados a la SMA en noviembre de 2014; y (iii),información complementaria entregada por el Informe Técnico "Caracterización Hidrogeológica Sistema Acuífero Ciénaga Redonda", el cual fue acompañado como anexo a los descargos de la empresa.

401. Al analizar los datos disponibles, la DGA destaca los registros de niveles freáticos del entorno de la vega Pantanillo, los cuales se encuentran, en promedio, con profundidades de entre 3,54 metros –pozo LNF-MW-39– y 4,92 metros –pozo LNF-MW-04–. Además, se da cuenta de variaciones abruptas en períodos cortos de tiempo, así como la evidenciada en el pozo LNF-MW-03, que muestra una depresión del nivel freático igual a 0,47 metros en el lapso de un mes –del 2 de diciembre de 2013 al 4 de enero de 2014–, o el descenso del nivel freático del pozo RA-3 de 0,68 metros en casi dos meses –del 8 de noviembre de 2013 al 4 de enero de 2014–. Estas variaciones, por su magnitud y velocidad, indica la DGA, pueden atribuirse a los caudales de bombeo en los Pozos RA-1 y RA-2.

402. Otro punto que se destaca en esta parte del Informe DGA 2015 es la constatación de un cambio del gradiente hidráulico en el sector del campo de pozos, lo que implica un cambio en la dirección de flujo de agua subterránea. Se indica que al analizar los niveles freáticos medidos en los pozos del entorno de la vega Pantanillo, se puede comprobar que los pozos RA-3 y LNF-MW-10 tienen mayores niveles freáticos que el pozo RA-1, el cual se encuentra ubicado al sur de ellos, y también presentan mayor nivel freático que el pozo LNF-MW-05B. Esto implica que para la fecha indicada, el 17 de diciembre de 2013, se detecta una alteración en los gradientes hidráulicos, generando

una inversión del flujo del agua subterránea en el acuífero, con dirección de norte a sur hacia el pozo RA-1, lo que implica una reducción de los flujos de agua subterránea en dirección a la vega Valle Ancho. La inversión de flujos es expuesta en la Figura 16 del Informe DGA 2015, la cual se replica a continuación:

Imágenes N° 18 y N° 19: Flujo inverso por la extracción de agua desde el campo de pozos de CMM.



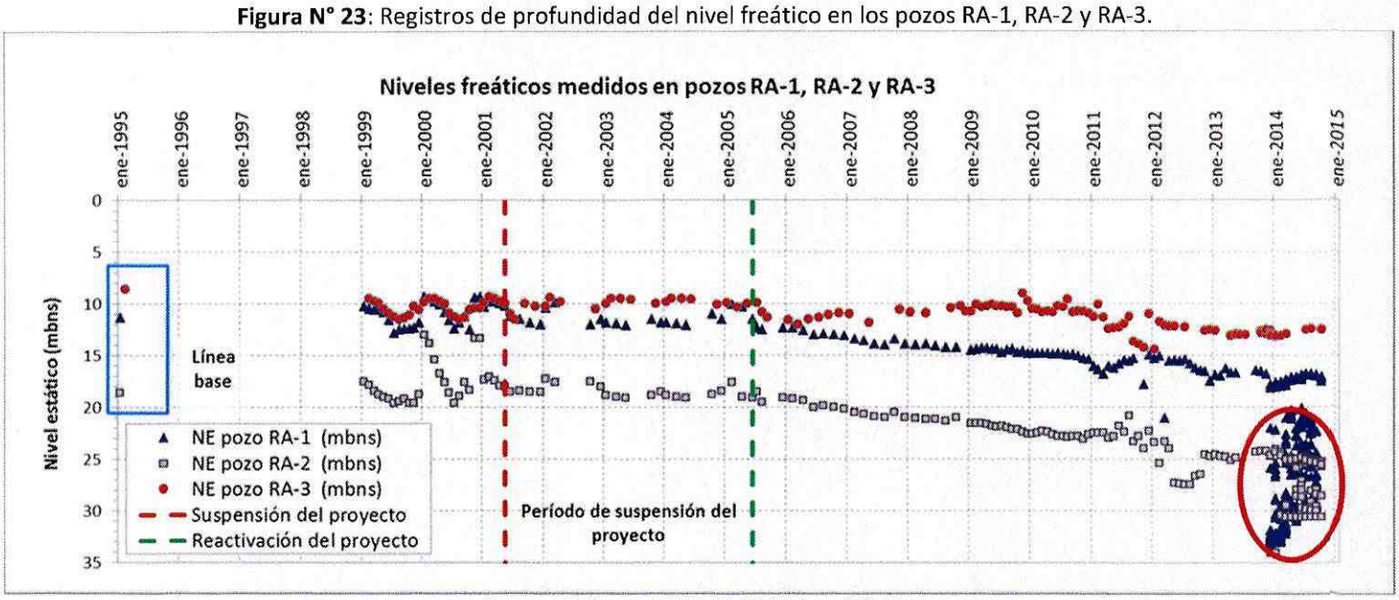
Fuente: Informe DGA 2015. Figura N° 16.

403. Respecto a los niveles freáticos en el sector del campo de pozos y en la vega Pantanillo, la DGA en su oficio extrae como principales conclusiones, las siguientes: (i) que considerando la información proporcionada por el propio titular, *"(...) y dada la condición seca del humedal vega Pantanillo que ha sido verificada y reportada por el MMA, la SMA y el SAG,* ***se puede afirmar que la sustentación y recuperación de la condición de la vega no es compatible con el nivel freático observado en el período aludido"***; (ii) *"(...)* ***se constata una inversión del gradiente hidráulico en la zona aledaña a Vega Pantanillo, y consecuentemente, una reducción de flujos hacia aguas abajo"***; y (iii) que de la comparación entre la información analizada para diciembre de 2013 y la línea base aplicable, se comprueban descensos superiores a 3 metros, el cual es el valor que la RCA N°268/2009 describe como la mayor fluctuación meteorológica que es representativa del acuífero sin proyecto.

d. Tendencias históricas en los pozos RA y análisis de la vinculación entre los descensos en los niveles freáticos y el bombeo de agua desde los pozos RA-1 y RA-2

404. En el Informe DGA 2015, al analizarse este aspecto, se realiza una evaluación de la información relativa a los niveles freáticos de los pozos, vinculada a los volúmenes de bombeo de agua. El cuadro que representa los niveles freáticos de los pozos en el tiempo, es aquel incluido como Figura 18 del Oficio, replicado a continuación:

Figura N° 23: Registros de profundidad del nivel freático en los pozos RA-1, RA-2 y RA-3.



Fuente: Informe DGA 2015. Figura N° 18.

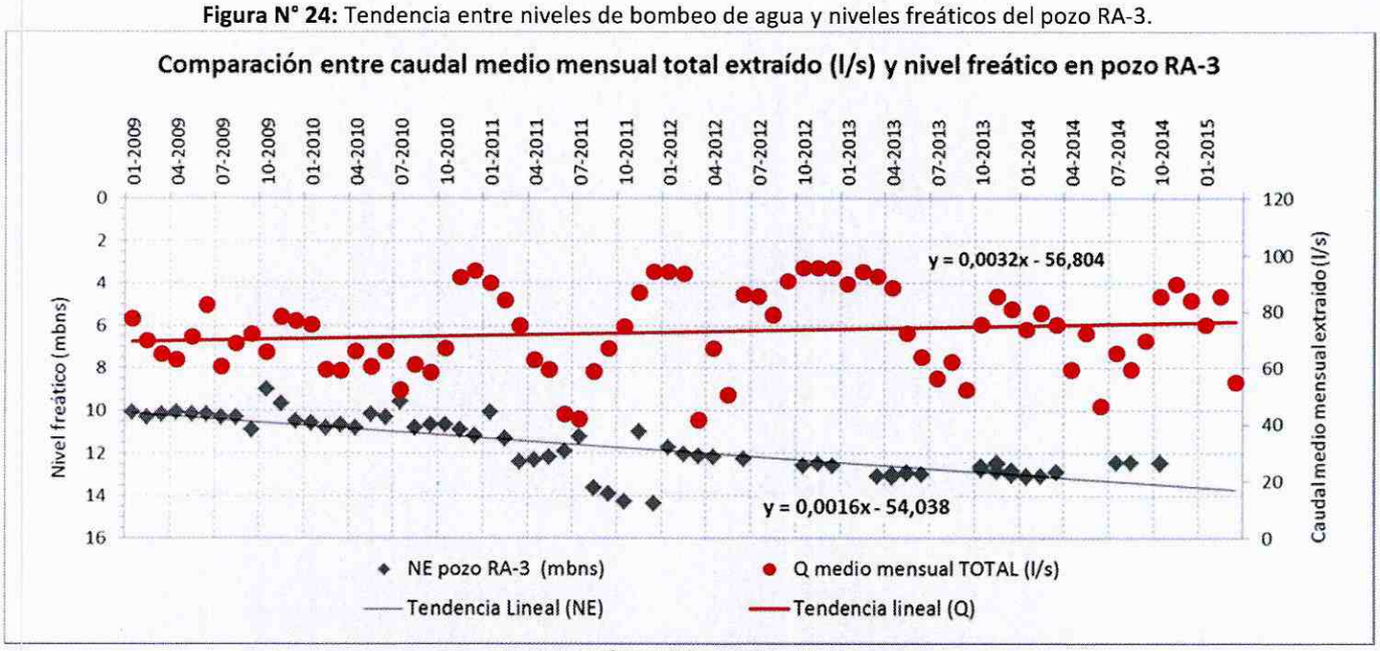
405. En el Informe DGA 2015 se destaca que el nivel freático del pozo RA-3, durante el período de suspensión del proyecto, el cual se extendió entre mayo de 2001 y junio de 2005, tiene una variación máxima de 2,1 metros, pero para el período siguiente, entre julio de 2005 y julio de 2008, con el proyecto nuevamente en operación, el nivel promedio baja en 1,2 metros con una variación máxima de 1,4 metros. También se destaca el hecho de que durante el período de julio de 2005 a julio de 2008 se muestra una tendencia de los niveles freáticos relativamente estable, pero que esto cambia el año 2009, cuando se comienzan a observar mayores descensos y variabilidad. Este cambio, indica la DGA, puede explicarse por el incremento en los caudales medios anuales bombeados desde el campo de pozos, ya que el promedio de los caudales anuales del período que va del año 2005 a 2008 alcanza los 55,9 l/s, mientras que en el período que va del año 2009 a 2014 el promedio se incrementa a 73,6 l/s.

406. En el Informe DGA 2015[65] se afirma que al evaluar los niveles de línea de base tomados en el EIA aprobado por la RCA N° 2/1994, con los datos históricos proporcionados por CMM, los resultados son sumamente claros en mostrar que, desde la operación del proyecto los niveles han tendido a bajar. En efecto, de las 193 comparaciones realizadas sobre los niveles freáticos del pozo RA-1, 169 se encontraban por debajo de la línea de base, lo que equivale a un 88%. En 121 de ellas el descenso fue mayor de 3 metros, rango que definido en la evaluación ambiental como dentro de lo que podría ser una variación natural[66]. En el caso de las comparaciones para el pozo RA-2, de las 316 comparaciones, 287 (91%) resultaron por debajo de la línea de base, y de ellas 244 fueron descensos mayores a 3 metros. Finalmente, de las 140 comparaciones de niveles freáticos realizadas respecto al pozo RA-3, el 100% presentó un nivel freático por debajo de la condición de línea de base, en el 34% de los casos se midieron descensos mayores a 3 metros.

407. La vinculación entre el volumen de extracción y la baja en los niveles freáticos en el pozo RA-3 se encuentra claramente establecida por las tendencias opuestas que se observa entre ambas variables. La DGA señala sobre este punto que, mientras los caudales de bombeo medios mensuales han tendido a incrementarse en el tiempo, el nivel freático se ha profundizado en el pozo RA-3. Esto se refleja en la Figura 20 del Oficio la cual se replica a continuación:

[65] Informe DGA 2015. pp. 27-29.
[66] Considerando N° 3.7.7 de la RCA N° 268/2009.

Figura N° 24: Tendencia entre niveles de bombeo de agua y niveles freáticos del pozo RA-3.



Fuente: Oficio DGA. Figura N° 20.

408. En la misma línea se encuentra la vinculación entre el funcionamiento del proyecto y los niveles freáticos del pozo RA-3, ya que tal como destaca la DGA, en los períodos en los cuales este no operó se observa una clara recuperación de los niveles freáticos, mientras que al poco tiempo después de la reanudación de las operaciones se genera un descenso abrupto. Esto se puede apreciar en la Figura N° 21 del oficio, la cual se replica a continuación en la Figura N° 25:

Figura N° 25: Período de suspensión del proyecto y comportamiento de los niveles freáticos.



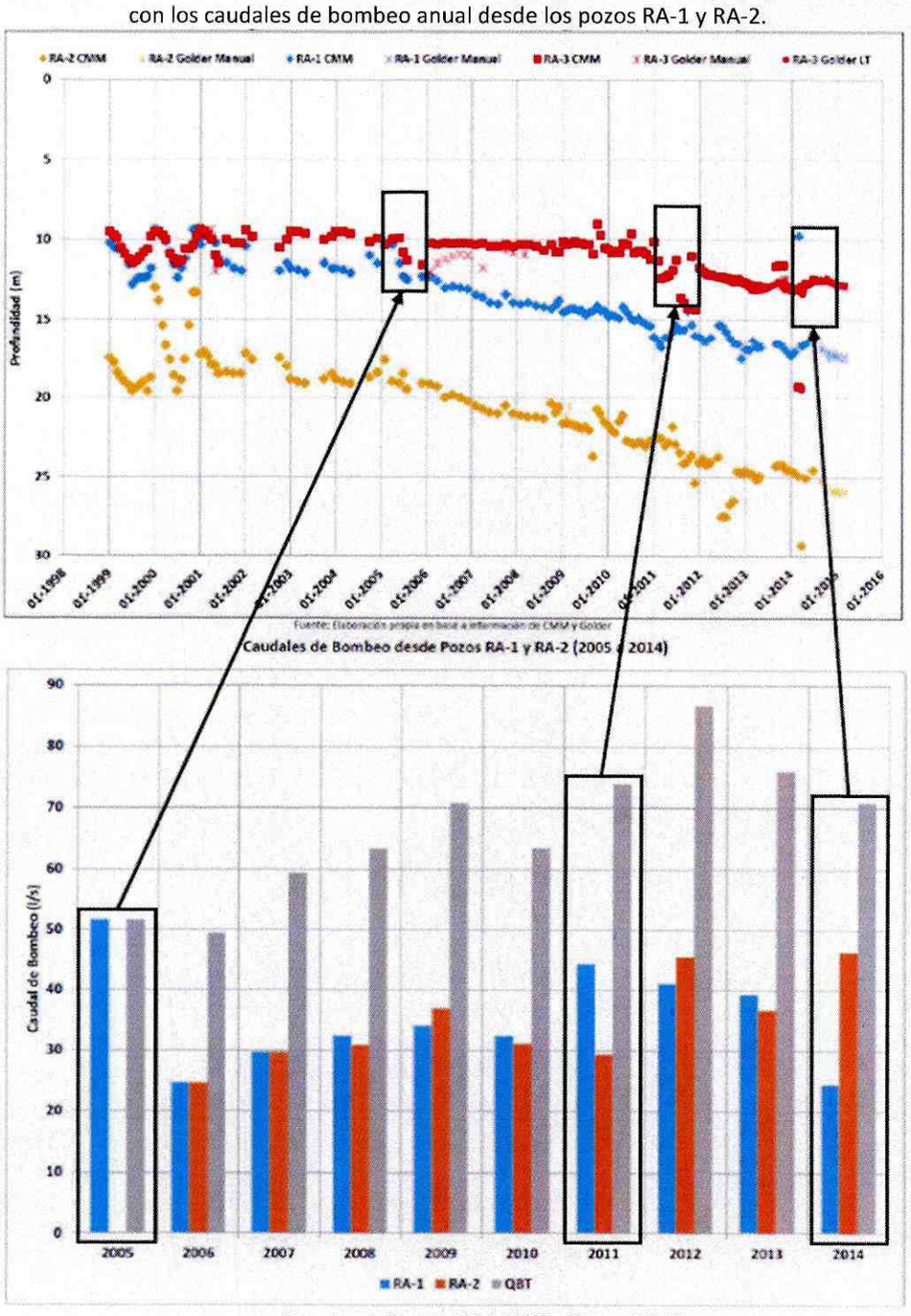
Fuente: Oficio DGA. Figura N° 21.

409. Sobre este punto debe tenerse en cuenta que el Considerando N° 3.7.7 de la RCA N° 268/2009 afirma que *"[l]as estadísticas del nivel piezométrico de los distintos pozos permiten identificar variaciones estacionales y anuales que fluctúan hasta un máximo de 3 metros, asociado potencialmente a las fluctuaciones meteorológicas del área"*. Sin embargo, del análisis de la DGA se extrae que *"(...)* ***6 meses después de reanudar el bombeo se alcanza el límite de lo que el titular definió como el rango natural***", concluyéndose que: *"[c]on ello, resulta inevitable concluir que*

luego de 6 meses de reactivado el bombeo ocurre un efecto de descenso en el nivel freático medido en el pozo RA-3"[67].

410. La observación más clara que levanta la DGA respecto de la estrecha vinculación que existe entre la extracción de agua desde los pozos RA-1 y RA-2, con la variación en los niveles freáticos anuales medidos en el pozo RA-3, dice relación con el efecto que se genera cuando la extracción es realizada únicamente en el pozo RA-1, más cercano al pozo RA-3. En el Oficio se muestra que el año 2005, cuando se reinició el bombeo, la totalidad del caudal promedio de 50 l/s fue bombeado desde RA-1, y en dicho período se verifica justamente un descenso pronunciado en el pozo RA-3. El año siguiente la extracción del pozo RA-1 se redujo a la mitad, lo que permitió una recuperación de los niveles del pozo RA-3. Lo anterior se puede apreciar con claridad en la figura 23 del Informe DGA 2015:

Figura N° 26: Comparación de registros de profundidad de nivel freático medido en los pozos RA-1 RA-2 y RA-3, con los caudales de bombeo anual desde los pozos RA-1 y RA-2.

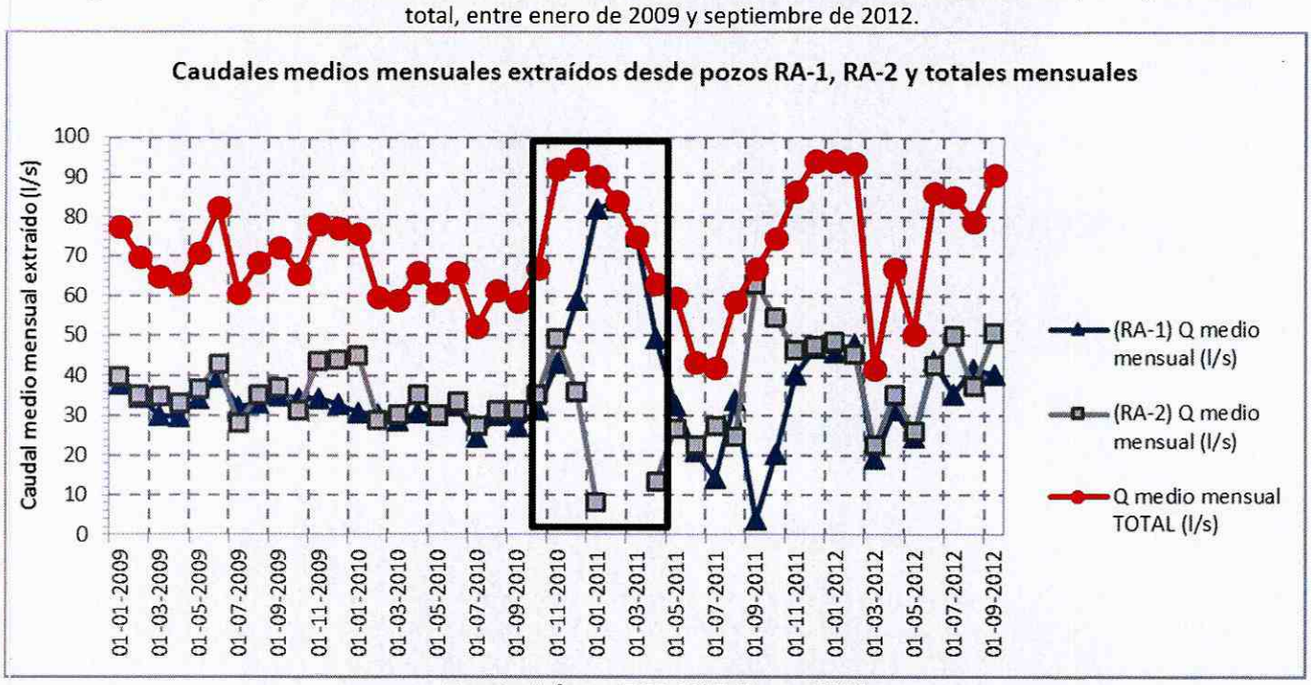


Fuente: Informe DGA 2015. Figura N° 23.

[67] Informe DGA 2015. p. 29.

411. En años posteriores a la reanudación del proyecto, el caudal de bombeo desde RA-1 fue en aumento, incrementandose especialmente el año 2011. En el Informe DGA 2015 se exponen datos a escala mensual, los cuales dan cuenta que entre diciembre de 2010 y abril de 2011 casi no se bombeó desde el pozo RA-2, mientras que en el pozo RA-1 aumentó significativamente el bombeo. Esto coincide nuevamente con descensos claros en el pozo RA-3 ocurridos el mismo año 2011. Lo anterior queda explícito en la figura 24 del Informe DGA 2015:

Figura N° 27: Comparación entre los caudales medios mensuales extraídos desde los pozos RA-1, RA-2 y el caudal total, entre enero de 2009 y septiembre de 2012.



Fuente: Informe DGA 2015. Figura N° 24.

e. Antecedentes técnicos que sustentan la susceptibilidad de generación de efectos adversos sobre el acuífero y las vegas del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda

412. Habiendo ponderado los antecedentes vinculados a los volúmenes de bombeo y los niveles freáticos de las aguas subterráneas, la DGA desarrolla en su oficio una respuesta a la pregunta que le fue planteada por la SMA, esto es, la relación entre dicha extracción de agua y el estado vegetacional del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda. Para ello toma como punto de partida la vinculación evidente que existe entre el nivel de las aguas subterráneas y la sustentabilidad en el tiempo de los sistemas vegetacionales.

413. Posteriormente, la DGA vuelve a referirse a la detección de episodios de inversión del flujo de las aguas subterráneas, ya que ellos implican necesariamente una merma en el volumen de agua aguas abajo de los pozos. Se indica que esta inversión de flujos no se trata de un episodio puntual, sino que, por el contrario, ha sido reiterada en el tiempo con diferente frecuencia y fluctuación. Se agrega que, del total de los 84 casos de comparaciones entre niveles freáticos registrados en los pozos RA-3 y RA-1, en 38 se detectó que el pozo RA-3 ha presentado niveles mayores al del pozo RA-1, lo cual corresponde al 45%. Sobre esto, la DGA concluye que, *"(...) el incremento en los caudales de bombeo desde el campo de pozos generó aumentos en los descensos del nivel freático en el pozo RA-3 (así como en otros pozos comentados en este Oficio) y reducciones de flujo del agua subterránea hacia el norte del valle,* ***lo cual configura un escenario desfavorable para sustentar la existencia tanto de la vega Pantanillo como de las vegas existentes hacia el norte"*** (énfasis agregado). Adicionalmente afirma que *"[l]a tendencia de largo plazo en la situación con bombeo muestra que el descenso de los niveles freáticos hacia el norte del campo de pozos continuará.* ***Por ser el nivel freático el factor que controla la existencia de estas vegas, el descenso de los niveles podría generar efectos adversos sobre las vegas del corredor biológico"*** (énfasis agregado).

414. En el numeral 3.4.3. del Informe DGA 2015, la DGA calcula los efectos de los bombeos desde los pozos RA-1 y RA-2 sobre la vega Valle Ancho, utilizando la ecuación Darcy, la cual toma como variantes el flujo de agua subterránea, la conductividad hidráulica y el gradiente hidráulico. Al describir la metodología utilizada se indica lo siguiente: *"En cuanto a la geometría de la sección de flujo, se asumió que el ancho del acuífero (b) no varía sustancialmente en el rango en que ocurren los descensos (Δh). Así también, se consideró un rango de magnitudes para la conductividad hidráulica del acuífero (a saber, 40≤K≤60, en m/d, rango que incluye el valor K=50 m/d, adoptado en el Informe de Golder 2010), tres magnitudes de gradiente hidráulico (i) y un rango para la reducción del flujo subterráneo (a saber, 10≤ΔQ≤40, en l/s) (se aclara que una reducción de flujo subterráneo es esperable a la luz del análisis de inversión de gradientes hidráulicos, presentado en el numeral 3.4.1, situación que también es señalada por el titular en su informe del Modelo Numérico Golder 2010)".*

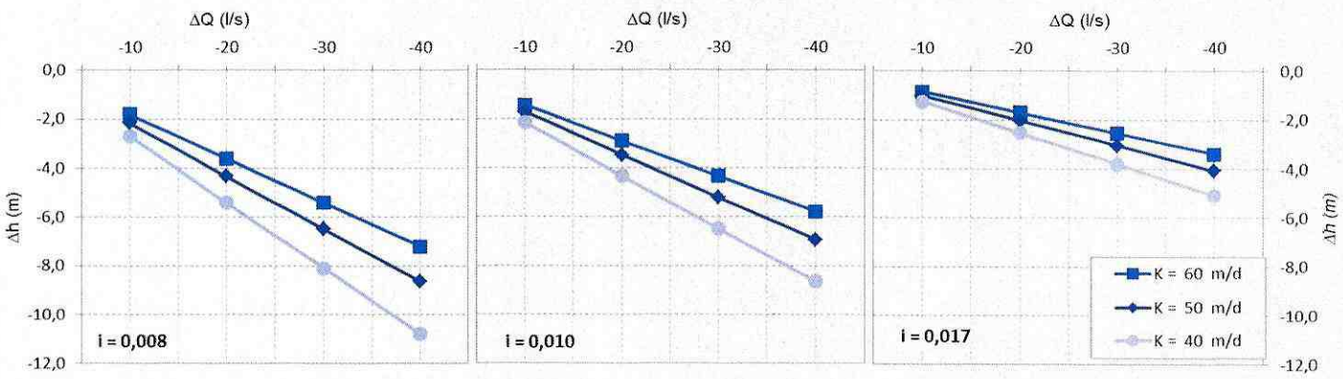
415. Los resultados expuestos por la DGA permiten concluir que, en cualquiera de los escenarios planteados existiría un descenso en los niveles freáticos del humedal. El descenso podrá ser mayor o menor dependiendo del escenario específico el cual depende, a su vez, de las distintas combinaciones de parámetros. El rango de descenso de los diferentes escenarios va de 0,8 m a 10,8 m, según lo que se muestra en la Tabla 6 y la figura N° 31 del Informe, las cuales son replicadas:

Tabla N° 5: Estimación de descensos teóricos del nivel freático (Δh) bajo la Vega Valle Ancho, obtenidos mediante la ecuación de Darcy.

K (m/d)	40	50	60	40	50	60	40	50	60
i	0,008	0,008	0,008	0,010	0,010	0,010	0,017	0,017	0,017
b (Km)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ΔQ (l/s)	Δh (m)	Δh (m)	Δh (m)	Δh (m)	Δh (m)	Δh (m)	Δh (m)	Δh (m)	Δh (m)
-10	-2,7	-2,2	-1,8	-2,2	-1,7	-1,4	-1,3	-1,0	-0,8
-20	-5,4	-4,3	-3,6	-4,3	-3,5	-2,9	-2,5	-2,0	-1,7
-30	-8,1	-6,5	-5,4	-6,5	-5,2	-4,3	-3,8	-3,0	-2,5
-40	-10,8	-8,6	-7,2	-8,6	-6,9	-5,8	-5,1	-4,1	-3,4

Fuente: Informe DGA 2015. Tabla N° 6.

Figura N° 28: Gráfica de descensos del nivel freático estimados en Vega Valle Ancho ante reducciones en el flujo de agua subterránea.



Fuente: Informe DGA 2015. Figura N° 31.

416. Lo primero que concluye la DGA de la aplicación de la ecuación Darcy, es que los supuestos establecidos para los parámetros involucrados permiten estimar razonablemente un rango de magnitudes de descensos del nivel freático en el acuífero del sector de la vega Valle Ancho, los cuales son esperables ante reducciones de flujo de agua subterránea en dicho sector. Además señala el ente administrativo sectorial que, sensibilizando conservadoramente los parámetros de conductividad hidráulica y la reducción del flujo pasante, las depresiones del nivel freático en la vega Valle Ancho se estiman en el rango 0,8 metros a 10,8 metros, lo que implica que en el escenario ambientalmente más desfavorable, se predice un descenso de más de 10 metros en el humedal Valle Ancho. Más importante aún, agrega que ***"basado en el análisis anterior y el actual estado de sequedad en que se encuentra una superficie importante de la Vega Valle Ancho, este Departamento puede***

afirmar que existen antecedentes técnicos razonables y suficientes para considerar incompatibles los bombeos desde el campo de pozos Pantanillo con la sustentabilidad en el tiempo de la vega Valle Ancho". Finaliza con la aseveración de que *"(...)* ***expuesto confirma la susceptibilidad de generación de efectos adversos sobre el acuífero y la Vega Valle Ancho"***.

417. Por lo tanto, el análisis realizado por la DGA en dicho Capítulo da cuenta de manera clara que la disminución del flujo de agua subterránea implicará necesariamente una disminución del nivel freático de la vega Valle Ancho, lo que tiene consecuencias directas sobre la sustentabilidad de la vegetación en el humedal.

418. Para poder completar el análisis realizado en el Informe DGA 2015, la DGA aborda una de las alegaciones expuestas por CMM en sus descargos y que se vincula estrechamente con las constataciones expuestas previamente en el mismo informe, así como con la causalidad entre la extracción de agua por el proyecto y la afectación a la vega Valle Ancho. Se trata de la alegación expuesta en la página 52 y siguientes del escrito de descargos, referente al tiempo de viaje del efecto del bombeo, el que según el Informe Hidromas 2015 –con una estimación que la consultora considera conservadora– recién haría que el frente de descenso llegara a Valle Ancho el año 2020.

419. Sobre esta proyección, el oficio de la DGA plantea varias observaciones metodológicas y técnicas que le quitan sustento a dicho cálculo. En efecto, concluye afirmando que utilizando la misma forma de cálculo pero corrigiendo las deficiencias que se explicarán a continuación, el resultado obtenido es muy diferente, bajando sustantivamente los tiempos de viaje.

420. La **primera observación** que plantea la DGA se refiere a la distancia entre el pozo RA-3 y los pozos de extracción que es utilizada por Hidromas, la cual toma como referencia, sin justificarlo mayormente, el punto medio entre los pozos RA-1 y RA-2. Esto corresponde a un error ya que el efecto detectado en los niveles freáticos de RA-3 se deberá primero a la extracción desde el pozo más cercano, esto es, el pozo RA-1. Esto lleva a considerar que, en el cálculo elaborado por Hidromas, la distancia recorrida por el efecto de la extracción debe ser 740m y no 1668m.

421. La **segunda observación** se vincula con la gradiente hidráulica que utiliza Hidromas, la cual es la misma en la distancia entre los pozos RA-1, RA-2 y RA-3, que entre el pozo RA-3 y Valle Ancho. La DGA afirma que, si se toman los niveles de línea de base entre RA-2 y RA-3, la gradiente hidráulica resultante tiene un valor de 0.0023.Sin embargo, el gradiente hidráulico promedio calculado aguas abajo del pozo RPG-31 es de 0.0105, es decir, entre 4 y 5 veces superior. A esto se suma el hecho de que la distancia entre el pozo RA-1 y el extremo sur de Valle Ancho es de 7.050 m, y la distancia entre el pozo RPG-31 y el extremo sur de Valle Ancho es de 5.870 m, por lo que el tramo que tiene una gradiente hidráulica superior a la utilizada por Hidromas corresponde al 83% de la distancia. Esta diferencia lleva a que el cálculo realizado por Hidromas incurra en una subestimación de la velocidad esperable de propagación hacia el humedal Valle Ancho. Al respecto la DGA sostiene expresamente que: ***"[r]econociendo el aumento de velocidad aguas abajo, dicho efecto podría tardar menos tiempo que el informado por el titular en llegar al límite sur de vega Valle Ancho, o incluso, pudiera haber alcanzado ya, éste u otros sectores en el corredor"***.

422. Estas observaciones llevan a concluir a la DGA que el cálculo realizado por Hidromas *"(...)* ***no se configura entonces como una herramienta confiable o suficientemente conservadora como para representar y estudiar la compleja situación hidrogeológica del corredor biológico"***.

423. De esta forma, la DGA establece que a diferencia de lo expresado por el cálculo de Hidromas, los antecedentes presentados en su Oficio darían cuenta de que la velocidad de viaje de los efectos del bombeo sería, en realidad, mucho menor. En éste sentido señala expresamente que: *"(...) respecto al tiempo de viaje del efecto de los bombeos desde los pozos de bombeo RA-1 y RA-2 hasta el pozo RA-3, del análisis expuesto en este Oficio se concluye que el plazo es radicalmente menor a los 5 años, como indica el titular. Esto queda en evidencia en dos observaciones plasmadas en el punto 3.3.de este Oficio. Una de ellas señala que el nivel freático se redujo en promedio 1,2 metros en el*

pozo RA-3 luego del reinicio del proyecto, lo cual se obtuvo al comparar los promedio de los niveles registrados durante los períodos Mayo-2001 a Junio-2005 y Julio-2005 a Julio-2008. Así también, se comparó la profundidad del nivel freático en el pozo RA-3 para los meses de Junio-2005 (9,9 mbns), Agosto-2005 (11,3 mbns) y Febrero-2006 (12.0 mbns), lo cual demuestra que luego de reiniciado el proyecto se generó un descenso ***igual a 1,4 metros en sólo dos meses*** *y un descenso igual a 2,1 metros entre Junio-2005 y Febrero-2006. En particular, esto refleja que el efecto de los bombeos se percibió en RA-3 en 2 meses y no en 5 años, como plantea el titular".*

424. Luego, la DGA profundiza en su análisis, y en el numeral 3.4.4.1. del Oficio utiliza la forma de cálculo presentada por Hidromas, pero corrigiendo los aspectos que fueron observados. Esto debido a que, como se indica, *"(...) la metodología utilizada por el Titular en sí misma no es incorrecta, sin embargo, y tal como se demostró, los valores que utiliza como parámetros de entrada no son idóneos".*

425. La conclusión a la que arriba el Servicio es que, al realizar las correcciones observadas: (i) la velocidad en sector de pozos RA correspondería a 1.480 m/año; (ii) el tiempo para que el efecto avance desde RA-1 hasta RPG-31: 0.80 años; (iii) la velocidad en sector aguas abajo del pozo RPG-31 sería de 6.762 m/año; y (iv) el tiempo para que el efecto avance desde RPG-31 hasta límite sur de Valle Ancho sería de 0,87 años. A esto agrega, adicionalmente, que *"al sumar los tiempos de tránsito en ambas zonas resulta que el desfase esperable entre el bombeo desde RA-1 y la llegada de efectos al límite sur del humedal de Valle Ancho es de 1.67 años, esto es 20 meses".* Las anteriores cifras pueden variar dependiendo de cuál aspecto de los presupuestos es corregido en los datos entregados en el Informe Hidromas y cuál no, tal como se representa en la tabla 7 del Oficio:

Tabla N° 6: Comparación de los tiempos de viaje de impacto de los bombeos hasta la vega Valle Ancho, determinados sobre la base de distintas magnitudes adoptadas para cada parámetro según escenario evaluado.

Escenario	Magnitudes que adopta cada parámetro			Resultado: tiempo de viaje del impacto hasta Valle Ancho (años)
	Distancia a RA-3 (m)	Desfase del impacto (años)	Gradiente hidráulico (-)	
Cálculos realizados por el titular	1668	5	Constante	21,22
Sólo se ajusta la distancia a RA-3	740	5	Constante	47,84
Sólo se ajusta el desfase del impacto	1668	0,5	Constante	2,12
Sólo se ajusta el gradiente hidráulico	1668	5	2 tramos	7,43
Se ajusta la distancia a RA-3 y el desfase del impacto	740	0,5	Constante	4,78
Se ajusta la distancia a RA-3 y el gradiente hidráulico	740	5	2 tramos	16,75
Se ajusta el desfase del impacto y el gradiente hidráulico	1668	0,5	2 tramos	0,74
Se ajustan los tres parámetros	740	0,5	2 tramos	1,67

Fuente: Informe DGA 2015. Tabla N° 7.

426. Dentro de los factores de corrección descritos por la DGA, el más crítico resulta ser el desfase del impacto, y precisamente es sobre esta corrección que la DGA aporta más antecedentes que fundamentan la necesidad de que ella sea realizada. En los casos en que esta corrección se aplica, el tiempo de viaje varía entre 4,78 y 0,74 años (dependiendo de las otras correcciones).

427. Como observaciones finales respecto de la velocidad de viaje, la DGA hace ver dos antecedentes que no son considerados en el informe de Hidromas, y que complementarían la idea de que se trataría de una velocidad de viaje más rápida que la considerada por dicha consultora.

428. La primera observación dice relación la prueba de bombeo anexa al informe entregado a la DGA el año 2010, la cual revela que hubo un descenso de 0.2 m en el pozo RPG-21c distante 601 m del pozo de bombeo RPG-21. En este sentido la DGA indica que: *"[d]e lo anterior llama la atención el hecho que al bombear 50 l/s durante 4 días el efecto se propagó 600 metros. De esta forma, si se considera que la distancia entre RA-1 y RA-3 es del orden de 750 metros, es esperable que pocos días luego de iniciar el bombeo exista un efecto medible en RA-3, más aun si el caudal de bombeo es superior a 50 l/s (para esta observación, se considera válido el supuesto que las propiedades hidrogeológicas del acuífero en el tramo entre RA-1 y RA-3, son similares a las de la zona donde se realizó la prueba de bombeo) (...)Teniendo en consideración lo anterior, los efectos del bombeo en RA-3 debieran notarse desde el primer monitoreo mensual posterior al reinicio del bombeo,* ***lo cual en efecto se comprobó"***.

429. La segunda observación se refiere a las conclusiones del Informe SAG 2013, las que indican que el año crítico de cambio brusco de las condiciones de éste humedal Pantanillo es el año 1996-1997, es decir, muy cerca del inicio de los bombeos por parte del proyecto. Al respecto, la DGA señala que: *"los efectos del proyecto pudieron ser medidos sobre la cobertura del humedal de Pantanillo en un lapso menor a un año desde el inicio del bombeo. Esto permite concluir que los efectos en RA-3 debieran notarse en menos de un año desde iniciado el bombeo y que los impactos pueden ser transferidos desde el componente "agua" al componente "vegetación" rápidamente (en menos de un año)"*.

f. Efecto de la baja de los niveles freáticos en la subsistencia de los humedales

430. El informe entregado por la DGA da cuenta de la vinculación entre la extracción de agua por parte del Proyecto Minero Refugio y la baja en los niveles freáticos en el sector del humedal Valle Ancho. Como se verá a continuación, la evidencia generada y aportada en el procedimiento demuestra a su vez, que esta baja en los niveles freáticos se encuentra directamente vinculada con la subsistencia de la vegetación de del humedal.

431. En la "Guía Descriptiva de Los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT)"[68], se indica que los humedales de altura corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, correlacionados con un aporte hídrico permanente y constante, influenciados principalmente por las precipitaciones estivales, los que se presentan en ambientes normalmente árido-fríos. En estos sistemas el aporte hídrico corresponde al agente forzante más importante que determina su presencia, ya que en ellos el *"(...) agua es el factor más importante que afecta a la productividad primaria y la estructura de la vegetación"*[69].

432. En el caso del humedal Valle Ancho, donde el suministro hídrico es determinado por presencia de un acuífero subterráneo, la principal modalidad de aporte de agua está dada por el suministro hídrico por ascenso capilar desde el acuífero, lo que implica que el factor que determina la presencia del humedal está dado por la cercanía de la napa a la superficie.

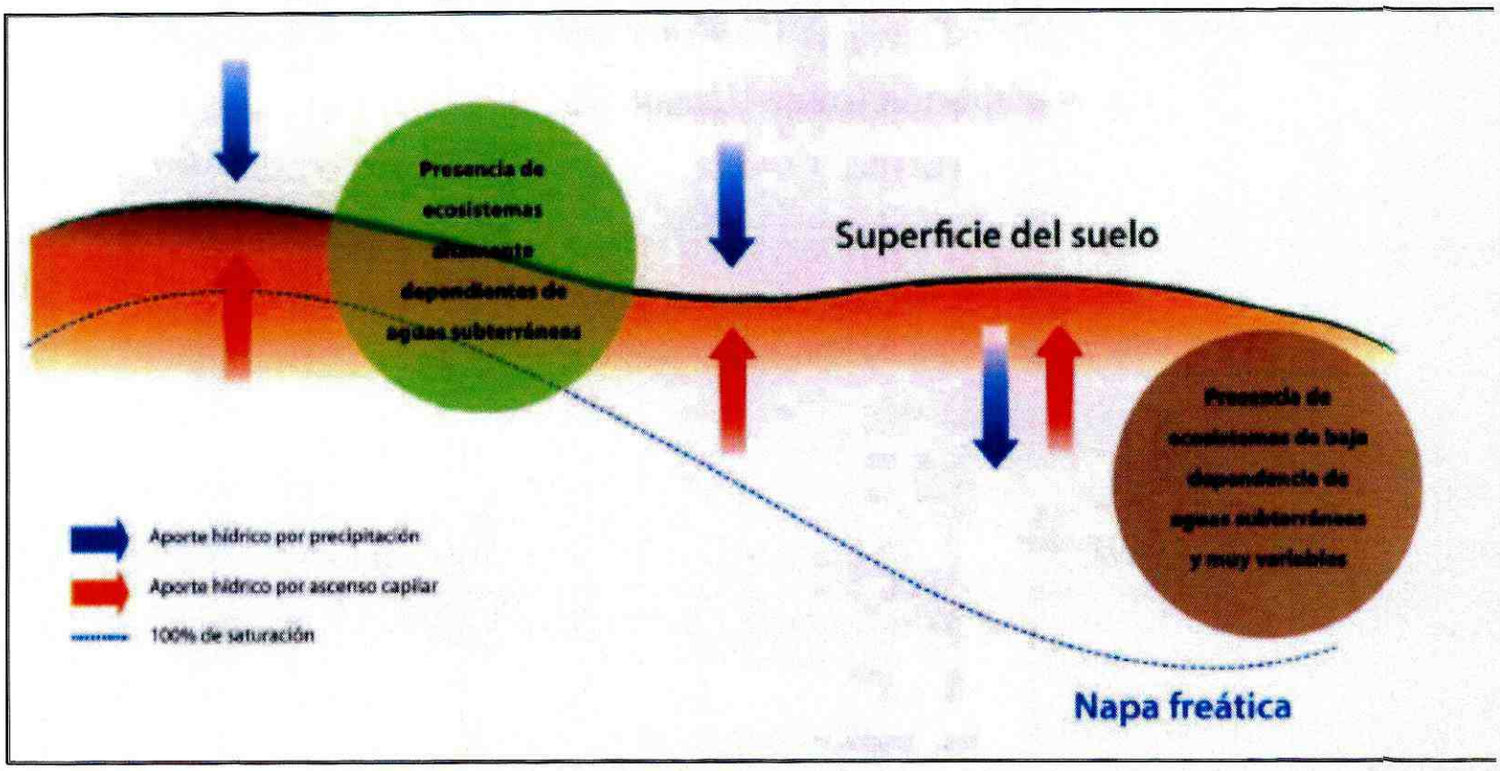
433. En la Figura N° 29 se presenta un esquema de las vías de suministro hídrico de sistema de humedales altiplánicos, en el que se puede observar que mientras más superficialmente se ubique la napa freática, existen formaciones de bofedal no salino, pajonal hídrico no salino y vega (salina y no salina), influenciadas principalmente por el ascenso capilar desde la zona saturada en profundidad o por las surgencias que la presión del acuífero determine, la que irriga la zona de raíces de las plantas. En cambio, a medida que el nivel freático se encuentra a mayor profundidad, la superficie cubierta por sales aumenta, en tanto que la vegetación dominante pasa a ser del tipo pajonal salino o vega salina.

---

[68] AHUMADA, Mario. FAÚNDEZ, Luis. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Santiago, 2009.

[69] SQUEO, Francisco. Et Al. Fuentes de Agua Utilizadas por las Plantas Desérticas y su Importancia en Planes de Manejo y Restauración Ecológica. Bol. Soc. BoT. 65. 2000.

Figura N° 29: Esquema de vías de suministro hídrico de sistema de humedales altiplánicos.



Fuente: Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT).

434. Dado lo anterior, se puede destacar que: *"(...) los humedales son sistemas muy dependientes de los niveles freáticos y aportes de precipitaciones, que funcionan dentro de un nivel de equilibrio relativo, el cual se refleja en el hecho de que en años lluviosos el sistema se recupera para luego mantener los niveles basales y óptimos de funcionamiento en aquellos años con índices de aridez extrema, debido a la existencia de mecanismos de regulación interna, es decir, una capacidad de resiliencia que permite mantener el sistema activo (parámetros físico-químicos y formas vivientes), pese a condiciones extremas de aridez que se presentan cada cierto número de años"*[70].

435. Lo anterior se encuentra reconocido también en la Resolución IX.1 Anexo C ii Ramsar[71], la cual señala que *"[m]uchos humedales de todo el mundo están estrechamente asociados con las aguas subterráneas. Por ejemplo, un humedal puede depender del caudal procedente de un acuífero que le sirva de fuente de alimentación de agua, o bien la filtración hacia abajo del agua del humedal puede recargar un acuífero. En tales casos, la hidrología del acuífero y la salud del ecosistema de humedal están íntimamente conectados. Es importante tener en cuenta que esta relación puede verse alterada por cambios en el acuífero, como la extracción de aguas freáticas, o en el humedal, por ejemplo por disminución de la inundación natural de los humedales que cubren los acuíferos"*.

436. Igualmente en la Resolución VIII.11 Ramsar[72], se indica que: *"[l]os ecosistemas de humedales están adaptados al régimen hidrológico del que dependen. La variación espacial y temporal de la profundidad de las aguas, el régimen de circulación de las corrientes y la calidad de los recursos hídricos, así como la frecuencia y duración de las inundaciones, suelen ser los factores más importantes que determinan las características ecológicas de un humedal"*. Además en la misma Resolución se señala que *"[p]ara mantener las características ecológicas de un humedal, es necesario que el agua que se le asigne corresponda lo más posible al régimen natural"*.

---

[70] Ibid. p. 24.

[71] 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). *Los humedales y el agua: ¡mantienen la vida, nos dan el sustento!*, Kampala (Uganda), 8 a 15 de noviembre de 2005.

[72] 8ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), Valencia, España, 18-26 de noviembre de 2002, p. 5.

437. Teniendo en cuenta la fuerte dependencia que existe entre la vegetación de los humedales y los afloramientos de agua, una de las principales acciones desequilibrantes en su funcionamiento es la alteración y/o modificación del régimen hídrico, el que puede ser modificado de alguna de las siguientes formas[73]:

- Interrupción o disminución de caudales de cursos superficiales que irrigan directamente a humedales, como es el caso de los ríos Loa y San Salvador; o,

- Aumento en las extracciones de agua de los diferentes acuíferos, sean éstas superficiales o de napas subterráneas, lo que se traduce en aumentos de la profundidad del nivel freático.

438. Estas modificaciones en el aporte, determinan dos tipos de respuestas en la evolución de la vegetación en humedales, en función de la velocidad con que se produzcan[74]:

- Disminución gradual de aporte hídrico, la que normalmente está asociada a las variaciones de precipitación propias de los ciclos climáticos en la zona permite evidenciar cambio en la vegetación y aumento de afloramientos salinos; o,

- Disminuciones drásticas del aporte hídrico respecto a intensidad y menor tiempo; los cambios en la vegetación son más violentos que, en mucho de los casos, no se alcanza a percibir cambio de especies previo a su desecamiento y sólo se percibe el cambio sucesional en el momento en que el rastrojo dejado por la vegetación muerta comienza a ser recolonizado por especies que tienen una menor demanda hídrica.

439. Complementando lo anterior, la SEREMI del Medio Ambiente de Atacama ha señalado que: *"la dinámica natural de los humedales andinos de cuencas endorreicas está controlada fundamentalmente por el aporte de agua subterránea y condiciones climáticas regionales, esto los hace particularmente frágiles. Una disminución en el nivel del acuífero y/o aporte hídrico, origina la compresión de los cuerpos de agua, visible por ejemplo en la laguna terminal de estos sistemas, así como reducción de la cobertura de vegetación azonal. Un proceso inverso se experimenta al aumentar los niveles del acuífero"*[75].

440. En similar sentido, la Convención Ramsar ha señalado en la Resolución IX.1 Anexo C ii Ramsar que *"el manejo del nivel del agua, en el humedal o en el acuífero, por ejemplo mediante la extracción, puede alterar el nivel relativo de las aguas"*[76]. En la Resolución VIII.11 Ramsar, se señala que: *"El impacto en los humedales puede deberse tanto a las actividades humanas que se llevan a cabo en su interior como, por efecto de la interconectividad del ciclo hidrológico, a las actividades que tienen lugar en la cuenca más amplia. La modificación antropogénica del régimen hidrológico, mediante la extracción de agua (incluidas las aguas subterráneas) o la alteración de las corrientes, pueden tener consecuencias perjudiciales para la integridad de los ecosistemas de humedales. El aflujo insuficiente de agua a los humedales, debido a su absorción, almacenamiento y desvío para el abastecimiento a la población, la agricultura, la industria y la producción hidroeléctrica, es una de las causas principales de la pérdida y degradación de los humedales. Un requisito clave para su conservación y uso racional es velar por que se les asigne oportunamente agua de buena calidad en cantidad adecuada"*[77].

441. Adicionalmente, la CONAF de la Región de Atacama ha sostenido que: *"[l]a vegetación propia de los humedales corresponde a especies que necesitan un*

---

[73] Ibid. p. 39.
[74] Ibid. p. 43.
[75] ORD. N° 347, de fecha 07-07-2014, de la SEREMI del Medio Ambiente de Atacama.
[76] 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Op. cit. p. 8.
[77] 8ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales. Op. cit. p. 5.

abastecimiento hídrico tanto subterráneo como superficial de forma permanente, por ello la falta de agua por periodos prolongados de tiempo provoca un deterioro paulatino en la condición de vida de la vegetación muy difícil de revertir"[78]. Se agrega además que *"[c]on las evidencias obtenidas en terreno y la información cartográfica como son amplios sectores secos y que se han discontinuado de la vega principal, se puede concluir que se está produciendo un retroceso de la vegetación azonal en dirección sur a norte, debido la disminución de la disponibilidad de agua cuya principal causa es la extracción de aguas mediante pozos de bombeo aguas arriba"*[79].

442. De los antecedentes antes descritos, vinculados a la relación entre la subsistencia de los humedales en cuestión y el aporte hídrico, se puede concluir de manera innegablemente que cualquier afectación en la disponibilidad de dichos recursos hídricos como aquella descrita en el Informe DGA 2015, repercute negativamente en la sobrevivencia de los humedales.

iii. Observaciones planteadas por CMM respecto a la relación entre la actividad del proyecto y la afectación del humedal Valle Ancho

a. Criticas al análisis realizado en el Informe DGA 2015

443. Una vez recibido el Informe DGA 2015, se dictó la Res. Ex. N°15/D-14-2015, de fecha 10 de diciembre de 2015, mediante la cual se resolvió incorporarlo al expediente sancionatorio, dando un traslado de 7 días hábiles a la empresa para que entregara cualquier observación pertinente. En atención a que CMM, mediante presentación de fecha 17 de diciembre de 2015, alegó que el plazo entregado no resultaba suficiente para poder observar el informe, con fecha 22 de diciembre de 2015, se dictó la Res. Ex. N°17/D-14-2015, mediante la cual se concedió un nuevo plazo de 10 días hábiles a la empresa. En virtud de lo anterior, el día 7 de enero de 2015 CMM realizó una presentación en la cual, en lo principal, respondió el traslado conferido. Finalmente, esta Superintendencia resolvió, mediante Res. Ex. N°19/D-14-2014, remitir a la DGA el escrito de CMM para que dicho Servicio emitiera su pronunciamiento técnico respecto de las observaciones planteadas, emplazamiento que fue respondido por la DGA mediante Of. Ord. N°12 de fecha 22 de febrero de 2016. A continuación se ponderarán las objeciones realizadas por CMM.

444. En su presentación, CMM comienza realizando algunas apreciaciones generales y de contexto respecto al Informe DGA 2015. En primer lugar señala que dicho informe habría sido realizado con información técnica desactualizada y limitada, y que la empresa ha realizado, desde el año 2000, *"(...) una cantidad importante de estudios geológicos, geofísicos, hidrológicos y de calidad de agua en el área del proyecto minero refugio, en virtud de los cuales se ha obtenido información en terreno mucho más actualizada"*.

445. Respecto a esta observación es necesario tener presente que el Informe DGA 2015 considera en su desarrollo un vasto conjunto de antecedentes, tanto respecto de las características hidrogeológicas del acuífero, como de niveles freáticos en el área de estudio, todos los cuales se encuentran descritos en el numeral 1.3 de su Informe. La información analizada fue estimada fiable y suficiente técnicamente para fundamentar las conclusiones a las que se arriba. Es claro que, en la medida en que se tenga más información técnica el trabajo de análisis se va a facilitar, pero ello no es un argumento que desacredite el trabajo ni las conclusiones obtenidas con la información tenida a la vista.

446. Por lo demás, llama poderosamente la atención que CMM levante un argumento de esta naturaleza, siendo que la solicitud a la DGA para la elaboración del informe técnico fue realizada en la misma formulación de cargos, es decir, al inicio de la etapa de instrucción. CMM tuvo a su disposición todo el tiempo de elaboración del informe –alrededor de 7 meses– para poder haber acompañado cualquier antecedente adicional que estimare de importancia, especialmente si ella misma anuncia que esta información ha sido reunida de manera permanente desde el año 2000, por lo cual, es información que estaba disponible.

[78] Informe CONAF 2015.
[79] Ibid.

447. En este sentido, se concuerda con la DGA al afirmar en su informe de respuesta que *"(...) la supuesta falta de información no es relevante para la conceptualización concluida en el punto 3.2. del oficio DGA y tampoco contraviene las conclusiones planteadas por el Servicio. Sin duda que más o mejores antecedentes permitirían arribas a una descripción más detallada del área en cuestión, pero ellos no han estado disponibles"*.

448. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que la DGA tuvo a su disposición una modelación hidrogeología, la cual fue realizada por la Consultora Golder el año 2010, como un compromiso ambiental voluntario reconocido en la RCA N° 268/2009 aprobada por la CEA de Atacama. A pesar de ello, la DGA no pudo utilizar dicha modelación en atención a que ella presentó un conjunto de errores en su elaboración, los cuales impiden considerarla como una modelación fiable. CMM ha indicado al respecto que este informe habría sido sólo un informe *"preliminar"*. Sin embargo, esto no calza con el hecho de que el documento mediante el cual se entregó dicha modelación a la DGA, indica que corresponde a la versión final del informe. Por lo demás, si se aceptare que corresponde a un informe preliminar, su versión final no habría sido terminada, al menos a la fecha de emisión de la presente Resolución, es decir, aproximadamente seis años después.

449. CMM también objeta, en segundo lugar, que la DGA no haya incorporado algunos elementos de análisis, tales como:: (i) la identificación de la fuente de recarga al acuífero aluvial Ciénaga Redonda y la cantidad y distribución de la recarga sobre el marco de tiempo de la evaluación; (ii) la variabilidad natural y las tendencias a más largo plazo respecto al monto de recarga y cómo esta afecta las elevaciones de agua subterránea en el tiempo; (iii) los cambios de caudal del rio Astaburuaga, y la cantidad de infiltración del río, una de las principales fuentes de recarga del acuífero; (iv) la potencial cantidad y distribución del flujo profundo de aguas subterráneas en roca que pueden alcanzar el acuífero aluvial debido a la recarga desde sectores altos de la cuenca; (v) información sobre la ubicación, área y la cantidad de evotranspiración que ocurre a partir de las zonas de humedales y cómo las condiciones climáticas pueden estar influyendo en la naturaleza y extensión de los humedales; (vi) un balance general de las aguas subterráneas para el acuífero aluvial Ciénaga Redonda;(vii) un balance hídrico de cada vega en particular; y (viii) un modelo conceptual hidrológico para cada vega de interés.

450. Sobre este punto la DGA en su Oficio de respuesta señala que: *"(...) sí tuvo a la vista antecedentes técnicos que abordan estos temas, algunos de los cuales no fueron incorporados explícitamente como citas en el oficio DCPRH-DGA N°117/2015, ello por no requerirse para efectos de la opinión técnica entregada por la Autoridad"*. Sin perjuicio de lo anterior, a continuación cita los estudios utilizados, dentro de los cuales destaca el estudio "Análisis de la situación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca del Salar de Maricunga, III Región". En base a ello, sostiene que el balance hídrico realizado por DGA el año 2006 es una aproximación válida de los flujos involucrados en el sistema hidrogeológico con la información disponible a esa fecha. Señala además que en el Informe DGA 2015 se recoge la conclusión del estudio elaborado por el Servicio el año 2006, en el sentido de que existe una dependencia entre el flujo pasante, el nivel freático y la superficie evaporante de las vegas.

451. Finalmente, respecto a esta observación planteada por la empresa debe señalarse que ella no se refiere a la validez de las conclusiones obtenidas por la DGA, sino que se limita a describir un conjunto de aspectos que la empresa estima que debieron haberse incluido en el informe. Por ello, esta Superintendencia concuerda con la DGA cuando señala que *"(...) esta supuesta falta de información no es relevante para la conceptualización concluida en el punto 3.2. del Oficio DGA y tampoco contraviene las conclusiones planteadas por el Servicio"*.

452. En tercer lugar, CMM ha afirmado también que existiría un error en la estimación del ancho del acuífero, ya que la anchura del acuífero aluvial se reduce con la profundidad. Esta observación no puede ser atendida, ya que el efecto de este supuesto error no merma las conclusiones, sino que, por el contrario, es esperable que una representación más realista del acuífero se refleje en un menor volumen almacenado, lo cual confirma aún más los resultados alcanzados por la DGA.

453. CMM cuestiona que la DGA describa, en la Figura N°12 del Informe DGA 2015, la elevación de las aguas en diferentes lugares, ya que, según indica, no existirían datos para los pozos descritos. Esta afirmación, sin embargo, no es correcta, ya que el objeto del punto 3.2. del Informe DGA 2015, es el realizar una conceptualización que explique la existencia de vegas en el Corredor Biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, por ello, esta parte del informe no tiene como propósito el describir los niveles freáticos, sino referirse a la dependencia entre estos niveles y la existencia de las vegas. En otras partes del Informe DGA 2015 donde sí se requería la utilización de los datos de niveles freáticos, estos sí fueron utilizados.

454. En cuarto lugar, la empresa critica también la simpleza con que la DGA vincularía la disminución de niveles de agua y la afectación de las vegas. Agrega, al respecto, que para arribar a esta conclusión se requiere un conjunto de información que no habría sido considerada, dentro de la cual se encuentra una configuración hidrológica/hidrogeológica/geológica, un balance de agua y una evaluación y una interacción del agua subterránea a la superficie en la vega.

455. Sobre lo anterior, es necesario señalar que la DGA realiza una muy clara descripción de la dependencia de los humedales a los afloramientos de agua, así como de los antecedentes utilizados para arribar a esta conclusión. Este punto, además, ha sido abordado en forma previa, incluyendo algunos antecedentes adicionales que tienden a confirmar lo señalado por la DGA.

456. En quinto lugar, se sostiene por la empresa que la Tabla N° 3 del Informe DGA 2015 no incluiría datos relevantes respecto a la profundidad del pozo, la unidad de aguas subterráneas y donde termina el acuífero. Sobre esta alegación, la DGA repite que en su análisis no se utilizó antecedentes que el titular no ha proporcionado, pero que, a pesar de ello, la información aportada por el titular permitió a la DGA ejecutar un análisis técnicamente razonable del comportamiento de los niveles de los pozos.

457. En sexto lugar, CMM afirma que en el Informe DGA 2015 se identifican derechos de agua de otros titulares, sin embargo, no se incluirían en el análisis. Estos último resulta poco fundado, ya que en su Informe la DGA concluye que *"(...) la explotación desde el campo de pozos de Pantanillo* ***es la única perturbación antrópica susceptible de generar efectos adversos sobre Pantanillo y vega Valle Ancho****"*, por lo tanto, el análisis de otros derechos de agua, que no son utilizados, no resulta conducente.

458. En séptimo lugar, y en relación a la vinculación entre la extracción por parte de CMM desde el campo de pozos de Pantanillo con la desecación de las vegas, aspecto que fue el principal tema de la consulta a la DGA, la empresa critica que se haya utilizado la Ley de Darcy, ya que esta esta metodología parte de que el acuífero es homogéneo y sin variaciones longitudinales de su área de escurrimiento ni de sus propiedades hidráulicas de forma especial, aspectos que, se afirma, no se darían en el caso del acuífero objeto de estudio. Se sostiene además que las estimaciones a las que llega la DGA con la aplicación de dicho modelo no se ajustarían a los datos de los pozos con que la empresa cuenta. Manifiesta al respecto que *"(...) descensos de los niveles de agua subterránea como los estimados por DGA en su análisis (hasta 10,8 m) no son factibles, y de hecho los mismos antecedentes presentados tanto por CMM como por DGA (entregados en Tabla 3 de la página 17 del Ord. DGA 117/2015) contradice dicho análisis".*

459. CMM deriva de lo anterior que la metodología utilizada por la DGA no reflejaría la actual realidad en el humedal Valle Ancho, lo cual, estima se debería, alternativamente, a que: (i) la metodología es demasiado conservadora y, en consecuencia, sobreestima los efectos esperados del bombeo; o (ii), la metodología es adecuada y, por ello, los efectos del bombeo sobre el humedal Valle Ancho, en términos de caudal pasante, serían mucho menores.

460. La DGA en su oficio de respuesta a la Res. Ex. N° 19/D-14-2015 sostiene que, *"(...) si bien la expresión Darcy es una aproximación cuantitativa a la hidrología subterránea que teóricamente es aplicable en las condiciones específicas y controladas de flujo para la*

cual fue planteada, esta formulación es comúnmente utilizada en el campo de la hidrogeología, tanto en el ámbito de la consultoría privada como en estudios contratados por este Servicio, aplicándose, por ejemplo, en la etapa de construcción de modelos conceptuales de flujo en acuíferos". Afirma también que los parámetros asumidos por ella para las estimaciones de descenso son coherentes con los supuestos aportados por el propio titular en su modelo de flujo entregado en el 2010. Además los resultados obtenidos dan cuenta de los órdenes de magnitud de los descensos del nivel freático ante distintas combinaciones de los parámetros considerados en los cálculos, sensibilizado conservadoramente, entre 0,8 y 10,8 metros. Finalmente, confirma su conclusión, en el sentido de que los resultados obtenidos *"(...) permiten afirmar que existen antecedentes técnicos razonables y suficientes para considerar incompatibles los bombeos desde el campo de pozos Pantanillo con la sustentabilidad en el tiempo de la vega Valle Ancho"*.

461. En definitiva, las observaciones que han sido levantadas por la empresa respecto al análisis realizado por la DGA en su Informe DGA 2015, no permiten desvirtuar los principales resultados y observaciones del informe.

b. Desecación a macro escala

462. CMM ha sostenido en sus descargos que la desecación del humedal Valle Ancho se debería a un proceso gradual de desecación a macro escala en la zona. Para fundar su argumento se basa principalmente en el Informe Biota 2015, el cual, según los descargos, probaría que los problemas del humedal Valle Ancho no se relacionarían con el efecto del bombeo de los pozos, sino *"(...) con la ocurrencia de otras situaciones de carácter local"*.

463. En este sentido, el Informe Biota 2015, por su parte, indica que: *"[r]especto al análisis multitemporal realizado a los distintos humedales se puede señalar que,* ***los procesos de desecamiento que se han presentado en el humedal de Pantanillo y Valle Ancho se han desarrollado simultáneamente en el tiempo,*** *situación que podría descartar la acción de un factor local, como lo es la extracción de aguas subterráneas, como el causante único o directo del deterioro de la vegetación en éstas áreas, principalmente en las unidades identificadas bajo afectación en el humedal de Valle Ancho"*[80]. Agregando seguidamente que: *"(...) el análisis de humedales en el entorno del área de estudio permite establecer que podría existir un proceso de desecamiento de mayor escala que esté afectando ciertos tipos de humedales, incluyendo los sectores afectados en el área de estudio"*[81].

464. En definitiva, el argumento de desecación a macro escala levantado por CMM se basa en el Informe Biota 2015, el que no confirma este fenómeno de manera clara, **sino que habla de dos indicios que *podrían* hacer descartar la acción de un factor local como *causante único***. Por ende, la efectividad de la existencia de este fenómeno es solo una posibilidad, y no implicaría –en el evento de que fuera efectivo– una causa única, sino que contribuiría a otra causa.

465. Los indicios identificados en el Informe Biota 2015 de esta posible desecación a macro escala son dos: (i), el hecho que los procesos de desecamiento del humedal de Pantanillo y Valle Ancho se habrían desarrollado en forma simultánea en el tiempo; y (ii), el análisis de vegas cercanas, no influenciadas por la actividad antrópica, las cuales también mostrarían un descenso en su índice NDVI. Como se verá, ninguno de estos dos indicios es efectivo.

466. En relación al primero de ellos, para afirmar esta supuesta simultaneidad temporal en los procesos de desecación de los humedales Valle Ancho y Pantanillo, la consultora BIOTA analiza el Gráfico 3 de su Informe, la cual se incorpora a continuación:

[80] Informe Biota 2015. p. 24
[81] Ibid.

Figura N° 30: Comparación de la variación histórica de los valores NFVI registrados en las unidades sin actividad actual de vegetación, humedales Pantanillo y Valle Ancho.



Nota: 1= inicio de los bombeos de agua, 2= detención del bombeo, 3 = reinicio del bombeo.
El año 1989 no se consideró en esta serie temporal por no contar con imágenes satelitales adecuadas para el análisis.

Fuente: Informe Biota 2015, Gráfico 3.

467. Sin embargo, esta interpretación que realiza la consultora carece de un sustento real. Desde el punto de vista del comportamiento general de ambos humedales, el Informe SAG 2013, da cuenta que el proceso de desecación no ha sido en lo absoluto simultáneo, sino que, por el contrario, el humedal Pantanillo, más cercano a los puntos de extracción, tuvo lugar mucho antes en el tiempo. En el Informe SAG 2013, se indica que en el caso del humedal Pantanillo, el año crítico de cambio brusco de las condiciones de éste humedal es el año 1996-1997, secándose completamente el año 2002[82]. En el caso del humedal Valle Ancho, por otro lado, se indica que entre el año 1996 y 2011, la tasa fue de 1,9 ha/año y, que en este periodo se produce el secamiento y muerte total del sector sur del humedal y un avance en la zona sur del cuerpo central del humedal. La pérdida de la superficie en el sector sur del humedal se produce en forma drástica entre el año 2003 y 2006, fecha en el cual el humedal Pantanillo ya se encontraba seco casi en tu totalidad. Esto ha sido confirmado, aunque con algunas diferencias menores, por el análisis realizado por esta Superintendencia en base al índice SAVI, y que se encuentra contenido en el capítulo IX.a.iv de la presente Resolución.

468. Adicionalmente, si se compara solamente el índice de vegetación SAVI del humedal Pantanillo con el mismo índice del Sector Sur del humedal Valle Ancho (Figura N° 19 de la presente Resolución), tampoco es posible sostener que las curvas de descenso son simultáneas, sino que ambas tienen un comportamiento similar, pero el sector Sur del humedal Valle Ancho sigue al comportamiento del índice de vegetación del humedal Pantanillo cinco años después.

469. Si se observan solo las curvas expuestas en el Gráfico 3 del Informe Biota 2015, tampoco es posible afirmar que exista una situación de coincidencia. **Por el contrario, se puede apreciar de dichas curvas que en el caso del sector sur del humedal Pantanillo existe un descenso acelerado e inmediato del índice de actividad vegetacional, justo al inicio de la actividad del Proyecto Minero Refugio. Este descenso no se aprecia en el caso del sector sur del humedal Valle**

[82] El Informe Formation 2016, con algunas diferencias menores, tiende a coincidir en este punto.

Ancho sino hasta cinco años después. Luego, mientras que el sector sur de Pantanillo llega a niveles de desecación casi total el año 2002, en el sector Valle Ancho se aprecia una recuperación que comienza dos años después de la suspensión del proyecto y que se detiene un año después de su reactivación. La unión de ambas curvas se produce el año 2007 cuando ambos sectores presentan una situación de desecación casi total.

470. Respecto al segundo indicio que identifica el Informe Biota 2015, se trata de las tendencias del índice NDVI de los humedales de control, los cuales según el informe mostrarían también una tendencia a la desecación. Lo cierto es que los humedales de control, tal como ha sido latamente expuesto en forma previa, muestran justamente lo contrario, es decir, una línea estable o una tendencia al alza en su índice de actividad de vegetación. Lo anterior, a excepción del humedal de Control A del Informe Biota 2015, el cual, por sus características, no puede ser estimado como un humedal que permita la comparación. Sobre este punto no es necesario volver ya que ha sido latamente expuesto en el capítulo IX.a.iii de la presente Resolución.

471. Por ende, existe una clara falta de fundamento del Informe Biota 2015 al afirmar la existencia de un supuesto proceso de desecación a macro escala. Falta de fundamento que es más clara aún al momento de precisar cuál sería la consecuencia concreta y precisa de ese supuesto proceso.

472. CMM al acompañar, con fecha 18 de febrero de 2016 el Informe Formation 2016, ha señalado que en este informe se acredita que *"[n]o existe evidencia de un declive sostenido en la actividad vegetativa de los últimos 28 años a escala regional (considerando todos los humedales) en la cuenca del Salar de Maricunga en su conjunto"*. Esta constatación es claramente contradictoria con la afirmación planteada en sus descargos, en el sentido de que existiría un fenómeno de desecación general del área. Para fundamentar esta cambio en el argumento, CMM se basa en el análisis que el Informe Formation 2016 realiza respecto a *"(...) todos los humedales en la cuenca del Salar de Maricunga (...)"*, sin embargo, tal como ha sido extensamente explicado en forma previa, en el Informe Formation 2016 no se incluye una descripción clara sobre qué incluiría este grupo de humedales, lo cual impide considerarlo como un conjunto de referencia idóneo que permita llegar a una conclusión como la que se incluye en el Informe Formation 2016.

473. El Informe Formation 2016 realiza también un análisis de dos indicadores hidrológicos, los cuales consisten en las áreas lacustres de la laguna del Negro Francisco y de la Laguna Verde, esta última ubicada en Argentina. Previamente en la presente Resolución se han expuestos algunas objeciones sobre la utilización de estos indicadores hidrológicos, las cuales no es necesario reiterar. Sin embargo, un punto relevante que debe destacarse es la relación que plantea la consultora Formation entre la variación del recurso hídrico a nivel de toda el área (en términos extendidos, hasta una distancia de 36 kilómetros aproximadamente del campo de pozos Pantanillo, distancia a que se encuentra la Laguna Verde) y las variaciones específicas en cada uno de los humedales analizados.

474. En efecto, tal como se ha desarrollado en forma previa, la vegetación de los humedales es altamente sensible a las variaciones hídricas. En este sentido no es de extrañar que al revisar el índice de vegetación histórico de un humedal, éste tienda a variar en el tiempo dependiendo de las cantidades de agua que recibe. Independientemente de las deficiencias metodológicas del Informe Formation 2016 sobre este punto, no debe rechazarse que el comportamiento de los humedales se encuentre influido por las variaciones en la disponibilidad hídrica, sino que, por el contrario, esta relación es esperable. Sin embargo, esta vinculación no permite aislar la influencia que estas variaciones tienen en el humedal Valle Ancho, a no ser que se compare el comportamiento de la vegetación del humedal en un período de tiempo, con el mismo comportamiento en otros humedales de control. Este trabajo ha sido realizado por esta Superintendencia, concluyéndose que aunque existen variaciones estacionales atribuibles a la variabilidad hídrica general, la tendencia de los humedales de control es a incrementar su índice SAVI. En el caso del humedal Villalobos la tendencia es estable. Esto no se aprecia en el caso del humedal Valle Ancho, especialmente si el análisis se realiza por sectores.

475. Por último, es necesario tener en consideración que la infracción imputada se refiere a la no adopción de medidas frente a la ocurrencia de un *impacto ambiental* no previsto. Por tanto, esta infracción se basa en el hecho de que se ha generado un impacto ambiental como consecuencia de la actividad del proyecto, la cual no fue anticipada en la evaluación ambiental. En este sentido, el volumen de recarga del acuífero es un aspecto que forma parte de aquellas condiciones basales que deben ser consideradas al momento de evaluar la incidencia de una actividad en un medio ambiente y, justamente, identificar posibles impactos ambientales no previstos. Si ese nivel de recarga del acuífero tienen una tendencia a la baja en el lago plazo, ello conllevará que la incidencia ambiental de un mismo volumen de extracción será cada vez mayor. Lo que en ningún caso puede afirmarse, como pretende CMM, es que esta tendencia excluye la incidencia del bombeo como agente causal, ya que lo que ocurre es justamente lo contrario: **en el caso en que esa tendencia exista, ella incrementa la relevancia del bombeo y, por ende, vuelve más relevante aún el actualizar los pronósticos de la evaluación ambiental, de modo de tener claro cuál es la verdadera incidencia de la actividad del medio ambiente.**

c. Período de suspensión

476. En los descargos de CMM se ha indicado también que durante el periodo de suspensión temporal del proyecto se habría observado *"(...) el mismo comportamiento en los niveles de los pozos, existiendo también variaciones en los niveles que pueden deberse a efectos estacionales"*. Agrega además que: *"con el reinicio de la operación de CMM, en junio de 2005, dicho comportamiento cambia. A partir de esa fecha, los pozos RA-1 y RA-2 comienzan a evidenciar un descenso de niveles siguiendo la misma tendencia (pendiente), a diferencia del pozo RA-3 que mantiene aproximadamente su nivel. Ya en 2010, los niveles en el pozo RA-3 comienzan a descender siguiendo la misma tendencia que los pozos de producción"*[83].

477. Sobre este punto, el Informe DGA 2015 realiza un detallado análisis de las variaciones de los niveles freáticos de los pozos RA-1, RA-2 y RA-3, en el período informado por la empresa, esto es, entre los años 1999 y 2015. Se revisa además, las variaciones de estos índices en el período de suspensión del proyecto. Es importante señalar que en este período, según lo informado por la propia empresa, no se dejó de extraer agua sino que sólo se bajó el volumen de extracción, desde un volumen cercano a los 54 l/s, hasta un volumen de 20 l/s[84].

478. En el Informe DGA 2015 se revisa la tendencia histórica en los pozos RA y se analiza su descenso. Se destaca que después de reiniciado el proyecto, en el período entre mayo de 2001 y junio de 2005, el nivel freático promedio del pozo RA-3 disminuyó en 1,2 metros, con una variación máxima de 1,4 metros. De hecho, justo después de reiniciado el proyecto, cuando se incrementó el volumen de extracción de agua a más del doble, se produce un descenso inmediato en el pozo RA-3 de 1,4 metros en sólo dos meses. Esta baja coincide con que en este período la extracción de agua fue solo en el pozo RA-1, el más cercano al pozo RA-3.

479. La DGA destaca también la coincidencia que se observa entre los descensos entre los niveles freáticos y el volumen de extracción de agua desde el campo de pozos de Pantanillo (ver Figura N° 24). También se refiere al efecto de recuperación y depresión que se genera en los niveles freáticos del pozo RA-3 con la suspensión y el reinicio del proyecto (ver Figura N° 25). Por último, se analiza también la relación que existe entre la extracción del pozo RA-1 y las variaciones en el pozo RA-3, comprobando que el efecto que la extracción de agua en el pozo RA-1 tiene en el pozo RA-3 se hace ver mucho más rápido que cuando la extracción de agua es combinada entre los pozos RA-1 y RA-2.

480. Por lo tanto, no es correcto sostener que el período de suspensión del proyecto demostraría que la extracción no tendría una mayor incidencia en los niveles freáticos de los pozos, ya que: (i) esta suspensión no implicó la no extracción de agua desde los pozos sino

[83] Escrito de descargos. p.52.
[84] Ver: Tabla 2, Memorándum de Consultora Hidromas de fecha 18 de agosto de 2015, acompañado por CMM mediante escrito de fecha 18 de agosto de 2015.

solo su disminución; (ii) tal como lo describe la DGA, la reactivación del Proyecto Minero Refugio tuvo una incidencia directa e inmediata en los niveles freáticos del pozo RA-3; y (iii) esta relación queda más clara aun cuando se comparan los volúmenes de extracción con los niveles freáticos del pozo RA-3, y se concluye que ambos tienen una relación inversamente proporcional[85].

d. Balance hídrico

481. En la página 58 y siguientes de su escrito de descargos, CMM sostiene que con el objetivo de determinar la recarga en las cuencas de los humedales Pantanillo, Valle Ancho y Barros Negros, y los aportes de ellas a las cuencas localizadas inmediatamente aguas abajo, se determinaron sus balances hídricos. En el desarrollo de esta sección de los descargos se replica, en casi los mismos términos, el Informe Hidromas 2015, acompañado como Anexo 1 de los descargos, en específico, en sus páginas 23 a 27 y 32.

482. Se señala por la empresa que para realizar el cálculo se habría utilizado la metodología aplicada por la DGA en el informe SDT N° 226 "Análisis de la Situación Hidrogeológica de la Cuenca del Salar de Maricunga, III Región". Al respecto se afirma que se habría calculado la recarga, descontándole las descargas del sector Z1 del informe de la DGA referido, el cual incluiría los humedales de interés. También se sostiene que se habría calculado la superficie de la cuenca así como la evapotranspiración de cada humedal.

483. Sobre este análisis, en los descargos se sostiene lo siguiente: *"Como resultado de este análisis se pueden observar los flujos pasantes (Escorrentía Total Salida) a lo largo de la zona Z1. Tal como se observa en la Figura 5.5, los caudales promedios estimados para la recarga en el sistema Z1 permiten satisfacer adecuadamente los requerimientos estimados, de manera conservadora, para los sistemas humedales localizados a lo largo de la quebrada. En particular, para el sistema del Humedal de Valle Ancho el caudal total de aporte, el que incluye la recarga local y el flujo neto desde el sector de Pantanillo, asciende a 195 l/s. En este monto no se ha estimado el aporte natural desde el río Astaburuaga. En este análisis no se consideran variaciones de almacenamiento, provenientes de cambios en los niveles de agua subterránea, ni tampoco las variaciones en las recargas locales como producto de la variabilidad de la precipitación anual en el área"*[86].

484. Se agrega al final de esta sección el hecho de que en la estación Pastos Largos, localizada en la Quebrada Paipote, se mostraría una baja en la precipitación en algunos años, de lo cual la empresa concluye que: *"(...) si bien es posible que el caudal pasante a la sección siguiente (81,5 l/s) Figura 5.5., puede haberse reducido en las inmediaciones del sector del Humedal Pantanillo, los análisis sobre la expansión del cono de depresión indican que dicho efecto no es el causante de una eventual reducción de los aportes de agua hacia el sector de Valle Ancho, lo que podría estar relacionado más bien con efectos propios de la menor precipitación histórica sobre estos sectores, en los últimos 10 años, lo que quedan reflejados en la información dispuesta en las Figuras 5.5. 5.6 y 5.7."*.

485. Sobre el informe "Análisis de la Situación Hidrogeológica de la Cuenca del Salar de Maricunga, III Región" de la DGA, citado en esta sección de los descargos, debe afirmarse que este constituye una evaluación cuantitativa de los recursos hídricos disponibles en la cuenca del salar de Maricunga. Este balance incluye un escenario que considera un régimen natural sin extracciones y un segundo escenario que incluye los usos previsibles de derechos de agua constituidos.

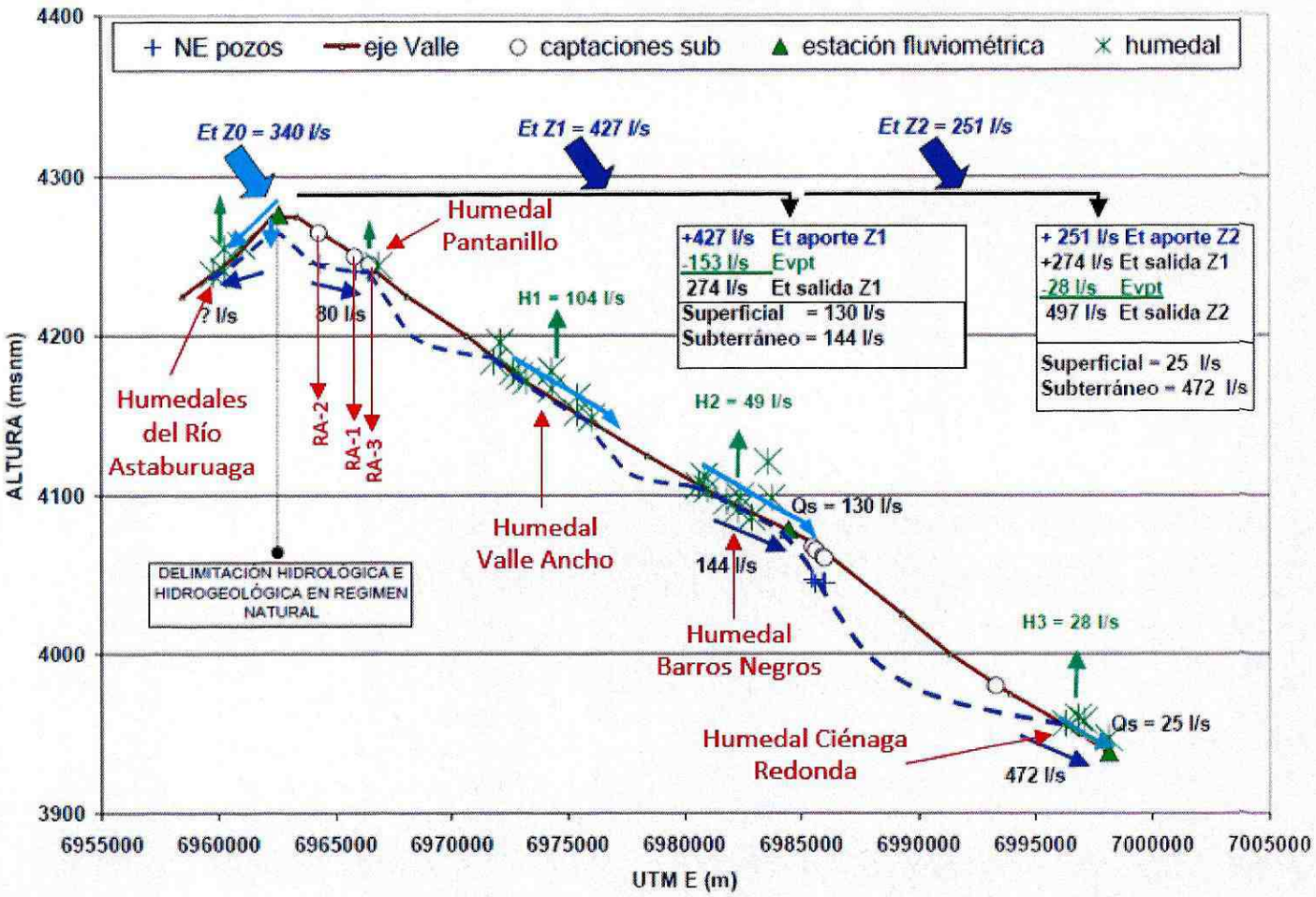
486. En lo que dice relación con la posible afectación del humedal Valle Ancho, el informe establece que por las características propias del acuífero, una captación de aguas subterráneas impactará directamente la escorrentía que alimenta el humedal que se encuentre aguas abajo, disminuyendo su cobertura debido a un menor afloramiento. En este sentido reconoce que el acuífero tiene características de origen estructural y litológicas que: (i) restringen el flujo pasante y producen afloramientos permanentes de agua, los que a su vez alimentan coberturas significativas de

[85] Ver Figura N° 24.
[86] Escrito de descargos. p.61.

humedales; y (ii) sectores con altas tasa de infiltración de agua, generalmente situados aguas debajo de los humedales, los que producen una rápida desaparición de los cursos superficiales excedentes. Estas condiciones, agrega: *"(...) le dan al acuífero un comportamiento sectorizado y seudo independiente entre tramos situados aguas arriba y aguas debajo de un humedal.* ***Es decir, una extracción aguas arriba captará e impactará en primera instancia la escorrentía que alimenta el humedal, disminuyendo su cobertura"*** (énfasis agregado).

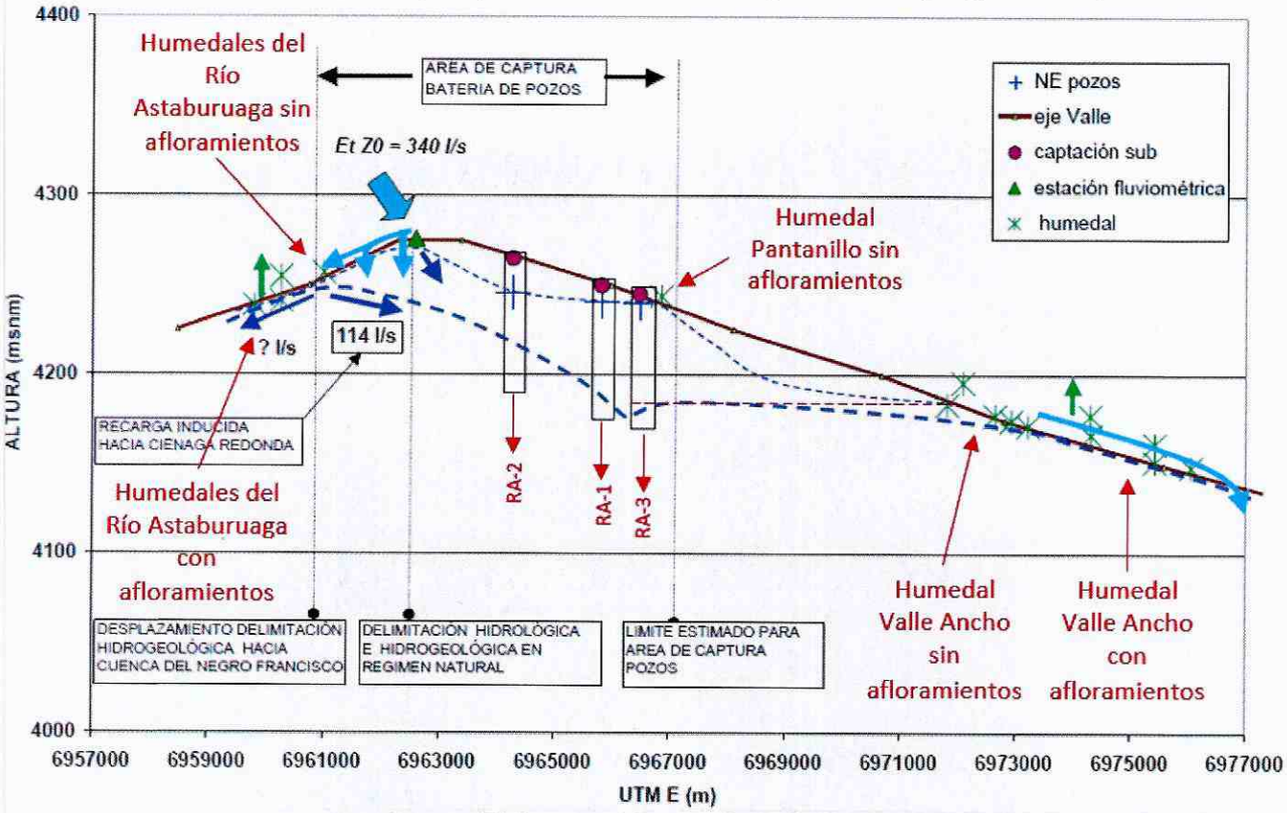
487. En el caso de los humedales ubicados en la cuenca Ciénaga Redonda, aquellos que son susceptibles de ser impactados son el humedal Pantanillo y el humedal Valle Ancho. Lo anterior se ve graficado de mejor manera al comparar las Figuras N°19 y 20 del IFA del Proyecto Minero Refugio, las cuales se incorporan:

Figura N° 31: Balance hídrico ciénaga redonda perfil hidrogeológico S-N.



Fuente: IFA Proyecto Minero Refugio, figura N° 19.

Figura N° 32: Situación hidrogeológica en la cabecera de Ciénaga Redonda bajo régimen de explotación.



Fuente: IFA Proyecto Minero Refugio, figura N° 20.

488. La Figura N° 31 muestra la situación natural mientras que la Figura N° 32 muestra la situación bajo régimen de explotación. Según la Figura N° 32, la extracción de agua genera un efecto inducido por la extracción de agua desde los pozos, el cual se propaga hacia aguas abajo pasando por el humedal Pantanilllo y llegando al sector superior del humedal Valle Ancho. Se debe tener presente que este análisis se deriva de un balance hídrico que presupone condiciones de equilibrio, excluyéndose el factor tiempo. En otras palabras, se sostiene que es técnicamente factible que exista una afectación sobre el humedal Valle Ancho producto del bombeo desde los pozos RA, pero no se estima cuándo ello podría verificarse.

489. Lo anterior, que corresponde a un análisis teórico, se puede sostener que ha sido confirmado en los hechos, en la medida en que la desecación constatada se configuró primero en el humedal Pantanillo, siguiendo el sector sur del humedal Valle Ancho, tal como se planteaba.

490. En este sentido, el Informe DGA 2015 sostiene que, basado en el análisis realizado *"(...) y el actual estado de sequedad en que se encuentra una superficie importante de la Vega Valle Ancho, este Departamento puede afirmar que existen antecedentes técnicos razonables y suficientes para considerar incompatibles los bombeos desde los bombeos desde el campo de pozos Pantanillo con la sustentabilidad en el tiempo de la vega Valle Ancho.* ***Lo anterior ratifica la recomendación del estudio DGA (2006) en cuanto a la posible afectación por bombeos, pues se reconoce que cualquier extracción disminuirá el nivel freático y con ello disminuirá la superficie evaporante de las vegas"*** (énfasis agregado). Así, tal como complementa la DGA en su Of. Ord. N° 12, del 22 de febrero de 2016, esto implica que *"(...) existe un relación de dependencia entre el flujo pasante, el nivel freático, y la superficie evaporante de las vegas"*.

491. El análisis que ha sido expuesto en los descargos por CMM, apoyado por el Informe Hidromas 2015, no cuestiona el hecho de que sus extracciones puedan afectar los humedales, sino que se centra en probar que ello aún no ha ocurrido y que los impactos que se han constatado se deberían otra causa, identificada como una reducción del aporte de agua por una merma en las precipitaciones, al sostener que: *"(...) si bien es posible que el caudal pasante a la sección*

siguiente (81,5 l/s) puede haberse reducido en las inmediaciones del sector del Humedal Pantanillo, los análisis sobre la expansión del cono de depresión indican que dicho efecto no es el causante de una eventual reducción de los aportes de agua hacia el sector de Valle Ancho, lo que podría estar relacionado más bien con efectos propios de la menor precipitación histórica sobre estos sectores, en los últimos 10 años, lo que quedan reflejados en la información dispuesta en las Figuras 5.6 y 5.7".

492. Respecto a los descensos en la pluviosidad como factor causal de las desecaciones del humedal Valle Ancho, se trata de un aspecto que ya ha sido abordado en forma previa, desarrollándose de manera acabada toda la evidencia que demuestra que esta baja en la pluviosidad no es un factor relevante en el proceso de desecación que ha experimentado el humedal Valle Ancho.

e. Informe Golder 2010

493. En las páginas 62 y siguientes de sus descargos, CMM se refiere al "Modelo Numérico de Flujo" presentado por la empresa en octubre de 2010 a la DGA (en adelante también "Informe Golder 2010"), en el contexto del compromiso adquirido en el Considerando 6.2 de la RCA N° 268/2008, correspondiente al proyecto "Optimización Proceso Productivo Proyecto Refugio", en el cual se requería que: ***"Para evaluar y comprender la dinámica hídrica actual y futura del sector donde desarrolla su proyecto minero, el Titular realizará un estudio que analice en detalle la hidrología e hidrogeología del área,*** *el que presentará a la DGA, Región de Atacama. Dicho Estudio se realizará previa presentación de sus contenidos y metodología, a la DGA, Región de Atacama. Luego serán remitidos a la DGA, Región de Atacama, y CONAMA, Región de Atacama, un informe parcial dentro de los 3 meses siguientes, contados desde la fecha de notificación de la RCA y un informe con los resultados finales a más tardar durante el primer semestre del año 2010"* (énfasis agregado).

494. Sobre los resultados del Informe Golder 2010, en los descargos se indica lo siguiente: *"(...) resulta pertinente aclarar que si bien los resultados del modelo de Golder (2010) muestran descensos en los pozos RA-1, RA-2 y RA-3 del sector de Pantanillo y anticipan que dichos descensos aumentarán en el tiempo, producto del bombeo, los resultados del modelo numérico reflejan de manera aproximada lo que se registra en los pozos RA-1, RA-2 y RA-3 (localizados aguas arriba de Pantanillo), los que de manera clara muestran el efecto del bombeo a partir de aproximadamente el año 2005 en el caso de los pozos RA-1 y RA-2, y sólo desde mediados del 2010 en el caso del pozo RA-3"*[87].

495. La empresa agrega al respecto, en sus descargos, que el modelo referido fue de tipo preliminar, y que habría sido preparado con criterios conservadores, *"(...) por lo cual los efectos predichos por él se pueden considerar como mayores a los que efectivamente ocurrirán".*

496. Sobre la alusión al Informe Golder 2010, se deben tener especialmente presente el análisis que se realiza sobre él en el Informe DGA 2015. En este sentido, la DGA dedica toda una sección de su respuesta a analizar el modelo elaborado por la consultora Golder[88], teniendo en especial consideración la "Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA" del año 2012.

497. Las conclusiones a las que arriba la DGA es que dicho modelo no se ajusta a los lineamientos técnicos de la Guía del SEA para el uso de modelos de aguas subterráneas, razón por la cual no representa de forma adecuada el funcionamiento hidrogeológico objeto de estudio. La DGA cuestiona específicamente el hecho de que se haya utilizado un nivel prescrito o constante para representar una condición de borde cercana a un sistema vegetacional, el humedal Valle Ancho, *"(...) por cuanto ello se traduce en la imposibilidad de que se predigan efectos sobre los niveles en las inmediaciones de dicho sistema"*. Además, se indica, que el modelo no fue sometido a un proceso de calibración de datos observados y datos modelados, lo cual constituye un proceso de suma relevancia para la fiabilidad de las predicciones.

---

[87] Escrito de descargos. p. 62.
[88] Ver: Informe DGA 2015. Sección 3.4.2.

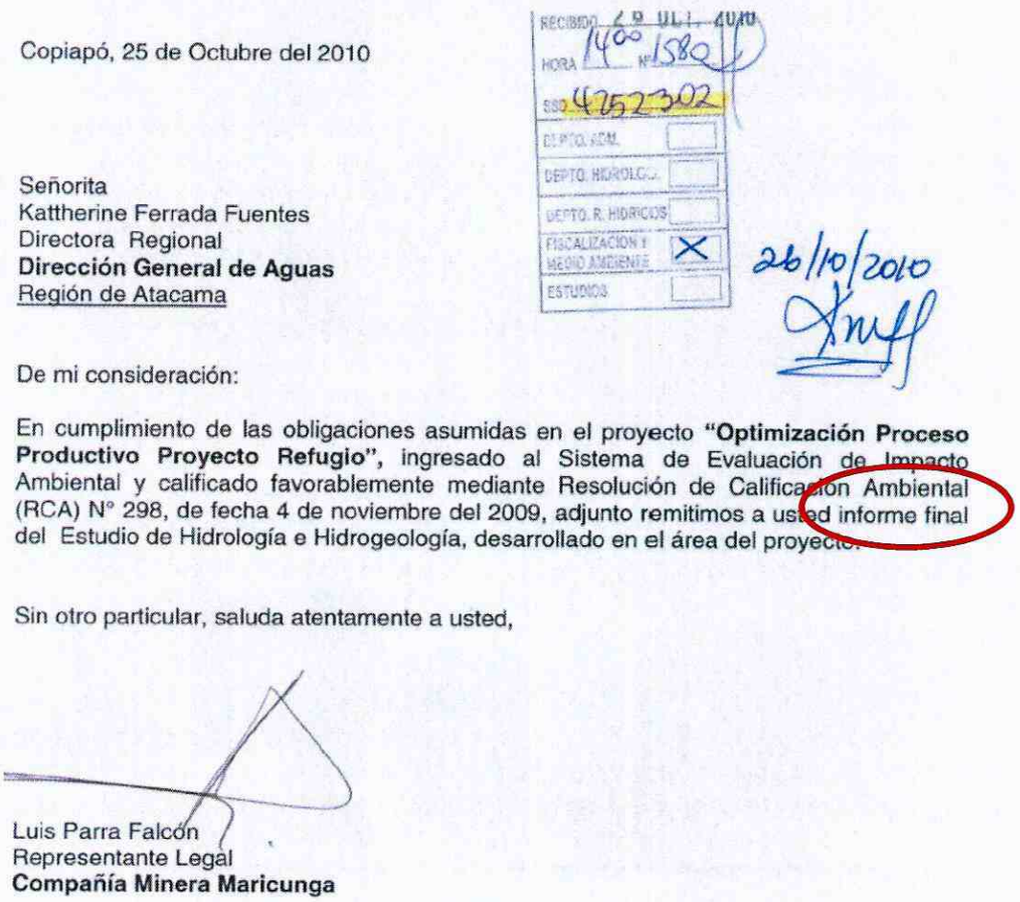
498. La DGA concluye en su informe lo siguiente: *"(...) el modelo numérico presentado* ***no puede ser utilizado como una herramienta predictiva confiable que permita vislumbrar con buen nivel de certidumbre los efectos, debido a la operación del campo de pozos de Pantanillo, sobre el acuífero del corredor biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, y consecuentemente, sobre los objetos de protección ambientalmente sensibles. Con lo anterior, se concluye que el modelo numérico no es un antecedente técnico que ayude a descartar la susceptibilidad de generación de efectos adversos sobre el acuífero y las vegas del citado corredor"***[89] (énfasis agregado).

499. En su escrito de observaciones al Informe DGA 2015, de fecha 7 de enero de 2016, CMM no controvierte las observaciones técnicas realizadas por la DGA sobre este punto sino que se limita a señalar que la empresa tuvo muy poco tiempo para la elaboración de dicha modelación y que ella siempre fue considerada como preliminar.

500. En consecuencia, la empresa no cuestiona las deficiencias técnicas que fueron evidenciadas por la DGA. Estas deficiencias técnicas no se justifican por el hecho de que la empresa tuvo poco tiempo para su elaboración, ya que se trata de problemas metodológicos en el diseño del estudio.

501. Adicionalmente, el hecho de que se tratare de un informe "preliminar" no se condice con la carta remisora entregada por CMM a la DGA, en la cual se señala claramente que se trata del informe final, tal como se aprecia en la imagen siguiente:

Imagen N° 20: Carta remisora Informe Golder 2010.



Copiapó, 25 de Octubre del 2010

RECIBIDO 25 OCT 2010
HORA 1400 N° 1580
SSO 4252302
DEPTO. ADM.
DEPTO. HIDROLOG.
DEPTO. R. HIDRICOS
FISCALIZACION Y MEDIO AMBIENTE X
ESTUDIOS
26/10/2010

Señorita
Kattherine Ferrada Fuentes
Directora Regional
Dirección General de Aguas
Región de Atacama

De mi consideración:

En cumplimiento de las obligaciones asumidas en el proyecto **"Optimización Proceso Productivo Proyecto Refugio"**, ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y calificado favorablemente mediante Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 298, de fecha 4 de noviembre del 2009, adjunto remitimos a usted informe final del Estudio de Hidrología e Hidrogeología, desarrollado en el área del proyecto.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

Luis Parra Falcón
Representante Legal
Compañía Minera Maricunga

Fuente: Anexos Informe DGA 2015.

[89] Informe DGA 2015. p. 42.

502. Por último, debe señalarse que si se tratare de un informe preliminar, la empresa ha demorado un extenso período de seis años para acompañar la versión definitiva, sin que lo haya realizado a la fecha.

iv. Conclusiones sobre la vinculación entre la actividad del Proyecto Minero Refugio y la alteración del medio ambiente identificada en la formulación de cargos

503. En la presente sección de la Resolución se han abordado todas las evidencias que se refieren a la vinculación que existiría entre la operación del Proyecto Minero Refugio –en específico la extracción de agua desde los pozos RA-1 y RA-2– con la alteración del medio ambiente sobre el humedal Valle Ancho, analizada en la sección anterior.

504. Lo primero que se desarrolló fue el contexto en el cual se produce la alteración del medio ambiente. Sobre esto, se hizo hincapié en que el humedal Valle Ancho es el segundo cuerpo de humedales dentro del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda. El primero corresponde al humedal Pantanillo, el cual se encuentra acreditado que ha experimentado una fuerte desecación a partir del año 1995, justo al inicio del proyecto. La fecha precisa de desecación total de dicho humedal (excluida la vega La Dormida) difiere levemente de acuerdo a los diferentes estudios de imágenes satelitales analizados, pero se puede estimar con certeza que ella ocurrió antes del año 2002. El comportamiento anormal del humedal Pantanillo no es discutible, al punto que así es reconocido por el propio Informe Formation 2016.

505. La desecación del humedal Pantanillo debe ser atribuida a un factor causal local, constituido por la recarga de dicho humedal. Respecto a ello, ha quedado acreditado que la extracción de agua por parte de CMM desde el campo de pozos RA-1, RA-2 y RA-3 es la única intervención antrópica que actualmente se encuentra interviniendo el recurso hídrico en aguas arriba del humedal Pantanillo.

506. Tal como se ha desarrollado en la presente sección, la DGA, en el estudio "Análisis de la Situación Hidrogeológica de la Cuenca del Salar de Maricunga, III Región", del año 2006, estimó que la extracción de agua desde el campo de pozos Pantanillo podía llegar a afectar los humedales ubicados aguas abajo, en especial el humedal Pantanillo y el humedal Valle Ancho. Esta afectación se produciría primero en el sector superior de los humedales, correspondiente al sector sur.

507. En el presente procedimiento sancionatorio se ha reunido evidencia suficiente respecto a que dicha afectación finalmente se configuró. Esto fue materia de análisis detallado en el Capítulo sobre la alteración del medio ambiente de la presente Resolución, en el cual se concluyó que existe un área de 69.4 has. que se ha desecado en el sector sur del humedal Valle Ancho. La desecación de esta área ha sido de manera progresiva, incrementándose de manera fuerte a partir del año 2001. Para observar el comportamiento de esta desecación se han utilizado estudios de imágenes satelitales que muestran que el sector fragmentado ubicado al sur del humedal Valle Ancho ha tenido un decaimiento más acelerado que si se compara todo el sector seco identificado en el Informe CONAF 2015. Esto da cuenta del avance de sur a norte de la desecación.

508. Adicionalmente, se realizó un ejercicio para comparar el avance de la superficie afectada entre los años 2014 y 2015, el cual entregó como resultado que ella ha avanzado en 26.3 has, lo que equivale al 11% de la superficie total del humedal Valle Ancho.

509. Teniendo en cuenta lo anterior, el Informe DGA 2015 resulta especialmente clarificador, ya que el análisis técnico que realiza tiende a confirmar la relación que existe entre la extracción de agua desde el campo de pozos Pantanillo con la desecación del humedal Valle Ancho. El informe utiliza varios antecedentes para su análisis, concluyendo, primero, que la extracción de agua por parte del Proyecto Minero Refugio ha generado descensos en los niveles freáticos por sobre los tres metros (correspondiente a lo que en el considerando 3.7.7 de la RCA N° 268/2009 se estableció como el máximo de las variaciones estacionales anuales), llegando a 6,54 metros (RA-1), 6,4 metros (RA-2) y

3,73 metros (RA-3). Se comprueba además que la extracción ha generado un fenómeno de inversión de la gradiente hidráulica del acuífero, lo que implica necesariamente una disminución del flujo de agua subterránea hacia el sector de los humedales del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda.

510. En el Informe DGA 2015 se verificó también una vinculación directa entre el volumen de extracción y los niveles freáticos del pozo RA-3. Esta vinculación implica que mientras más aumentó el caudal de extracción desde los pozos RA-1 y RA-2, más bajó el nivel del pozo RA-3. Adicionalmente, se comprobó que la reactivación de la extracción en el año 2005 generó una baja abrupta y rápida en el pozo RA-3, la cual se explica en parte porque al reiniciar los volúmenes normales de extracción del proyecto en el año 2005, esto se hizo únicamente utilizando el pozo RA-1, más cercano al pozo RA-3. La DGA analiza también otros períodos en que el bombeo de agua se efectuó en mayor medida desde el pozo RA-1, y la incidencia directa que ello tiene en los niveles freáticos del pozo RA-3, lo cual da cuenta de que la velocidad del frente de avance de los efectos de la extracción es mucho más rápida a la descrita por la empresa en sus descargos.

511. La DGA en su informe 2015 realiza una estimación de los descensos en los niveles freáticos aguas abajo del campo de pozos, como consecuencia de la variación del flujo de agua subterránea. Para ello se utilizó la ecuación Darcy, considerando diferentes escenarios de reducción de flujo y de conductividad hidráulica. Teniendo en cuenta la información proporcionada por el titular y un rango de reducciones de flujo estimado hacia el norte del humedal Pantanillo, correspondiente a 20 l/s y 30 l/s, y manteniendo como constante la conductividad hidráulica utilizada por CMM, las depresiones del nivel freático el humedal Valle Ancho se estiman en el rango de 2 a 6,5 metros. Estas variaciones son sensibilizadas conservadoramente por la DGA, lo cual lleva a variaciones entre los 0,8 y los 10,8 metros.

512. Finalmente, en lo que se refiere a la velocidad del frente de avance del efecto del bombeo, la DGA analiza los presupuestos del análisis desarrollado por CMM, el cual se encuentra apoyado por el Informe Hidromas 2015, concluyendo que existen tres aspectos que deben ser corregidos y que no representan las condiciones del acuífero: (i) la distancia utilizada para el cálculo de la velocidad de propagación entre los pozos RA; (ii) el tiempo de desfase entre el bombeo y la ocurrencia de los impactos entre los pozos RA; y (iii) la gradiente hidráulica utilizada para calcular la velocidad. Si estos aspectos son corregidos, el cálculo de la velocidad del frente de avance de los efectos del bombeo cambia radicalmente, dando tiempos mucho más breves que los presentados por la empresa en sus descargos.

513. Adicionalmente, la DGA cita otros dos antecedentes que tienden a confirmar que la velocidad del frente de avance del efecto de los bombeos es mucho más rápida. El primero se refiere a las pruebas de bombeo anexas al informe entregado por CMM a la DGA en el año 2010, en las cuales se muestra que al bombear 50 l/s durante 4 días el efecto se propagó 600 metros. Esto implica que, en atención a que la distancia entre el pozo RA-1 y RA-3 es de 750 metros, el efecto del bombeo entre un pozo y el otro debiera demorar unos pocos días. Se cita además el Informe SAG 2013, en el cual se indica que el período crítico de la desecación del humedal Pantanillo se sitúa entre los años 1996-1997, lo cual implica que los efectos del bombeo sobre el humedal Pantanillo pudieron ser percibidos en un lapso menor a un año desde el inicio de los bombeos.

514. En el Informe DGA 2015 se concluye que *"(...) si se utiliza la misma metodología propuesta por el Titular, pero utilizando los valores de entrada corregidos, se obtiene que los efectos en Valle Ancho producto del reinicio del bombeo debieran haberse detectado a partir del año 2007"*, realizándose la aprensión de que esta afirmación es una afirmación teórica. Esta observación teórica debe ser contrastada con el resto de los antecedentes expuestos respecto a la situación actual del humedal y su comportamiento en el tiempo, sobre los cuales ya se ha realizado una pormenorizada descripción en la sección anterior.

515. Respecto a las defensas que han sido presentadas por CMM en sus descargos y con posterioridad, éstas no logran desvirtuar la evidencia reunida que confirma la vinculación entre la actividad del proyecto y la afectación del humedal Valle Ancho. Respecto a la

velocidad del frente de avance del efecto del bombeo, se trata de un aspecto que ya fue aludido, indicándose que el análisis realizado por la empresa se basa en presupuestos erróneos. En relación a la incidencia que tendría un supuesto fenómeno de desecación a macro escala, se ha desarrollado que hay antecedentes suficientes que explican que la desecación del humedal Valle Ancho no es normal en otros humedales no influenciados por la extracción de agua, razón por la cual puede descartarse esta defensa. En relación al balance hídrico descrito en los descargos, este no se hace cargo correctamente del análisis realizado en el Informe DGA 2006, en relación a la incidencia que podría tener la extracción de agua en los humedales.

516. Las objeciones que fueron planteadas por la empresa respecto al informe DGA han sido también abordadas en forma detallada, concluyéndose que ellas no controvierten el análisis realizado por dicho servicio. Uno de los aspectos sobre los cuales más se hace énfasis por la empresa, no rechaza las conclusiones arribadas por la DGA, sino que considera que se requieren más antecedentes para poder fundar dichas conclusiones. Este argumento no es procedente en atención a que la evidencia reunida sí constituye prueba suficiente para fundamentar las conclusiones, pero, adicionalmente, llama la atención que se invoque un argumento de este tipo, siendo que la empresa ha tenido un tiempo más que extenso para poder acompañar los antecedentes que alude, sin que lo haya hecho. No solo eso, incluso después de haber anunciado en forma sumamente tardía la entrega de antecedentes complementarios, no los entregó en el plazo comprometido por ella misma.

517. En consecuencia, ha podido ser acreditado que la alteración del medio ambiente descrita en la formulación de cargos, esto es, *"(...) la disminución del nivel freático en la cuenca Pantanillo-Ciénaga Redonda y* ***el consecuente desecamiento de, al menos, 70 ha. de humedales ubicados en el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, y el riesgo inminente de expansión del área afectada a aproximadamente 73 ha. adicionales de humedales*** *(...)"*, ha sido causada por la actividad del Proyecto Minero Refugio, lo cual implica que dicha alteración al medio ambiente es un impacto ambiental del proyecto. Lo que resta ahora es verificar si dicho impacto puede ser considerado un impacto ambiental no previsto, es decir, si éste fue anticipado en las evaluaciones ambientales del Proyecto Minero Refugio, aspecto que será abordado a continuación.

c) <u>Falta de previsión del impacto ambiental en la evaluación ambiental del proyecto</u>: Evaluación ambiental del impacto ambiental sobre el humedal Valle Ancho en los diferentes procedimientos de evaluación ambiental del Proyecto Minero Refugio

518. En base a las consideraciones que han sido expuestas, se ha podido confirmar el acaecimiento de una perturbación del medio ambiente, consistente en la desecación de un área de 69,4 has, así como el riesgo de desecación en el corto plazo de 73,3 hectáreas adicionales. Ha sido probado también que esta alteración se encuentra vinculada a las actividades del Proyecto Minero Refugio, lo que implica que se trata de un impacto ambiental ocasionado por la ejecución de dicho proyecto.

519. El hecho de que el impacto ambiental antes descrito pueda ser considerado un impacto ambiental *no previsto*, tal como se ha indicado en forma previa, se encuentra relacionado con el contenido de los procedimientos de evaluación ambiental a los cuales se ha sometido el proyecto. Si dentro de las proyecciones que en ellos se realizaron no se consideró aquel impacto ambiental que efectivamente se configuró, entonces se puede estimar que éste cabe dentro del ámbito de los impactos ambientales no previstos.

520. En el presente caso, el principal procedimiento de evaluación sobre el cual debe ponerse atención es el correspondiente al EIA del "Proyecto Minero Refugio", aprobado por la RCA N° 2/94, ya que es en él en el que se realizó una descripción más detallada de la extracción de agua por parte del proyecto, indicándose cuáles serían sus efectos sobre el medio ambiente. Adicionalmente, debe considerarse la evaluación ambiental de la DIA del proyecto "Modificación Instalaciones y Diseños Proyecto Refugio", aprobado por la RCA N° 4/2004, en la cual se amplió el volumen de agua a ser usada por el proyecto.

521. En el caso del EIA del Proyecto Minero Refugio, es en el capítulo 5 del EIA, referido a las Consecuencias Ambientales del proyecto, donde se tratan los efectos futuros de la extracción de agua. El objetivo de dicho capítulo es, justamente, el *"(...) estudiar los potenciales impactos que el Proyecto Refugio podría ejercer sobre el Medio Ambiente, y proponer las medidas de mitigación que aseguren que estos impactos no se produzcan o sus efectos estén dentro de las normas ambientales vigentes"*.

522. Así, en el numeral 5.2 se identifican las *"Áreas de fragilidad ambiental"* reconocidas en los sectores *"(...) de influencia directa e indirecta (...)"* del proyecto, dentro de los cuales se nombran las vegas. Sobre ellas se indica que, *"(...) si bien tienen una amplia distribución y representatividad, son áreas de concentración de actividad biológica, por lo que deben ser consideradas como áreas de fragilidad"*.

523. Luego, en el numeral 5.3. a) del EIA se Identifican los impactos potenciales del proyecto, mientras que en la subsección 5.3.1., se analizan específicamente aquellos correspondientes al Ambiente Físico. En ella, al analizar los impactos vinculados al agua superficial en la etapa de operación, se indica que los posibles impactos pueden generarse por la extracción de agua desde los pozos de Pantanillo, operación de las pilas y botadero de estériles. Se agrega que durante la operación en régimen se ha estimado una extracción de 70 lt/seg desde los pozos, lo que ha llevado a identificar *"(...) un potencial impacto indirecto, sobre el afloramiento superficial de agua en las vegas inmediatamente aguas debajo de los pozos, lo que en trascurso del tiempo podría afectar la vegetación existente (básicamente coironales densos) y por consecuencia el hábitat para la fauna (aves y mamíferos)"*. Se afirma también que *"(...) la posibilidad que esta extracción afecte el nivel del agua superficial de las vegas existe es difícilmente evaluable. El impacto será puntual y sobre un área restringida que si bien tiene significancia ambiental, no es única y tiene amplia distribución (vegas)"*.

524. Por otro lado, al hacer referencia a los impactos sobre el agua subterránea (c) en la etapa de operación del proyecto, se indica que *"(...) se identificó un impacto indirecto por la extracción de agua desde los pozos de Pantanillo"*. Sin embargo, se sostiene que el recurso explotable fue estimado en 242.5 lt/seg, lo que sumado a una estimación del volumen de recarga al menos 3.5 veces superior a la extracción programada lleva a concluir que *"(...) el impacto sobre el nivel freático no es relevante"*.

525. Se agrega lo siguiente: *"La relevancia ambiental de una posible disminución del nivel freático es el impacto sobre los afloramientos superficiales, que forman vegas en la quebrada Ciénaga Redonda. El monitoreo de las variaciones del nivel de las aguas en el sector de Pantanillo, señalado en el punto anterior, permitirá evaluar y mitigar este impacto indirecto"*[90].

526. En relación a los impactos sobre el medio biótico, a pesar de que en la Matriz de Identificación de Impactos se identifican impactos de *relevancia relativa* sobre la vegetación y la fauna (de carácter transitorio y reversible), a causa de la extracción de agua, estos impactos no son analizados mayormente en el texto del Capítulo 5.

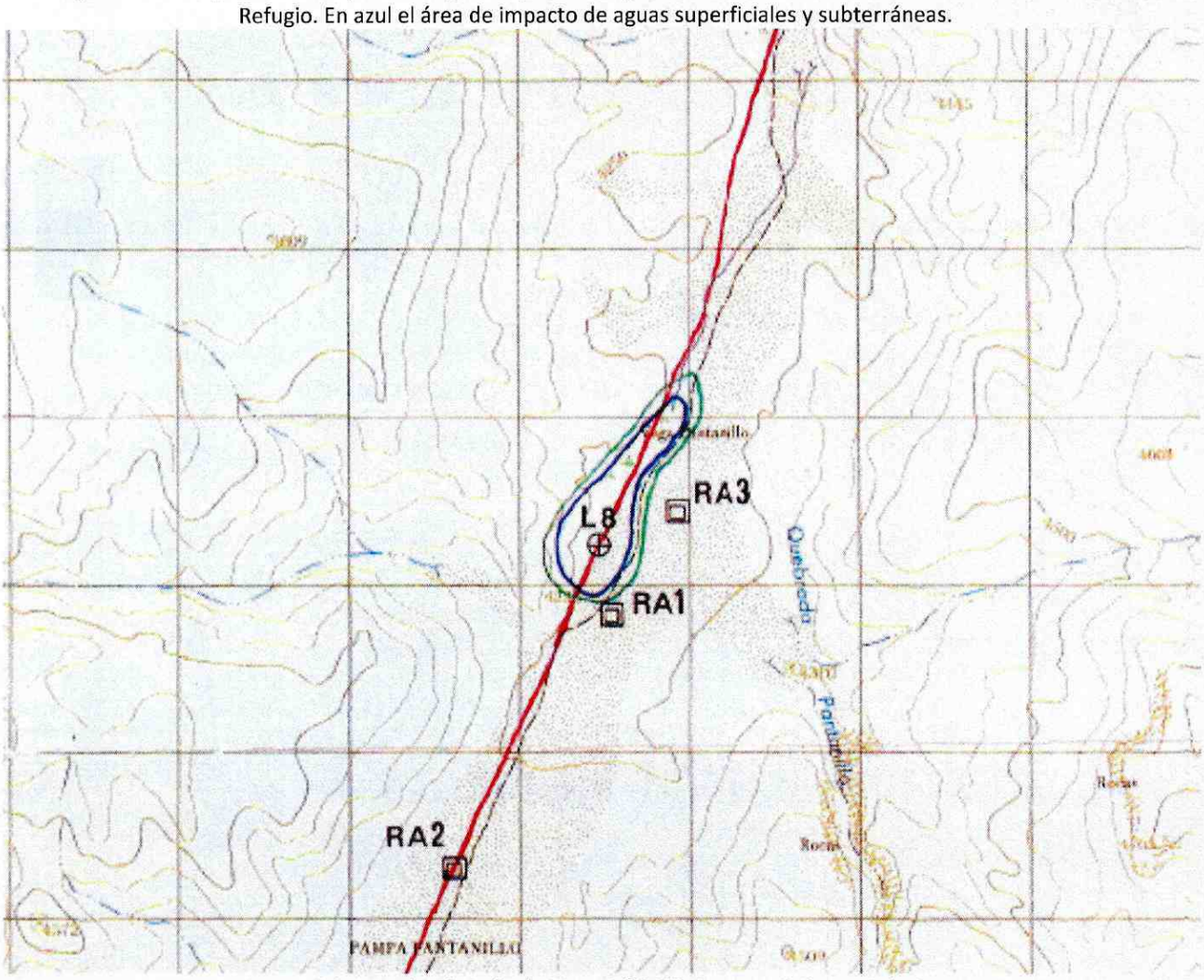
527. En definitiva, respecto de la extracción de agua desde los pozos RA-1, RA-2 y RA-3, en un volumen de 70 l/seg, en la evaluación ambiental del Proyecto Minero Refugio sólo se identificó un potencial impacto indirecto sobre el afloramiento superficial de agua en las vegas ubicadas inmediatamente aguas debajo de los pozos, indicándose que este impacto, además de ser difícilmente evaluable, sería puntual y a un área restringida. Por otro lado, respecto del agua subterránea, se descarta un impacto relevante sobre el nivel freático.

---

[90] La descripción de la Quebrada Ciénaga Redonda es realizada de manera más acotada en el estudio Hidrológico del Anexo F del EIA en el cual se señala: *"En el presente estudio la cuenca de la quebrada Ciénaga Redonda será considerada con cierre en la cota 3.900 msnm.; aguas debajo de esta elevación el cauce principal se divide en varios brazos desarrollándose un extenso cono aluvial sobre la denominada planicie de Ciénaga Redonda. En este contexto la zona del estudio limita al sur con la cuenca de la Laguna del Negro Francisco, que frente a la zona de interés (Quebrada Valle Ancho y Quebrada Pantanillo) corresponde a la subcuenca del río Astaburuaga en el Cono, al oeste limita con la subcuenca de la Quebrada Pastillos, que drena hacia la Laguna Santa Rosa y al este limita con las más altas cumbres que delimitan la frontera Chileno-Argentina"*.

528. Lo anterior se ve refrendado en el Mapa N° 5 del EIA "Áreas de Impacto y Puntos de Muestreo", donde se muestra el área de aguas superficiales y subterráneas que sería impactada, la cual sólo es limitada al sector de Pantanillo.

Imagen N° 21: Mapa área de impacto de aguas superficiales y subterráneas Evaluación Ambiental Proyecto Minero Refugio. En azul el área de impacto de aguas superficiales y subterráneas.



Fuente: Parte seleccionada de Mapa N° 5 EIA Proyecto Minero Refugio.

529. En consecuencia, puede sostenerse que en el EIA del Proyecto Minero Refugio, no abarcó el impacto ambiental al humedal Valle Ancho, como consecuencia del bombeo de agua por parte del proyecto.

530. Por otro lado, en la evaluación ambiental del proyecto "Modificación Instalaciones y Diseños Proyecto Refugio", aprobado por la RCA N° 4/2004, se consideró un aumento en el volumen de extracción de agua para la operación del proyecto, desde los 70 l/s considerados en la RCA N° 2/94, hasta un consumo medio de 341 m^3/h, equivalente a 95 l/s.

531. Por un lado, en la DIA sometida a evaluación, respecto a los impactos vinculados al abastecimiento de agua fresca, se indica lo siguiente: *"Las obras asociadas al aumento de la capacidad peak de bombeo desde el campo de pozos de Pantanillo consideran la instalación de una línea eléctrica para reemplazar el generador diesel. La línea se instalará en el corredor de servidumbre de la cañería, que cuenta con un camino de servicio, por lo que no será necesaria la construcción de caminos de acceso nuevos. La instalación de las nuevas estaciones de bombeo será en el trazado de la línea que ya está intervenido, por lo que no existirán nuevos impactos". "(...)* ***El único impacto no considerado en la evaluación original del proyecto se refiere al impacto visual de la postación que correrá paralela y cercana al trazado del acueducto desde el campamento actual al campo de pozos.***

Considerando que la distancia en la quebrada de Pantanillo es sólo de 30 Km, el impacto no es significativo" (énfasis agregado).

532. Luego, en el numeral 3.7. en el que se encuentran las conclusiones sobre los impactos ambientales, se indica lo siguiente: *"Teniendo presente la naturaleza y características de las modificaciones que se realizarán a los diseños e instalaciones del Proyecto Refugio y considerando las características del medio y las evaluaciones ambientales realizadas con anterioridad, se concluye que no existirán impactos ambientales significativos y adversos producto del desarrollo de este proyecto"*.

533. Finalmente, lo anterior fue recogido en la RCA N° 4/2004, la que en su numeral 9.2. señala que *"[c]on relación a los efectos, características y circunstancias señalados en la letra b) del artículo 11 de la Ley 19.300 (efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales), la evaluación ambiental ha concluido que no se generarán este tipo de efectos. En el área directa e indirecta del Proyecto las especies vegetacionales y de flora se encuentran ampliamente distribuidas en la Región y no se encuentran catalogadas en peligro de conservación. En relación a la fauna no se encontraron especies consideradas en alguna categoría de conservación"*.

534. Por lo tanto, de la revisión de las evaluaciones ambientales del Proyecto Minero Refugio, es posible concluir que el impacto ambiental sobre la vega Valle Ancho a causa del bombeo de agua en el campo de pozos Pantanillo, no fue un impacto ambiental previsto.

d) <u>La conducta realizada no se ajusta a la conducta exigida por la normativa:</u> Obligación de Compañía Minera Maricunga de informar y tomar medidas frente al impacto ambiental no previsto sobre el humedal Valle Ancho

i. Obligaciones a las que se encontraba sujeta CMM

535. Habiéndose probado el acaecimiento de un impacto ambiental no previsto, consistente en la desecación completa de un sector de 69,4 has, junto al riesgo futuro de desecación de una superficie de 73,3 ha. del humedal Valle Ancho, en el corto plazo, corresponde a continuación abordar la cuestión asociada a si CMM cumplió en forma adecuada con las obligaciones que las diferentes RCA que regulan el proyecto le imponían. Para ello debe hacerse referencia primero al contenido de dichas obligaciones, para luego revisar si las acciones ejecutadas por la empresa se ajustan a ellas.

536. Las exigencias a las cuales CMM se encontraba sujeta frente al acaecimiento de impactos ambientales no previstos han sido descritas en el escrito de formulación de cargos, en específico, en el cuadro contenido en el resuelvo I de la Res. Ex. N° 1/ Rol D-14-2015, al indicarse las condiciones, normas y medidas incumplidas por el hecho infraccional. En dicho cuadro se cita el resuelvo segundo de la RCA N° 2/1994, en el que se establece que las medidas de mitigación, prevención, control y/o atenuación de impactos medioambientales aludidas en el EIA del Proyecto Minero Refugio, deberán ser asumidas e implementadas por la empresa. Estas medidas incluyen la ejecución del Programa de Monitoreo del EIA, el cual tiene por fin, según su propio texto, el *"(...) detectar variaciones naturales o posibles anomalías producto de las distintas acciones del Proyecto sobre el Medio Receptor y, si corresponde, tomar las medidas correctivas pertinentes para asegurar que las regulaciones ambientales no serán sobrepasadas"*. En el cuadro se cita también el texto de las RCA N° 4/2004, N° 268/2009 y N° 45/2011, todas las cuales hacen referencia al deber de CMM de informar inmediatamente a la autoridad ambiental la ocurrencia de impactos ambientales no previstos, asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para enfrentarlos.

537. Tal como se ha señalado previamente en esta Resolución, dichas normas regulan en conjunto un mismo compromiso, el cual se refiere al **deber del titular de estar atento ante posibles perturbaciones que la actividad del proyecto pueda tener sobre el medio ambiente, más allá de aquellas que fueron anticipadas en la evaluación ambiental del proyecto**.

Esto se traduce en un deber de diligencia, cuya exigencia estará sujeta a su vez al tipo de impacto ambiental de que se trate y su vinculación con la actividad.

538. En algunos casos los impactos ambientales no previstos podrán corresponder a eventos muy lejanos a lo esperable por el tipo de proyecto de que se trata; claramente desvinculados de los impactos que sí fueron anticipados en la evaluación ambiental del mismo; o deberse a cursos causales sorpresivos, sobre los cuales no se tuvo ningún antecedente previo. Estas circunstancias repercutirán rebajando el estándar exigido para satisfacer el deber de diligencia de quien está sujeto a la obligación, ya que en estos casos será menos exigible el observar e informar de dichos impactos ambientales.

539. Por el contrario, en los casos en que el impacto ambiental aludido se pueda asociar comúnmente con los efectos principales del tipo de actividad productiva de que se trata; cuando se vincule estrechamente con los impactos ambientales que sí fueron previstos en la evaluación; o cuando el obligado haya tenido antecedentes que hayan encendido las alarmas sobre la eventualidad de su ocurrencia, el efecto sobre la conducta esperable será el inverso, elevándose el estándar de diligencia asociado al cumplimiento de su obligación. Como se verá, en el presente caso se configuran estas tres hipótesis.

540. En éste orden de ideas, debe considerarse que el impacto ambiental que es objeto de cargos se vincula con la actividad de extracción de agua del proyecto, para su posterior utilización en el proceso de la mina. En el caso de la actividad minera los efectos que la extracción de agua puede implicar para las fuentes de suministro constituyen uno de los aspectos ecológicos de mayor relevancia, ya que, por la naturaleza de la actividad, los volúmenes de agua que se suelen requerir son abundantes, además de que en Chile esta actividad se desarrolla principalmente en zonas donde dicho recurso es escaso. Por lo tanto, no se trata de un impacto ambiental que se encuentre fuera de la órbita común de la actividad productiva realizada.

541. Por lo demás, los efectos que la actividad de extracción de agua podían tener sobre los humedales, tal como se explicó en forma previa, fue uno de los impactos ambientales que se identificó como posibles en la evaluación ambiental del Proyecto Minero Refugio, sólo que en dicha oportunidad este fue limitado a la zona ubicada inmediatamente abajo de los pozos de extracción, correspondiente al humedal Pantanillo. Por ende, el impacto ambiental sobre el humedal Valle Ancho, cuyo análisis ha sido objeto del presente procedimiento, se encuentra estrechamente vinculado con el impacto ambiental que sí fue anticipado.

542. Finalmente, cabe concluir en esta línea argumentativa que respecto del impacto ambiental no previsto, se deriva de los antecedentes disponibles que la empresa tuvo acabado conocimiento de la desecación del humedal Pantanillo, a lo menos desde el año 2008. Ello implica que tuvo antecedentes que le permitan esperar la posibilidad de que ese impacto ambiental sobre Pantanillo, el cual en la evaluación había sido descrito como eventual y poco significativo, pero que en la realidad implicó la desecación total del humedal, hubiera podido extenderse aguas abajo, como finalmente ocurrió.

543. Una vez que la empresa tiene conocimiento del impacto ambiental no previsto, su primera y más urgente obligación está dada por el informar a la autoridad ambiental. El segundo grupo de acciones se referirá a la adopción de medidas adecuadas para controlar el impacto ambiental. Mientras que la primera de estas acciones –informar– no variará dependiendo del tipo de impacto ambiental de que se trate, la adopción de medidas sí se encontrará condicionada por la naturaleza de la perturbación que se haya provocado en el medio ambiente.

544. La obligación de informar, se trata de una exigencia básica y de adopción inmediata, ya que es la que permite que los organismos públicos puedan tomar decisiones vinculadas al impacto ambiental identificado, ya sea mediante la ejecución de medidas directamente, o ya sea controlando las adoptadas por el titular. En atención a que el objetivo primordial de esta comunicación es actualizar a la autoridad pública, su cumplimiento diligente requiere que la

información entregada permita alcanzar ese conocimiento y que no se trate de descripciones vagas, poco claras o que se extravíen dentro de información no atingente. Por ello, la entrega de "*información inmediata*" debe cumplir con condiciones mínimas que la vuelvan precisa, completa y pertinente.

545. En el caso del impacto ambiental identificado en la formulación de cargos, la información que tenía que ser entregada por CMM debía abordar la expansión del efecto del bombeo aguas abajo del humedal Pantanillo, en específico, del humedal Valle Ancho, con el consecuente impacto negativo sobre la vegetación superficial, la cual es dependiente de los niveles freáticos de las aguas subterráneas, y la fauna local.

546. Respecto de la fecha en la cual debió haber sido entregada, los antecedentes descritos en forma precedente dan cuenta que el proceso de descenso de las napas del humedal Valle Ancho habría acaecido de manera paulatina, incrementándose de manera fuerte luego de la reactivación del proyecto en el año 2005. Es por ello que al momento en que entran en vigencia las competencias de la SMA, el 28 de diciembre de 2013, este impacto ambiental ya se había configurado, por lo que al menos durante todo el período en el cual la SMA ha tenido competencias, ya recaía sobre CMM la obligación de proporcionar esta información.

547. Por otro lado, **la obligación de adoptar medidas** es una exigencia que debe ajustarse a las características propias del impacto ambiental que será enfrentado. A pesar de esto, en todos los casos se podrá diferenciar aquellas **medidas urgentes e inmediatas**, dirigidas a impedir que el impacto ambiental se continúe extendiendo, de aquellas **medidas de mediano y largo plazo**, las cuales pretenden revertir el impacto ambiental. Las acciones inmediatas destinadas a detener la perturbación resultan esenciales, ya que cualquier esfuerzo de restauración tendrá pocas o nulas posibilidades de éxito si la causa del impacto ambiental continúa actuando.

548. En el caso analizado en el presente procedimiento sancionatorio, también es posible distinguir estos dos planos de acciones o medidas a ser ejecutadas. Debido a que la afectación del humedal Valle Ancho se encuentra vinculada al bombeo de agua desde el sector de los Pozos RA-1 y RA-2, la medida inmediata y de efecto en el corto plazo que debió haber sido adoptada era la detención de dicha extracción desde los pozos. Adicionalmente, frente al daño generado en la vega, se debió haber comenzado a ejecutar acciones de reparación de mediano y largo plazo. Estas últimas corresponden a medidas de mediano y largo plazo debido a que requieren levantamiento de información y la elaboración de un conjunto extenso de estudios técnicos, los cuales deben ser coordinados con las autoridades sectoriales.

549. En relación con la obligación de **detener la extracción** de agua desde el campo de pozos Pantanillo, debe considerarse que esta medida se deriva de la vinculación causal que existe entre dicha extracción y la baja de los niveles freáticos en el sector del humedal Valle Ancho, aspecto que ha sido abordado en forma extensa en la presente Resolución. En los principios para la restauración de humedales de la *Environmental Protection Agency* de los Estados Unidos (en adelante, "EPA"), se destaca el principio *"Abordar de las Causas Persistentes de la Degradación"*, según el cual resulta fundamental para toda restauración de humedales, el detectar los agentes causales que continúan contribuyendo a la degradación, ya que sin la interrupción de dicho agente causal es probable que cualquier esfuerzo de restauración esté destinado a fracasar[91]. Por lo tanto, en el presente caso, lo que correspondía como primera medida urgente, era el interrumpir el agente causal que se encontraba contribuyendo a la disminución de los niveles freáticos, esto era, la extracción de agua desde los pozos. La detención total de la extracción desde los pozos, es también una medida consistente con conclusiones del Informe DGA 2015, en el cual se afirma que *"(...) existen antecedentes técnicos razonables y suficientes*

[91] Principles of Wetland Restoration: "Address ongoing causes of degradation. Restoration efforts are likely to fail if the sources of degradation persist. Therefore, it is essential to identify the causes of degradation and eliminate or remediate ongoing stresses wherever possible" ("Principios de la Restauración de Humedales: Abordar las Causas Persistentes de la Degradación. Los esfuerzos de restauración probablemente fallarán si las fuentes de la degradación persisten. Por lo tanto, es esencial identificar las causas de la degradación y eliminar o remediar, en la medida de lo posible, el agente causal".) (traducción propia). [en línea] < http://www.epa.gov/wetlands/principles-wetland-restoration#restorenaturalstructer>.

para considerar incompatibles los bombeos desde el campo de pozos Pantanillo con la sustentabilidad en el tiempo de la vega Valle Ancho"[92].

550. Por otro lado, las **medidas de reparación** consiste en un conjunto de acciones más amplias, dirigidas a reducir, mitigar e incluso revertir, los daños producidos en el medio físico para volver, en la medida de lo posible, a la estructura, funciones, diversidad y dinámica del ecosistema original. La EPA ha sostenido[93] en éste sentido que si bien existen principios aplicables a todos los programas de restauración, el diseño e implementación de un proyecto debe ser adaptado a las circunstancias particulares de cada caso. Las etapas que se pueden identificar en este proceso son los siguientes: (i) Caracterización del sitio; (ii) identificación de los objetivos; (iii) identificación de técnicas de restauración; (iv) implementación, y (v) monitoreo.

551. En cuanto a la caracterización del sitio, la EPA señala que se debe contar con información de las características presentes e históricas del ecosistema, lo cual permite establecer el objetivo o meta a perseguir con el proyecto de restauración. Luego, en la identificación de objetivos, se deben planificar metas cuantificables y medibles para la restauración del ecosistema, que deben ser formulados de tal forma que permitan el seguimiento y monitoreo continuo de la efectividad del proyecto de restauración. Con posterioridad, se requiere la identificación de técnicas de restauración que incluya actividades de restauración, manejo de condiciones del ecosistema dañado e incorpore áreas de manejo que aporten o influyan en el daño del ecosistema. El paso siguiente de la implementación, implica un manejo adaptativo del proyecto de restauración, de forma de actuar y redirigir el desarrollo del proyecto en función de las respuestas del ecosistema frente a las medida tomadas. Finalmente, y sumamente ligado al paso anterior, se requiere monitorear continuamente con el fin de evaluar la efectividad de las medidas de restauración y poder determinar si éstas requiere de una actualización o modificación.[94] Las acciones descritas requerirán un trabajo estrecho con los organismos sectoriales, los cuales tendrán que ir evaluando y observando las definiciones adoptadas en el plan de restauración.

552. En definitiva, se puede sostener que CMM tenía como obligación frente a la afectación del humedal Valle Ancho tres exigencias: (i) informar a la autoridad del impacto ambiental en forma precisa, completa y pertinente; (ii) la adopción de medida de carácter urgente y de efecto inmediato, dentro de las cuales la principal estaba dada por la detención de la extracción de agua desde los pozos; y (iii) la ejecución de medidas o acciones de mediano y largo plazo, dirigidas a controlar y revertir el impacto ambiental, lo cual implica acciones de reparación del área afectada.

553. Antes de entrar a evaluar si CMM cumplió con estas obligaciones, se hará referencia a aquellos argumentos desarrollados por CMM en su escrito de descargos y que se refieren a las actuaciones que la empresa identifica como demostrativas de un actuar diligente.

ii. Acciones identificadas por CMM como representativas de un actuar diligente

554. En dos partes diferentes de su escrito de descargos CMM, ha hecho referencia a las actuaciones realizadas por ella para enfrentar el impacto ambiental. En la primera de ellas hace alusión a aquellas acciones que habría realizado con posterioridad al proceso sancionatorio seguido ante la CEA de Atacama[95]; mientras que en la segunda aborda la omisión atribuida en los cargos y expone las razones de por qué esta no sería tal[96].

---

[92] Informe DGA 2015. p. 45.
[93] Environmental Protection Agency (EPA). National Management Measures to Protect and Restare Wetlands and Riparian Areas for the Abatement of Nonpoint Source Pollution. 2005. Washington, USA. p. 44.
[94] Ibid.
[95] Escrito de descargos. pp. 12 y ss.
[96] Ibid. pp. 28 y ss.

555. Mediante Res. Ex. N° 7 de 24 de julio de 2015, la SMA solicitó a CMM fundamentar sus dichos, acompañando copia de los documentos que cita ambas partes de sus descargos. En específico se solicitó una lista, en la cual se individualizaran claramente todas y cada una de las cartas remitidas a autoridades, comunicaciones, pronunciamientos y actuaciones de los organismos sectoriales, *"(...) así como respaldo de cualquier otra comunicación y pronunciamiento de autoridad relativa a los argumentos por ella presentados"*. Dicho requerimiento fue respondido el día 13 de agosto de 2015, mediante la presentación de un escrito en cuyo otrosí se acompañó un listado de documentos con la información solicitada, además de acompañarse un pendrive con un conjunto de 23 archivos en formato pdf.

556. Adicionalmente, junto a los antecedentes entregados por la propia empresa, existen otros documentos que complementan dicha información, los cuales fueron acompañados como anexos a la denuncia presentada por el Ministerio del Medio Ambiente.

557. De acuerdo a la información tenida a la vista, las actuaciones que se habrían ejecutado son las que se describirán a continuación.

558. En el mes de agosto del año 2012, CMM hace entrega al SEA de Atacama el Informe de Monitoreo del 2° semestre del año 2011. En él se afirma que el punto de monitoreo ubicado en Pantanillo **no registró nivel de agua durante el segundo semestre de 2011, donde se ubica la estaca utilizada para la medición**. Se alude a la implementación de la medida de conexión de la vega con los pozos el año 2010 y se afirma que la empresa *"(...) se encuentra diseñando un Plan de Acción de recuperación de la vega, que será presentado a la autoridad ambiental para su revisión (...)"*, el cual es descrito en términos generales[97]. El objetivo de este plan es el *"[r]estaurar sustentablemente, lo más pronto que sea factible, el agua y la vegetación en la vega Pantanillo"*[98].

559. El 12 de septiembre de 1012, la SEREMI de Salud de Atacama remitió al SEREMI del Medio Ambiente de Atacama, el Of. Ord. BS3 / N° 1735, en el cual se refiere al informe de monitoreo presentado por CMM en el mes de agosto. La SEREMI de Salud de Atacama **manifiesta su preocupación por los datos informados, en especial la situación de desecación del humedal Pantanillo**. Hace ver también las exigencias que las RCA que regulan el Proyecto Minero Refugio le imponen a la empresa, **dentro de las cuales está la obligación de informar y adoptar medidas frente a impacto ambientales no previstos**.

560. El día 19 de noviembre de 2012, Kinross Maricunga presentó una carta dirigida al SEA de Atacama, en la cual se refiere a una reunión realizada con fecha 30 de octubre del 2012, indicando que, según acordado en dicha reunión, se adjunta un documento titulado ***"Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo"***[99]. Este plan, según la propia carta remisora, es acompañado en virtud del artículo 12 letra f) de la Ley N° 19.300, que obliga que los EIA tengan un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al EIA. En su Resumen Ejecutivo, se justifica la presentación de este plan debido a que en el Plan de Seguimiento del Proyecto Minero Refugio se detectó una disminución del agua superficial y las medidas contempladas en la RCA N° 2/1994 no han tenido el resultado esperado. En el plan se proponen un conjunto de medidas para: (i) el aumento del nivel de las aguas subterráneas; (ii) la recuperación del flujo superficial en Pantanillo; (iii) la recuperación paulatina de la vegetación en la vega; (iv) el cuidado y monitoreo de las otras áreas igualmente sensibles en la zona; y (v) la generación de agua mediante un sistema innovador de barreras para la acumulación de nieve para compensar el uso de dicho recurso por las operaciones de

[97] CMM afirma en sus descargos que este plan habría sido finalmente presentado al SEA de Atacama, en una reunión el día 7 de septiembre de 2012, sin embargo, no se acompañó en los descargos ni en el escrito del día 13 de Agosto de 2015, ningún registro de esta reunión ni de la documentación que en ella habría sido entregada.

[98] Sobre esta comunicación, resulta relevante precisar que en el procedimiento sancionatorio seguido ante la CEA de Atacama se acreditó que la empresa tenía conocimiento de la desecación del humedal Pantanillo a lo menos desde el año 2008. Esto es una circunstancia más que esperable, siendo que los diferentes estudios de imágenes satelitales indican que la desecación total del humedal Pantanillo ocurrió bastante tiempo antes de dicha fecha. En este sentido, el Informe SAG 2013 en sus conclusiones, sostiene que el humedal Pantanillo se habría secado completamente el año 2002.

[99] Esta carta fue acompañada en la denuncia como anexo en la denuncia del Ministerio del Medio Ambiente. No fue acompañada por CMM en sus descargos o en el escrito de fecha 13 de agosto de 2012.

CMM. En el punto 2.7. del Plan de Seguimiento, titulado "Programa de seguimiento de las vegas en la zona", se indica que *"[s]e realizará un monitoreo conjuntamente con personal de la CONAF para determinar la salud ecológica de las vegas en la zona (entre las que se incluye, Pantanillo, la vega a sur a lo largo del Río Astaburuaga, al igual que la siguiente vega al norte aguas abajo en la Quebrada Ciénaga Redonda), y para asegurar que estos hábitats no sean impactados por el bombeo de CMM"*.

561. El día 21 de noviembre de 2012, mediante Of. Ord. N° 512/2012, el SEA de Atacama remitió al SAG, a CONAF, a la DGA y a la SEREMI de Medio Ambiente, todos de la región de Atacama, el "Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo" presentado por Kinross[100].

562. El 10 de diciembre de 2012, el SAG informa al SEA de Atacama, mediante Ord. N° 907, sobre la visita inspectiva de fecha 15 de noviembre de 2012, motivada por la denuncia de CONAF del día 8 de octubre de 2012, de una grave afectación a sistemas vegetacionales hídricos terrestres, específicamente en dos formaciones de vegas ubicadas en el área del corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, por una superficie de 14 has. En ella se constató la afectación, afirmándose que esta es total, debido a la muerte de toda la vegetación en el área, por una superficie que supera las 20 has. Finalmente se solicita a la CEA de atacama el iniciar un procedimiento sancionatorio.

563. El 11 de diciembre de 2012, mediante Of. Ord. N° 208/2011, la CONAF de Atacama responde al Of. Ord. N° 512/2012 del SEA de Atacama, observando el "Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo". En su respuesta CONAF sostiene que con los antecedentes presentados no es posible hacer una evaluación adecuada de las medidas. Indica además cuál es la información adicional que sería necesaria para hacer dicha evaluación. Se afirma que el titular solo se refiere a la RCA N° 2/1994, pero que además el proyecto se encuentra regulado por las RCA N° 4/2004 y N° 45/2011. CONAF hace expresa mención a la obligación contenida en la RCA N° 4/2004, según la cual la empresa debe informar inmediatamente a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Atacama, *"(...) la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental", asumiendo acto seguido las acciones necesarias para controlarlos y mitigarlos"*.

564. El 17 de diciembre de 2012, mediante oficio N° 933, el SAG responde al SEA de Atacama el Of. Ord. N° 512/2012. En su respuesta el SAG sostiene que el Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo del Proyecto Refugio, *"no da respuesta al seguimiento que se debe haber realizado en el marco de funcionamiento del actual proyecto aprobado por Resolución Exenta 02/1994, en el sentido de haber verificado que se estaba afectando una amplia superficie de la vega Pantanillo"*. El SAG afirma que en el Plan de Seguimiento no se ha acompañado información suficiente para pronunciarse favorablemente.

565. El día 10 de enero de 2013, mediante Of. Ord. N° 19, la de la SEREMI de Medio Ambiente de Atacama respondió el Of. Ord. N° 5/2012, realizando observaciones al Plan de Seguimiento Para la Recuperación de la Vega Pantanillo del Proyecto Refugio propuesto por CMM. Dentro del basto conjunto de observaciones, se indica la necesidad de caracterizar la magnitud del impacto, describiendo el estado actual y anterior de las vegas, incluyendo la vega Barros Negros Norte y Sur. Se refiere también a la necesidad de *"(...) calcular la superficie que someterá a una potencial recuperación, los tipos de Sistemas vegetacionales azonales afectados y la profundidad actual de los niveles freáticos y un análisis de la humedad del suelo. Además y principalmente debe presentar un completo informe de evaluación de los Sistemas vegetacionales azonales que se encuentran al norte de la zona afectada, midiendo los niveles freáticos superficiales, la humedad y realizando transectas fijas"*.

566. El día 4 de febrero de 2013, la CEA de Atacama dictó la Res. Ex. N° 35 del 4 de febrero de 2015, mediante la cual resolvió iniciar un procedimiento de investigación al Proyecto Minero Refugio de CMM, en base a los antecedentes denunciados por el SAG mediante Of. Ord. N° 907.

[100] Esta carta fue acompañada en la denuncia del Ministerio del Medio Ambiente. No fue acompañada por la empresa en sus descargos, tampoco fue acompañado el escrito de fecha 13 de agosto de 2012.

567. El día 20 de noviembre de 2013, CMM habría presentado una carta a la CEA de Atacama, en el contexto del procedimiento sancionatorio seguido contra la empresa, en la cual habría realizado una propuesta para mejorar la implementación de la medida contenida en el Resuelvo 3° de la RCA N° 2 de 1994[101].

568. El día 16 de diciembre de 2013, la empresa presentó una carta al SEA de Atacama, en la cual se replican las propuestas que habrían sido realizadas ante la CEA de Atacama. En la carta remisora se señala que las medidas son presentadas para que sean sometidas a consideración, esperando que ellas sean acogidas. El documento adjuntado a la carta se titula "Medidas Propuestas para la Restauración Vegetacional de Vega Pantanillo". En su contenido se indica que su objetivo es el comenzar la recuperación de la vega Pantanillo, para lo cual se proponen cinco medidas: (i) la construcción de barreras de nieve al norte de la vega Pantanillo; (ii) mejoras al sistema de irrigación cambiando la tubería de irrigación por una de 6´´ de diámetro y enterrada a dos metros de profundidad; (iii) un plan de revegetación, para recuperar la cubierta de vegetación azonal hídrica en el sector Pantanillo; (iv) finalizar los estudios hidrogeológicos en curso, elaborados por la Consultora Golder Associates, esto con el fin de conocer con mayor profundidad el sistema de aguas subterráneas del sector Pantanillo; y (v) monitoreo y reporte vinculado a las medidas anteriores. No se hace referencia a la necesidad de monitorear otras vegas del sector.

569. El 10 de enero de 2014, mediante Of. Ord. N°54/2013, el SAG respondió el Of. Ord. N°1/2014 del SEA Atacama, emitió un pronunciamiento favorable a la adopción de las medidas propuestas, señalando que el aporte de nuevos antecedentes mejoraría la información existente relacionada con el funcionamiento de dicho sistema. No obstante, el Servicio agrega que ***"(...) no tiene seguridad respecto de los resultados de las medidas planteadas para la recuperación de la vega Pantanillo"*** (énfasis agregado).

570. Según lo afirmado por la empresa, el 17 de enero de 2014, CMM habría presentado al SEA un informe técnico elaborado por la Consultora Golder Associates, el cual tendría por fin el complementar el escrito de fecha 16 de diciembre de 2013. A pesar de que fue requerido por esta Superintendencia, CMM no acompañó el Memorando Técnico adjunto a la carta, sino sólo la carta conductora[102].

571. En su presentación de fecha 13 de agosto de 2015, CMM acompaña un Memorando Técnico de fecha 7 de febrero de 2014, sin embargo, no se hace alusión alguna respecto a si este Memorando habría sido presentado a alguna autoridad ni cuándo. Se puede deducir por su fecha, que este no puede corresponder al Memorando Técnico al que se alude en la carta presentada el 17 de enero de 2014, ya que la fecha de elaboración es posterior a la entrega de la carta. Tampoco puede haber sido acompañado a la carta de fecha 22 de enero de 2014, acompañada en el numeral 11 del escrito del 13 de agosto de 2015, ya que también corresponde a una carta anterior. Independientemente de que no se tiene certeza respecto a si dicho Memorando Técnico fue acompañado o no, analizando su contenido, se constata que este buscó ser una respuesta al Ord. N° 7/2014 de CONAF.

572. El día 21 de enero de 2014, CONAF emitió el Of. Ord. N° 16, dirigido al SEA de la Región de Atacama, en que informa que las medidas propuestas por CMM son de carácter investigativo y experimental y no de recuperación, por lo que emite un pronunciamiento favorable pero con condiciones, tales como: (i) *"indicar cuáles son los objetivos que se pretenden alcanzar con cada una de las medidas planteadas"*, (ii)*"describir con mayor detalle las metodologías presentadas para todas las actividades"*, y (iii) *"entregar el plan de trabajo y los plazos establecidos para el desarrollo de las actividades"*.

573. El día 21 de marzo de 2014, CMM ingresó tres solicitudes diferentes a CONAF. La primera, una ***"Solicitud Para Realizar Actividades de Investigación en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado"***. El objetivo de esta solicitud, como se

[101] Esta comunicación no fue acompañada a los descargos ni tampoco en los documentos entregados el día 13 de agosto de 2015.
[102] Documento N° 9 del escrito del 13 de agosto de 2015, se entrega sólo la carta conductora, entregada el 17 de enero de 2014 al SEA, pero no se acompaña el memorando técnico.

indica en su texto, es proporcionar al sistema vegetaciones de la vega Pantanillo un aporte hídrico adicional. Dentro de las actividades propuestas se contempla el cambio de la tubería de 3´´ dispuesta a nivel superficial, por una de 6´´ enterrada en profundidad. Esta solicitud fue aprobada el 22 de junio de 2014, mediante carta oficial N°65/2014. La segunda correspondió a una ***"Solicitud para la Construcción de Barreras de Nieve Sector Pantanillo"***. El objetivo de esta solicitud, como se indica en su texto era implementar la construcción de 2,5 km adicionales de barreras colectoras de nieve en el sector sureste de la vega Pantanillo, para incrementar el potencial de recurso hídrico capaz de ser inyectado al acuífero de Pantanillo. Esta solicitud fue aprobada por CONAF, con fecha 22 de junio de 2014, mediante carta oficial N°64/2014. La tercera se trató de una ***"Solicitud de Autorización Plan de Revegetación Vega Pantanillo"***. Su objetivo estaba dado por el evaluar e implementar un proyecto adecuado de toma de información para evaluar la recuperación de la cubierta de vegetación azonal hídrica en el sector Pantanillo. Dentro de las acciones propuestas cabe destacar *"el estudio comparativo de otras vegas del entorno: caracterización de vegas presentes en el sistema de humedales ubicados en torno al sector Pantanillo,* ***especialmente aquellos hacia el norte, los que presentan evidencias de deterioro de la vegetación azonal hídrica, por cuanto se han observado porciones de vegetación decrépita y/o muerta, en los cuales, hasta la fecha, se asume corresponde a un proceso natural***" (énfasis agregado).

574. Finalmente, se cita por CMM una supuesta solicitud al SEA de aplicar el artículo 25 *quinquies* de la Ley N° 19.300, en la cual se habría utilizado la presentación acompañada como Anexo 4 de los descargos. Sin embargo, esta solicitud no fue acompañada por la empresa.

575. En razón de lo expuesto, CMM afirma en sus descargos lo siguiente: *"Como es posible apreciar de lo expuesto precedentemente, CMM ha instado sistemática y permanentemente por la pronta ejecución de las medidas propuestas, a pesar de las múltiples dilaciones y nuevos solicitudes requeridas por la autoridad. En este sentido, es importante destacar que en varias instancias, tanto verbalmente como por escrito, la Compañía ha hecho ver la necesidad de una pronta ejecución de las medidas por las restricciones climáticas del área. A pesar de ello, habiendo transcurrido más de dos años desde que CMM dio cuenta de la situación, aún no ha sido autorizada a ejecutar las medidas propuestas. Evidentemente, a la luz de la gran cantidad de medidas requeridas y adoptadas, el cargo de supuesta omisión aparece, como veremos en detalle a continuación, a todas luces injustificado."* Agrega que habría sido *"la propia autoridad competente, llamada por ley a la protección y conservación del área afectada, quien limita y condiciona el inicio de las medidas incorporando condiciones, y dejando por ende al Titular en la imposibilidad jurídica de efectuar labores materiales realmente tendientes a su recuperación"*.

iii. Comparación entre las acciones ejecutadas y las obligaciones impuestas por las RCA del proyecto en relación al acaecimiento de impactos ambientales no previstos

576. Los antecedentes que han sido expuestos y que corresponden a aquellos señalados por la empresa como prueba de su actuar diligente, así como otros que se han reunido en la investigación, demuestran que en relación a los efectos negativos sobre los humedales a consecuencia de la utilización de agua por parte de Proyecto Minero Refugio, **la empresa adoptó medidas –sumamente tardías– respecto del humedal Pantanillo, pero no ocurrió lo mismo respecto del humedal Valle Ancho, sobre el cual no se adoptó medida alguna.**

577. En efecto, a pesar de que el humedal Pantanillo había comenzado un proceso de desecación desde el comienzo mismo de la operación del proyecto, el cual lo llevó a una desecación total antes del año 2000, recién en agosto del año 2012 la empresa informó al SEA y al Ministerio del Medio Ambiente acerca de esta situación. Esta comunicación sólo se refiere a la desecación del humedal Pantanillo, a pesar de que en ese momento el humedal Valle Ancho ya había sufrido un extenso daño en su sector sur a causa del bombeo de agua por parte del proyecto.

578. Las acciones que fueron propuestas por la empresa en el mes de noviembre de 2012 buscaban la implementación de un plan de recuperación, el cual,

nuevamente, reconocía un daño sólo respecto de la vega Pantanillo. Respecto del resto de las vegas aguas debajo de la vega Pantanillo, sólo se propuso un monitoreo para determinar la salud ecológica de las vegas en la zona, *"(...) incluyendo la siguiente vega al norte aguas abajo en la Quebrada Ciénaga Redonda"*. Es decir, ya a finales del año 2012 CMM alude a la necesidad de monitorear el humedal Valle Ancho. Luego de ello se inició el procedimiento sancionatorio por parte de la CEA de Atacama, no existiendo antecedentes de nuevas comunicaciones respecto al monitoreo de la vega Valle Ancho. Luego, en diciembre del año 2013, se presentó un nuevo Plan de Reparación, el cual, nuevamente, solo se refería al humedal Pantanillo.

579. Finalmente, el 21 de marzo de 2014 se propuso dentro de la solicitud de Autorización Plan de Revegetación Vega Pantanillo, el estudio comparativo de otras vegas del entorno, *"(...)* ***especialmente aquellos hacia el norte, los que presentan evidencias de deterioro de la vegetación azonal hídrica, por cuanto se han observado porciones de vegetación decrépita y/o muerta, en los cuales, hasta la fecha, se asume corresponde a un proceso natural"*** (énfasis agregado).

580. En definitiva, no existe ningún registro de que la empresa haya cumplido con la obligación de informar respecto del impacto ambiental causado por el Proyecto Minero Refugio en el humedal Valle Ancho, y menos aún que haya adoptado medidas para controlarlo. Dicho impacto ambiental fue omitido por la empresa, incluso hasta comienzos del año 2014, en el cual se habla de que la situación de dicho humedal *se asume corresponde a un proceso natural.*

581. Las propuestas a la autoridad de monitorear el humedal Valle Ancho, contenidas en la actualización del Plan de Seguimiento, presentada en noviembre del año 2012, y en el Plan de Revegetación Vega Pantanillo, presentado en marzo del año 2014, no hicieron más que describir aquella actividad que la empresa debía haber realizado, pero que en definitiva no estaba ejecutando. En dichas presentaciones CMM se refiere a la importancia del monitorear y verificar las condiciones de los humedales aguas abajo del humedal Pantanillo, deber que es relacionado por ella misma con las condiciones del EIA del Proyecto Minero Refugio.

582. CMM debió haber evaluado el alcance real y efectivo del daño que estaba generando, lo cual, si hubiera sido realizado en forma correcta, la hubiera llevado a detectar e informar no solo el daño sobre el humedal Pantanillo, sino también aquel causado al humedal Valle Ancho. Este deber es el que hacen ver en forma clara la CONAF, el SAG y la SEREMI de Medio Ambiente en las observaciones que dichos organismos realizaron a la actualización del Plan de Seguimiento presentada por la empresa en noviembre de 2012. Estos pronunciamiento ratifican aquella exigencia que recaía en la empresa en forma previa, la cual estaba dada por el deber de evaluar, determinar y comunicar el real daño ambiental que se estaba causando.

583. En este sentido, CONAF de Atacama señaló en su respuesta que: *"**[s]e solicita al Titular incluir la determinación de la superficie afectada y una diferenciación cualitativa y cuantitativa de los distintos tipos de SVATH afectados, ya que en el área cercana a la Vega afectada, se localiza el Parque Nacional Nevado de Tres Cruces. Área Silvestre Protegida oficialmente por el Estado, por lo que es necesario evaluar con claridad el potencial impacto directo o indirecto a los ecosistemas del Parque"*** (énfasis agregado).

584. El SAG por su parte, sostuvo que: ***"A juicio de este servicio, no es posible proponer un plan de medidas mientras no se presenten los resultados del impacto real que ha causado la operación del proyecto y definir la magnitud o significancia de estos impactos, para evaluar si se requiere modificación de RCA"*** (énfasis agregado).

585. Finalmente, la SEREMI de Medio Ambiente por su parte consideró : *"(...) como primera medida* ***caracterizar la magnitud del impacto describiendo el estado actual y anterior (adecuada funcionalidad) en relación a recursos Hídricos, composición de SVAHT y composición Florística, índice NDVI, número de hectáreas afectadas y caracterización de niveles freáticos que sustentan correctamente el sistema de vega del sector. Se debe incluir en dicha caracterización la vega Barros Negros Norte y sur"*** (énfasis agregado). Agregando que: ***"[e]l titular debe***

calcular la superficie que someterá a una potencial recuperación, los tipos de Sistemas vegetacionales azonales afectados y la profundidad actual de los niveles freáticos y un análisis de la humedad del suelo. Además y principalmente debe presentar un completo informe de evaluación de los Sistemas vegetacionales azonales que se encuentran al norte de la zona afectada, midiendo los niveles freáticos superficiales, la humedad y realizando transectas fijas" (énfasis agregado).

586. Por lo tanto, de lo expuesto se concluye que la empresa estaba consciente de que en virtud de la gravísima situación que experimentaba el humedal Pantanillo, existía una necesidad de analizar los efectos sobre las vegas aguas debajo de dicho humedal. A pesar de que CMM tenía ese conocimiento, lo cierto es que ninguna de las acciones que han sido informadas por ella se ajusta a aquellas que eran requeridas por las RCA del proyecto, en relación al impacto ambiental no previsto que efectivamente acaeció. Como se indicó previamente, estas acciones implicaban: (i) el haber informado a la autoridad respecto de la desecación que estaba sufriendo el humedal Valle Ancho; (ii) adoptar medidas de carácter urgente y de efecto inmediato para controlar el impacto, dentro de las cuales se encontraba la detención de la extracción de agua; y (iii) iniciar acciones de mediano y largo plazo, dirigidas a la reparación del daño causado. Ninguna de estas acciones de condice con aquellas realizadas por CMM.

e) <u>Conclusión respecto a la configuración de la infracción.</u>

587. En el Capítulo IX de la presente Resolución se ha evaluado la prueba que ha sido reunida respecto a la infracción imputada. Se ha indicado previamente que, en atención a que la infracción se refiere a la no adopción de medidas frente a impactos ambientales no previstos, su configuración exige analizar por separado cuatro elementos: (i) la existencia de una alteración o perturbación del medio ambiente; (ii) que esta alteración o perturbación del medio ambiente haya sido causada, directa o indirectamente, por el proyecto; (iii) que dicho impacto ambiental no haya sido previsto en las evaluaciones ambientales del proyecto; y (iv) que la empresa no cumplió con las exigencias de actuación que le imponía la RCA en el caso en que un impacto de este tipo se configurara.

588. Con el objeto de analizar en forma ordenada la prueba reunida, se ha realizado un análisis respecto de cada uno de estos cuatro elementos, resumiendo al final de la respectiva sección de la Resolución, las conclusiones a las que se ha arribado con la prueba reunida.

589. En relación a la alteración del medio ambiente, esto es *"la disminución del nivel freático en la cuenca Pantanillo-Ciénaga Redonda y el consecuente desecamiento de, al menos, 70 ha. de humedales ubicados en el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, y el riesgo inminente de expansión del área afectada a aproximadamente 73 ha. adicionales de humedales (...)"*, se ha señalado que la evidencia reunida tiende a confirmar el hecho de que en el humedal Valle Ancho existe una superficie de 69.4 ha. que se encuentran secas. Los informes sobre imágenes satelitales que han sido reunidos, además del análisis que esta Superintendencia ha efectuado respecto al índice de vegetación SAVI, dan cuenta de que esta superficie ha experimentado un proceso gradual de desecación, el cual se incrementa en forma clara el año 2000, cobrando más fuerza a partir del año 2005, con la reactivación de la operación del proyecto. Esta tendencia a la desecación del humedal no se verifica del mismo modo en otros humedales del sector que no se encuentran en la línea de intervención de la extracción de agua desde el campo de pozos de Pantanillo. Es decir, se trata de un cambio anormal en el medio ambiente.

590. Se determinó también que existe una superficie en riesgo de afectación, la cual se encuentra conformada por aquella superficie que se sitúa en la zona de avance del frente de desecación. Considerando que la afectación avanza a una velocidad estimada de 26.3 has. al año, la superficie descrita en la formulación de cargos como en riesgo de afectación, correspondiente a 73 has, se encuentra efectivamente dentro de las dimensiones que, de continuar el frente de avance, serían próximamente desecadas. Esto, independientemente de que, de continuar el ritmo de la desecación, la superficie que será afectada en el futuro es la superficie total del humedal Valle Ancho.

591. El segundo elemento de prueba se refiere a la relación de causalidad, directa o indirecta, entre la alteración del medio ambiente identificada y la actividad del proyecto. Sobre esta relación de causalidad, se expuso latamente toda la evidencia que ha sido reunida, la cual permite tener por acreditado que el bombeo por parte de CMM es el causante de la desecación detectada en el humedal Valle Ancho, al haber provocado una baja en los niveles freáticos del área. Adicionalmente, se descartaron las defensas que han sido hechas valer por CMM, en el sentido de que el bombeo de agua por parte del Proyecto Minero Refugio no podría ser el causante de la desecación del humedal Valle Ancho, siendo atribuible más bien a un fenómeno de desecación a macro escala. Esto implica que la alteración del medio ambiente descrita corresponde a un impacto ambiental del Proyecto Minero Refugio, en el sentido de lo descrito en la letra k) del artículo 2° de la LBGMA.

592. En relación a la previsión del impacto ambiental descrito en las diferentes evaluaciones ambientales del proyecto, se ha señalado que, aunque en la evaluación ambiental del proyecto "Minero Refugio" del año 1994, aprobado por la RCA N° 2/94, se anticipó un potencial impacto indirecto sobre el afloramiento superficial de agua en las vegas inmediatamente aguas debajo de los pozos, el cual se consideró "difícilmente evaluable", no se consideraron potenciales impactos sobre otros humedales aguas abajo del humedal Pantanillo. Adicionalmente, en la evaluación ambiental del proyecto "Modificación Instalaciones y Diseños Proyecto Refugio", aprobado por la RCA N° 4/2004, se consideró un aumento en el volumen de extracción de agua del Proyecto Minero Refugio, sin identificarse por este motivo algún impacto ambiental adicional en los humedales del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda.

593. En consecuencia, el impacto ambiental señalado corresponde a un impacto ambiental no previsto del proyecto, respecto del cual la empresa tenía obligaciones específicas en las RCA que regulan el Proyecto Minero Refugio. En el Capítulo IX letra d) de la presente Resolución, se describió el alcance de estas obligaciones, indicándose que ellas podían ser agrupadas en tres tipos diferentes: (i) la obligación de informar a la autoridad en forma precisa, completa y pertinente del impacto ambiental; (ii) la adopción de medidas de carácter urgente y de efecto inmediato, dentro de las cuales la principal estaba dada por la detención de la extracción de agua desde los pozos; y (iii) la ejecución de medidas o acciones de mediano y largo plazo, dirigidas a controlar y revertir el impacto ambiental, lo cual implica acciones de reparación del área afectada.

594. Luego de haber aludido a las obligaciones específicas que recaían sobre la empresa se ha analizado si aquellas fueron o no cumplidas por la empresa, para lo cual se tomó como referencia especialmente aquellas acciones que la propia empresa identificó como demostrativas de un actuar diligente. Al realizar dicho análisis se pudo concluir que ninguna de dichas acciones se refirió al humedal Valle Ancho, razón por lo cual no es posible estimar que se cumplió diligentemente con las exigencias que recaían sobre la empresa.

595. En definitiva, habiéndose acreditado cada uno de los elementos que deben concurrir para la configuración de la infracción, es posible considerar que ésta ha sido probada. Es necesario tener en cuenta que en la evaluación de la evidencia reunida se le ha dado especial atención a las defensas que han sido invocadas por CMM, así como a la prueba acompañada por ella, estimándose que ésta no ha tenido el mérito suficiente para poder desvirtuar el cargo formulado.

596. A continuación se revisará la clasificación de la infracción, así como la concurrencia de cada una de las circunstancias enumeradas en el artículo 40 de la LO-SMA.

X. SOBRE LA CLASIFICACIÓN DE LA INFRACCIÓN

597. En el escrito de formulación de cargos, en su Resuelvo II, se determinó que, en base a los antecedentes disponibles en ese momento, la presunta infracción correspondía ser clasificada como gravísima, en virtud de la letra a) del numeral 1 del artículo 36 de la LO-SMA, procedente en los casos en los que la acción u omisión infraccional haya causado un daño ambiental no susceptible de reparación. Esta clasificación, tal como se indica en el párrafo segundo del mismo Resuelvo, es provisoria, quedando sujeta a la evidencia que sea reunida durante el procedimiento sancionatorio. En el presente Capítulo se abordará nuevamente la clasificación de la infracción según el artículo 36 de la LO-SMA, de modo de confirmarla o modificarla según los antecedentes disponibles.

a) Procedencia de daño ambiental

598. La Ley N° 19.300 ha definido "medio ambiente" y "daño ambiental", respectivamente, como:

"el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones".

"toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes".

599. La definición de daño ambiental entregada por la ley tiene al menos tres características[103]: (i) sólo es daño ambiental aquel inferido al medio ambiente o a alguno de sus elementos; (ii) puede presentarse de cualquier forma, siendo lo principal el efecto perjudicial para el medio ambiente; y (iii) debe ser significativo, lo cual excluye afectaciones menores que se corresponden con un nivel tolerable de contaminación.

600. En el presente caso, debido a que se trata de una infracción por la no adopción de medidas frente al acaecimiento de un impacto ambiental no previsto, la afectación al medio ambiente es un presupuesto de la configuración misma de la infracción. Es necesario que dicho impacto ambiental se configure para que nazca el deber de informar y adoptar medidas. Este es el motivo por el cual en los capítulos anteriores se realizó un detallado análisis de la prueba vinculada al acaecimiento del impacto ambiental, así como su vinculación con la actividad del Proyecto Minero Refugio.

601. En consecuencia, los primeros dos elementos de la definición de daño ambiental ya han sido cubiertos latamente, dándose cuenta de manera fehaciente en esta Resolución que la infracción cometida por CMM ha provocado una perturbación del medio ambiente constitutiva de impacto ambiental, en este caso, sobre un humedal con un alto valor ecológico. Por tanto, lo que corresponde ahora es analizar si el impacto ambiental identificado sobrepasa en este caso el umbral de significancia que exige el tercer elemento de la definición legal de daño ambiental.

602. La significancia es un elemento que permite distinguir aquellas afectaciones al medio ambiente que tienen una relevancia tal que exceden un límite tolerable. En este sentido el Segundo Tribunal Ambiental ha señalado que *"(...) la significancia del daño, entendida en su acepción más pura y simple, esto es, "adj. Que tiene importancia por representar o significar algo" (Diccionario de la RAE), deberá ser determinada caso a caso"*[104]. Luego agrega *"Que la significancia del daño tampoco está condicionada a la extensión o duración del mismo, sino que, como ya se dijo, la entidad*

[103] BERMÚDEZ, Jorge. Op. cit. p. 403. En el mismo sentido, ver la Sentencia Iltmo. Segundo Tribunal Ambiental, Rol D N° 6-2013, 29 de noviembre 2014, Considerando 36°.
[104] Ibid. Considerando 42°.

del perjuicio deberá determinarse caso a caso, siendo el carácter significativo del daño un elemento cualitativo, y no cuantitativo"[105].

603. La Excma. Corte Suprema, por su parte, ha expresado que *"el requisito de que el daño tenga un carácter significativo no está sujeto a un aspecto de extensión material de la pérdida, disminución o detrimento para el medio ambiente o para uno o más de sus componentes, sino que debe acudirse a una calibración de la significación de los deterioros infligidos a aquél"*[106].

604. Para poder determinar en un caso específico si una afectación al medio ambiente ha sobrepasado el umbral de significancia, resulta especialmente útil tener en cuenta diferentes criterios o parámetros que han sido utilizados, tanto en nuestro derecho como en el derecho extranjero, para poder efectuar dicha evaluación.

605. En este sentido, la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, "Sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales" (en adelante, Directiva del Parlamento Europeo), en su Anexo I, considera que *"[e]l carácter significativo del daño que produzca efectos adversos en la posibilidad de alcanzar o de mantener el estado favorable de conservación de hábitats o especies se evaluará en relación con el* ***estado de conservación que tuviera al producirse el daño, con las prestaciones ofrecidas por las posibilidades recreativas que generan y con su capacidad de regeneración natural.*** *Los cambios adversos significativos en el estado básico deberían determinarse mediante datos mensurables como:*

a) *El número de individuos, su densidad o la extensión de la zona de presencia;*

b) *El papel de los individuos concretos o de la zona dañada en relación con la especie o la conservación del hábitat, la rareza de la especie o del hábitat (evaluada en el plano local, regional y superior, incluido el plano comunitario);*

c) *La capacidad de propagación de la especie (según la dinámica específica de la especie o población de que se trate), su viabilidad o la capacidad de regeneración natural del hábitat (según la dinámica específica de sus especies características o de sus poblaciones);*

d) *La capacidad de la especie o del hábitat, después de haber sufrido los daños, de recuperar en breve plazo, sin más intervención que el incremento de las medidas de protección, un estado que, tan sólo en virtud de la dinámica de la especie o del hábitat, dé lugar a un estado equivalente o superior al básico".*

606. Por otro lado, en el contexto del SEIA se han desarrollado aspectos para poder determinar si un proyecto generará en el futuro impactos significativos sobre el medio ambiente y, más específicamente, si generará o presentará *"[e]fectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire"*, esto es, si configura la hipótesis de la letra b) del artículo 11 de la Ley N° 19.300.

607. El Reglamento del SEIA establece en su artículo 6 que *"[s]e entenderá que el proyecto o actividad genera un efecto adverso significativo sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire si, como consecuencia de la extracción de estos recursos; el emplazamiento de sus partes, obras o acciones; o sus emisiones, efluentes o residuos, se afecta la permanencia del recurso, asociada a su disponibilidad, utilización y aprovechamiento racional futuro; se altera la capacidad de regeneración o renovación del recurso; o bien, se alteran las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies y ecosistemas"*. Se

[105] Ibid. Considerando 44°
[106] Sentencia Excma. Corte Suprema, Rol N° 5826-2009, 28 de octubre 2011. Considerando 7°.

agrega, además, que *"[d]eberá ponerse especial énfasis en aquellos recursos propios del país que sean escasos, únicos o representativos"*.

608. El artículo 6 del Reglamento del SEIA contempla también un grupo de aspectos específicos que deben ser considerados en forma especial para determinar la significancia del efecto adverso, dentro de los cuales se encuentran, entre otros: (i) la pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes; (ii) la superficie con plantas, algas, hongos, animales silvestres y biota intervenida, explotada, alterada o manejada y el impacto generado en dicha superficie, considerando su diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación; (iii) la magnitud y duración del impacto sobre el suelo, agua o aire en relación con la condición de línea de base; (iv) el impacto generado por el volumen o caudal de recursos hídricos a intervenir o explotar, incluyendo el generado por ascenso o descenso de los niveles de aguas subterráneas y superficiales, teniendo en cuenta especialmente la magnitud de la alteración en vegas y/o bofedales y las zonas de humedales que pudieren ser afectadas por el ascenso o descenso de los niveles de aguas y áreas.

609. Los citados criterios han sido complementados técnicamente, a su vez, por la "Guía de Evaluación de Impacto Ambiental de Efectos Adversos Sobre Recursos Naturales Renovables", que entró en vigencia con la dictación de la Res. Ex. N° 1196/2015 del SEA, de fecha 11 de septiembre de 2015 (en adelante, "Guía SEA Efectos Adversos Sobre Recursos Naturales").

610. A este respecto se debe considerar también el artículo 8 del Reglamento del SEIA, relativo al valor ambiental del territorio, el cual insta a considerar los siguientes criterios técnicos a objeto de evaluar la susceptibilidad de afectación de recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos (sitios Ramsar), glaciares o territorios con valor ambiental: extensión, magnitud o duración de los efectos de la intervención, teniendo en especial consideración los objetos de protección que se pretenden resguardar.

611. Sobre los criterios utilizados en el SEIA, debe tenerse en cuenta que la evaluación ambiental que debe realizarse en el contexto del SEIA es un ejercicio de carácter predictivo y que recae sobre impactos ambientales no acaecidos, por lo cual tiene una naturaleza diferente a la determinación de la significancia de un daño ambiental ya verificado. A pesar de ello, se trata de criterios técnicos que pueden ser utilizados de manera referencial.

612. Como se puede observar, los criterios descritos en ambas fuentes normativas –Directiva del Parlamento Europeo y SEIA a propósito del artículo 11 b) de la Ley N° 19.300– tienden a coincidir en términos generales, ya que combinan aspectos **cuantitativos,** relativos a la dimensión de la afectación (extensión, número de especies afectadas, cantidad, magnitud y duración), con elementos **cualitativos**, relativos al valor ecológico de lo afectado (diversidad biológica, grado de conservación de las especies, unicidad, escasez y representatividad). Tal como se señaló previamente, nuestra jurisprudencia ha manifestado que no se trata de que uno de ellos pueda excluir al otro, sino que deben considerarse de manera complementaria. Así, el hecho de que se trate de un daño pequeño en tamaño o extensión, no impide que pueda ser un daño de carácter significativo si lo afectado tiene un valor ecológico elevado.

613. Habiendo realizado una referencia general a los criterios que se han definido para valorar la significancia de una afectación sobre el medio ambiente, corresponde ponderar dichos criterios en el presente caso.

614. La afectación sobre el humedal Valle Ancho se encuentra vinculada a una disminución de los niveles freáticos por la intercepción de aguas subterráneas, la cual, a su vez, ha implicado la erosión del suelo y la perdida de la flora del humedal, reduciendo el hábitat de la fauna local. En este sentido, se trata de un efecto sobre un recurso natural renovable que ocasiona un impacto sobre otros recursos naturales renovables, lo cual es abordado en el numeral 3.2. de

la "Guía SEA Efectos Adversos Sobre Recursos Naturales". En dicho numeral se alude justamente a los posibles efectos que se pueden generar por un impacto en la cantidad del agua terrestre, el cual puede tener como consecuencia la modificación de las propiedades de poblaciones de flora o vegetación. El impacto en la flora o vegetación, se agrega, puede tener como consecuencia a su vez, la modificación del patrón de distribución geográfica de una o más especies, justamente lo que ocurre en el presente caso con la fauna local, que ya no pueden utilizar el sector afectado del humedal.

615. Tal como indica la "Guía SEA Efectos Adversos Sobre Recursos Naturales", *"[e]n esta cadena de impactos, incluyendo los impactos en los hábitats, se modifican las interrelaciones entre los distintos elementos que componen el ecosistema modificándose su composición, estructura y funcionamiento"*. En el caso de los impactos sobre la cantidad y calidad del agua, estos *"(...) pueden producir impactos en la biota y demás componentes del ecosistema, en particular en aquellos donde este recurso es fundamental para su mantención y desarrollo, siendo el caso de ecosistemas de vegas, bofedales, humedales, estuarios y turberas"*.

616. La dimensión del área afectada –69.4 hectáreas, correspondientes al 30% de las 233 hectáreas totales del humedal Valle Ancho–, redunda finalmente en la pérdida general del hábitat, ya que se produce una reacción en cadena, que comienza con el cambio en el flujo del recurso hídrico, el que impacta en el suelo y las condiciones de sobrevivencia de la flora, lo cual, a su vez, provoca la migración de la fauna.

617. Al momento de evaluar la importancia ecológica de este cambio sobre el medio ambiente, se debe tener en cuenta que los humedales alto andinos han sido reconocidos por su diversidad biológica única y alto nivel de endemismo[107]. Corresponden a hábitats que alojan una gran cantidad de especies con problemas de conservación, particularmente aves migratorias y mamíferos, como la vicuña, el guanaco y la chinchilla[108]. Además, se trata de hábitats especialmente frágiles, ya que se pueden verse afectados en forma grave, incluso por variaciones pequeñas de su equilibrio ecológico. Los humedales altoandinos se encuentran ubicados en la región ecológica denominada Puna Árida, la cual es considerada una de las regiones más frágiles del planeta[109]. Además, *"[l]os humedales alto andinos constituyen un complejo de humedales ecológicamente relacionados, fundamentales para el mantenimiento de corredores biológicos y procesos vitales relacionados con fauna silvestre"*[110].

618. En el caso del humedal Valle Ancho, se trata de un humedal altoandino que se encuentra dentro del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, el cual, a su vez, forma parte del sitio Ramsar "Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa". Este sitio Ramsar fue incorporado el año 1996 a la Lista de Humedales de Importancia Internacional de dicha Convención. Este listado reúne los humedales designados por cada estado, considerando *"(...) su importancia internacional en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos o hidrológicos"*[111]. El objetivo de este listado es el *"(...) crear y mantener una red internacional de humedales que revistan importancia para la conservación de la diversidad biológica mundial y para el sustento de la vida humana debido a los componentes, procesos y beneficios/servicios de sus ecosistemas"*[112].

619. Las razones específicas que justificaron la inclusión del sitio Ramsar "Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa" dentro de la Lista de Humedales de

---

[107] Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. Ramsar Cop9. [en línea] http://www.sinia.cl/1292/articles-53576_EstrategiaHumedalesAltoandinos.pdf [consulta: 29 febrero de 2016]. p. 3.
[108] Supra.
[109] DINERSTEIN, E., OLSON, D., GRAHAM, D., WEBSTER, A., PRIMM, S., BOOKBINDER, M. y G. LEDEC. Una Evaluación del Estado de Conservación de las Ecoregiones Terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial, Washington, 1995. Citado en: Plan de Acción Para la Conservación y Uso Sustentable de Humedales Altoandinos. Corporación Nacional Forestal. [en línea] http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1369258304PACHA.pdf. p. 8.
[110] Convenio eficiencia institucional. Gobierno de Chile 2010. p. 19.
[111] Convención Ramsar, Artículo 2, Párrafo 2.
[112] Marco estratégico y lineamientos para el desarrollo futuro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional de la Convención sobre los Humedales. Ramsar. [en línea] http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/guide/guide-list2009-s.pdf . p. 3.

Importancia Internacional, se encuentran descritas en la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar de dicho humedal, la cual fue remitida a la Comisión Ramsar el año 1996, siendo posteriormente actualizada el año 2011. Dentro de los criterios identificados en el Anexo II de la Resolución VIII.13, de la 8a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención Ramsar, aquellos concurrentes para este sitio Ramsar en particular, son los siguientes: i) sustenta especies vulnerables, en peligro o en peligro crítico, o comunidades ecológicas amenazadas (Criterio 2, Convención Ramsar); ii) sustenta poblaciones de especies vegetales y/o animales importantes para mantener la diversidad biológica de la región biogeográfica (Criterio 3, Convención Ramsar); iii) sustenta especies vegetales y/o animales cuando se encuentran en una etapa crítica de su ciclo biológico y/o en períodos en que prevalecen condiciones adversas (Criterio 4, Convención Ramsar); y iv) sustenta de manera regular el 1% de los individuos de una población de una especie o subespecie de aves acuáticas (Criterio 6, Convención Ramsar).

620. Dentro de los antecedentes que se entregan para afirmar la concurrencia de dichos criterios se cita la existencia, en la laguna del Negro Francisco, la laguna Santa Rosa y el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénega Redonda, de la comunidad faunística denominada "Comunidad de los Salares". Entre las especies que la conforman se encuentran tres especies de flamencos sudamericanos: (i) el flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*), (ii) la parina grande (*Phoenicoparrus andinus*) y (iii) la parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*). Estas tres especies de flamencos se encuentran catalogadas como vulnerables. Además, dentro de la "Comunidad de los Salares" se encuentran el piuquén (*Chloephaga melanoptera*), considerada "vulnerable"; la tagua cornuda (*Fulica cornuta*) catalogada como "vulnerable"; y la gaviota andina (*Larus serranus*), considerada "rara". Por otro lado, entre los mamíferos se encuentra el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), ambas catalogadas "en peligro". En el caso de la vicuña, se afirma que se distribuye a lo largo de todo el Corredor Biológico y representa casi un 50% del total de vicuñas censadas anualmente.

621. En relación a la mantención de poblaciones especies vegetales y/o animales importantes para mantener la diversidad biológica, se afirma en la Ficha Informativa que en el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda es posible encontrar 28 especies de animales, de las cuales 20 corresponden a aves, 5 a mamíferos y 3 a reptiles. Se indica también que algunas de estas especies son migratorias, sobre todo las aves, las cuales permanecen en la región biogeográfica durante la temporada estival.

622. Respecto al tercer criterio, consistente en la sustentación de especies vegetales y/o animales en el momento en que se encuentran en una etapa crítica de su ciclo biológico y/o en períodos en que prevalecen condiciones adversas, se afirma que: *"(...) en el período estival del hemisferio sur, llegan hasta el sitio una variedad de aves migratorias provenientes del hemisferio norte, utilizando las lagunas del Sitio Ramsar como punto de parada para principalmente descansar, reproducirse y alimentarse"*[113].

623. Finalmente, en relación a la sustentación de manera regular del 1% de los individuos de una población de una especie o subespecie de aves acuáticas, la Ficha Informativa señala que las poblaciones de aves acuáticas que alcanzan el umbral del 1% en el sitio son las de flamencos sudamericanos y de la tagua cornuda. En el caso del flamenco chileno, presenta una población de 1.409 individuos, la parina grande 3.176 ejemplares y la parina chica 1.248 individuos, cifras promedio logradas a partir de los censos ejecutados entre los años 2007 a 2011. En el caso de la tagua cornuda se indica que en el censo estival del año 2011 se registraron 1.337 individuos.

624. Respecto a la flora y vegetación, cabe destacar que, de acuerdo a la revisión de antecedentes bibliográficos y el levantamiento en terreno realizado en el estudio Informe SAG 2013, se determinó que en todo el sector existe solo una especie vulnerable (*Kurzamra pulchella*) y tres especies en categoría insuficientemente conocida (*Nototriche clandestina, Calamagrostis cabrerae* y *Stuckenia filiformis*)[114]. Por su parte, de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en el sector se identifican tres especies en categoría poco conocida

[113] Ficha Ramsar Laguna Negro Francisco 2009-2015. p. 6.
[114] SQUEO F. ARANCIO G. GUTIERREZ, J. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile, 2008. 120 pp.

(*Zameioscirpus atacamensis, Ephedra breana y Adesmia aegiceras*), correspondiendo una de ellas a vegetación azonal (*Zameioscirpus atacamensis*) y dos a vegetación zonal. Además, cabe destacar que el 90% de la flora corresponde a especies endémicas.

625. Cabe señalar que las especies con hábito de crecimiento de "tipo cojín", como es el caso de *Zameioscirpus atacamensis* presente en el humedal Valle Ancho, pueden modificar las condiciones de temperatura, humedad del sustrato y concentración de nutrientes, pudiendo además, en su interior, reducir la velocidad del viento[115], siendo un elemento que estructura las formaciones vegetacionales interzonales de altura. En diversos estudios se afirma que estas especies modifican el hábitat en el cual se desarrollan y alteran la incidencia y abundancia de otras especies[116]. Además, otros estudios han demostrado que tanto el desempeño fotosintético como la supervivencia de algunas especies alto-andinas es mayor dentro de los parches de hábitat creados por las plantas en cojín, que en el hábitat circundante[117].

626. En relación a los suelos asociados a humedales o bofedales, corresponden a suelos de alto contenido en materia orgánica[118]. El perfil de suelo corresponde a una masa de raíces, tallos y hojas en distintos estados de descomposición, de profundidad variable entre algunos decímetros hasta más de un metro. La gran cantidad de materia orgánica en el suelo le otorga una alta capacidad de almacenamiento hídrico, siendo del orden de 200 a 400% de su peso seco, en contraste con suelos minerales capaces de retener el 20 a 40% de su peso seco[119]. Esta característica del suelo de ambientes de alta montaña y desérticos tiene un rol relevante asociado a la productividad primaria, donde variaciones en la cantidad de agua almacenada pueden ocasionar impactos inmediatos y de larga data sobre los ecosistemas afectados[120].

627. Por último, debe señalarse que ha sido extensamente documentada la importancia que tienen los corredores biológicos para potenciar la biodiversidad en los medioambientes. Se ha definido corredor biológico como *"(...) el territorio cuyo fin es proporcionar conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat para asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y de los procesos ecológicos y evolutivos"*[121]. Los corredores biológicos están integrados por zonas núcleo, áreas protegidas en la mayoría de los casos, por el corredor y la matriz, que contiene a los dos[122]. En el caso del humedal Valle Ancho, la desecación de este ecosistema altera la conectividad del mismo provocando la fragmentación del ecosistema.

628. La pérdida de hábitat y fragmentación del ecosistema se evidencia por la disminución de áreas de alimentación y refugio para una gran variedad de especies silvestres, en el caso de las especies migratorias. En el corto plazo esto podría ocasionar la muerte de individuos que dependen de estos recursos, y en el mediano a largo plazo, cambios en los patrones de migración. Por otro lado, a largo plazo la pérdida de conectividad puede presentar una disminución de biodiversidad y variabilidad genética, produciendo una baja de las poblaciones afectadas.

629. Teniendo en cuenta las características del medio ambiente afectado que han sido descritas, es posible referirse a los criterios específicos para evaluar la significancia del daño.

---

[115] HAGER, J. FAGGI, A. Parodiana Observaciones sobre distribución y microclima de cojines enanos de la isla de Creta y del noreste de la Patagonia. 6. 1990.; CAVIERES. A. Et al. Efecto nodriza del cojín Laretia acaulis (Umbelliferae) en la zona alto-andina de Chile Central. Revista Chilena de Historia Natural 71. 1998; Arroyo, L. Et al. Positive interactions between the cushion plant Azorella monantha (Apiaceae) and alpine plant species in the Chilean Patagonian Andes. Plant Ecology 169. 2003; KÖRNER, C. Alpine plant life. 2a ed. Springer, Berlin, Germany, 2003. p. 344.

[116] CAVIERES. Op. cit. pp. 337-347; ARROYO. Op. cit. pp. 121-129.

[117] CAVIERES. Et al. Positive interactions between alpine plant species and the nurse cushion plant Laretia acaulis do not increase with elevation in the Andes of central Chile. New Phytologist 169. 2006.

[118] Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. 331 pp. 2010.

[119] BRADY, C. y WEIL, R. The Nature and Properties of Soils. 14va Ed. Pearson International Edition, 2008. p. 975.

[120] HADDAD, Nick. Et. al. Long-term oscillations in grassland productivity induced by drought. Ecology Letters 5 (1) 2002.

[121] TISCHENDORF, L. Fahrig, L. On the usage and measurement of landscape connectivity. Oikos. 90(1) 2000.

[122] Ibid.

630. En este sentido, lo primero que puede sostenerse es que la afectación del humedal Valle Ancho ha implicado un cambio negativo permanente de la disponibilidad y aprovechamiento futuro de los recursos naturales, ya que la disminución del nivel freático y la consecuente afectación de la flora y fauna del humedal, se trata de un daño que se ha extendido por un período de varios años –con certeza se puede identificar la desecación de este humedal desde el año 2000– y es esperable que permanezca en el futuro, ya que respecto de la mayoría de la superficie dañada no es posible afirmar que tenga posibilidades ciertas de ser reparado.

631. Adicionalmente, la afectación del humedal Valle Ancho ha significado un cambio negativo en la capacidad de regeneración y renovación del recurso, en la medida en que se han eliminado las condiciones básicas y fundamentales para que el hábitat pueda regenerarse y recuperarse. Por ello, debe rechazarse que se trate de un daño que mantenga la capacidad del hábitat, *"(...) después de haber sufrido los daños, de recuperar en breve plazo, sin más intervención que el incremento de las medidas de protección (...)"*, como ocurre en los daños no significativos, de acuerdo a la Directiva del Parlamento Europeo, según se indicara precedentemente.

632. La afectación al medio ambiente identificada, se trata de un caso en el cual se han afectado, en los términos descritos por el artículo 6 del RSEIA, *"(...) las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies y ecosistemas"*, ya que se ha afectado el agua y el suelo, los cuales son, en el caso de los humedales altoandinos, los estructuradores fundamentales de las comunidades de biota que albergan.

633. Otro criterio al que se ha hecho alusión es al de la afectación de recursos escasos, únicos o representativos del país. Sobre este punto, debe tenerse en consideración, tal como ha sido explicado previamente, que los humedales altoandinos son medios ambientes escasos en nuestro territorio, que se generan por condiciones ambientales muy específicas. El carácter escaso y único de este hábitat queda en evidencia por el hecho de que en Chile sólo existen trece sitios Ramsar, de los cuales sólo siete corresponden a humedales altoandinos.

634. La importancia de los humedales altoandinos para el país ha sido reconocida también en la "Estrategia Nacional de Humedales", aprobada el 27 de diciembre de 2005, por el Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente[123], la cual tiene como objetivo general el *"promover la conservación de los humedales prioritarios y de sus funciones y beneficios en un marco de desarrollo sustentable"*[124]. Se destaca en forma especial en este documento, aquellos humedales que han sido reconocidos como sitio Ramsar. También se ve reflejada esta importancia en el "Plan de Acción para la Conservación y uso Sustentable de Humedales Altoandinos", elaborado por CONAF, en el cual se identifican catorce humedales altoandinos prioritarios para la conservación, uno de los cuales el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa[125].

635. Complementariamente, si se consideran los criterios identificados en la "Guía SEA Efectos Adversos Sobre Recursos Naturales" sobre esta materia, se confirma que en el humedal Valle Ancho existe flora y fauna catalogada como vulnerable; en el país existe escasez de suelo con estas características; la flora y la fauna del sector tiene una distribución geográfica restringida; y, por último, se trata de vegetación azonal tales como flora de vegas y bofedales.

636. En definitiva, es dable concluir que en base a los criterios descritos en nuestra legislación, como aquellos mencionados por la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, la afectación del medio ambiente provocada, tanto desde una perspectiva cuantitativa, por las dimensiones y la permanencia de la afectación, como cualitativa, por el valor ecológico de lo afectado, debe ser considerada de carácter significativa, concurriendo, por ende, los elementos para que se configure una hipótesis de daño ambiental.

---

[123] Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales en Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente. [en línea] <http://www.sinia.cl/1292/articles-35208_recurso_1.pdf>.
[124] Ibid. p. 11.
[125] Plan de Acción para la Conservación y uso Sustentable de Humedales Altoandinos. Ibid. p. 2.

b) Reparabilidad e irreperabilidad del daño ambiental

637. La reparabilidad del daño ambiental causado es importante para la determinación de la gravedad de la infracción, debido que esto condicionará su clasificación como grave o gravísima, según la distinción realizada por el artículo 36 N° 1 letra a) *("(...) daño ambiental no susceptible de reparación (...)")* o 36 N° 2 letra a) *("(...) daño ambiental susceptible de reparación (...)")* de la LO-SMA.

638. De acuerdo a lo señalado en el artículo 2° letra s) de la Ley N° 19.300, se entiende por reparación a *"(...) la acción de reponer el medio ambiente o uno o más de sus componentes a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas"*. En similar sentido, la *Society for Ecological Restoration* sostiene que la restauración ecológica tiene por objeto principal retornar a un ecosistema a su trayectoria o ruta de desarrollo histórico. Para ello, la restauración implica acciones que inician o aceleran la recuperación o restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido[126].

639. Por lo tanto, la pregunta sobre la posibilidad de reparación del daño ambiental causado –y, en oposición, sobre su irreparabilidad– se vincula con la factibilidad de que el medio ambiente degradado recupere su calidad y funciones, a una calidad similar a la que se encontraba en una etapa previa a la afectación, ya sea por una recuperación natural o por acciones positivas de intervención, que la posibiliten o aceleren.

640. Sobre lo anterior, se debe tener en cuenta que en algunos casos la reparabilidad no será posible, porque físicamente no es viable volver a la situación previa a la afectación. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en los casos de destrucción de ciertos vestigios arqueológicos, que no tienen posibilidad de ser reproducidos, o cuando se provoca la extinción de una especie.

641. En los casos en que sí es posible la reparación, las acciones necesarias para ello deberán ser reunidas en un plan de reparación, el cual tendrá ciertos elementos mínimos. La EPA señala que, si bien existen principios aplicables a todos los programas de restauración, el diseño e implementación de un proyecto debe ser adaptado a las circunstancias particulares de cada situación. Se requerirán, además, ciertas etapas o condiciones para implementar un proyecto de restauración, las cuales son: (i) caracterización del sitio; (ii) identificación de los objetivos; (iii) identificación de técnicas de restauración; (iv) implementación; y (v) monitoreo[127]. Dependiendo del diseño y desarrollo de estas etapas, el plan de reparación tendrá un determinado tiempo de ejecución y una cantidad de costos económicos asociados.

642. Tanto las acciones específicas del plan, el tiempo de su duración y sus costos, estarán condicionados principalmente por el tipo de medio ambiente afectado (sus características hidrológicas, el tipo de suelo, la singularidad de la flora y fauna dañada, su capacidad de resiliencia, entre otros), así como las características específicas del daño ambiental causado (tipo de daño, magnitud, permanencia). También es importante considerar que, dependiendo de los antecedentes científicos con que se cuente respecto del medio ambiente, así como de planes de reparación similares implementados en el pasado, existirá una mayor o menor probabilidad de éxito futuro del plan.

643. Lo anterior implica que existirán casos en los cuales, si bien se puede imaginar una posibilidad teórica o hipotética de reparación, las condiciones del medio y el tipo de daño conllevan que esta reparación, en la práctica, exija tiempos de ejecución que superan la escala humana, requiera costos desproporcionadamente elevados, o presente una probabilidad de éxito incierta o baja. Así, por ejemplo, la tala de un ejemplar adulto de Araucaria Araucana, los cuales pueden superar los 1.000 años de edad, puede ser hipotéticamente reparado mediante la plantación y cuidado

[126] Principios de SER International sobre la Restauración Ecológica. Society for Ecological Restoration International. [en línea] http://www.ser.org/docs/default-document-library/spanish.pdf.
[127] Environmental Protection Agency (EPA). Op. cit. pp. 44 y ss.

posterior de un ejemplar de la misma especie. Sin embargo, los tiempos que requeriría dicha reparación serían tan altos para cumplir con los fines de la misma, que es necesario hablar de un daño ambiental irreparable. Lo mismo podría darse en el caso de derrames de hidrocarburos de gran extensión, donde la posibilidad hipotética de reparación es imaginable, pero bajo una exigencia de recursos sumamente alta, la cual ni siquiera garantiza su éxito final.

644. En consecuencia, resulta claro que la pregunta sobre la reparación debe ser negada en aquellos casos en los que el tipo de daño presenta una imposibilidad fáctica o física de reparación, ya que en dichos casos no será viable el retornar a una situación previa a la afectación, siendo sólo posible adoptar medidas paliativas. Pero también la reparabilidad debe ser negada en aquellos casos en los cuales, si bien es posible visualizar una posibilidad hipotética de reparación, esta no es realista por requerir tiempos que se alejan de la escala humana, recursos desproporcionados, o tener una probabilidad de éxito incierta o baja. Lo señalado implica que la distinción entre daños ambientales reparables e irreparables involucra también elementos valorativos, referidos a la factibilidad real y en tiempos razonables de la eventual reparación.

645. Llevando las anteriores consideraciones al presente caso, lo primero que debe tenerse en cuenta es el **tipo de medio ambiente afectado**, el cual ya ha sido descrito en diferentes partes de la presente Resolución. Como se ha señalado, los humedales ubicados en las zonas áridas y semiáridas altoandinas son considerados ecosistemas prioritarios en términos de conservación, debido a sus altas tasas de endemismo, importancia como hábitat por parte del componente biótico de montaña y fuente alimenticia para especies migratorias[128]. Además, este tipo de humedales presentan diversas funciones, valores y servicios eco-sistémicos, tales como reservorio y sumidero de carbono, regulación de microclima, depuración de minerales, retención y sedimentación de nutrientes, hábitat de vida silvestre, además de presentar valor cultural, patrimonial y turístico[129].

646. Un aspecto importante vinculado a la posibilidad futura de reparación de este tipo de medioambientes, es que los humedales de la zona afectada presentan características únicas al desarrollarse bajo condiciones climáticas hostiles, híper áridas, de intensa radiación solar, con vientos de alta velocidad, hipoxia y corta temporada de crecimiento[130]. Este es el motivo por el cual se los considera hábitats especialmente frágiles[131]. Las especies que habitan en humedales de este tipo se desarrollan en el límite hidrológico y altitudinal adecuado para la vida[132]. Por ello, la recuperación de un medioambiente con estas características, presenta dificultades altísimas, ya que se tendrán que desarrollar las acciones necesarias para recrear las condiciones especialmente singulares que lo hicieron posible, a través de cientos de años.

647. Respecto del **tipo de daño ambiental causado**, también se trata de un aspecto que ha sido latamente desarrollado en la presente Resolución, especialmente al momento de abordar la configuración de un impacto ambiental. Sobre esto se ha señalado que el daño ambiental generado ha implicado la desecación total de una superficie de 69,4 hectáreas de humedal, el cual presenta, de acuerdo a lo constatado en el Informe CONAF 2015[133], *"(...) cojines de vegetación completamente secos de colores oscuros y ausencia total de aguas superficiales, incluso al escarbar en el suelo sólo se encuentran raíces muertas además de la pérdida del horizonte superficial de materia orgánica que debería existir en ese tipo de vega"*. Se ha constado también la mineralización del suelo en la zona seca, ubicada al sur del humedal[134].

---

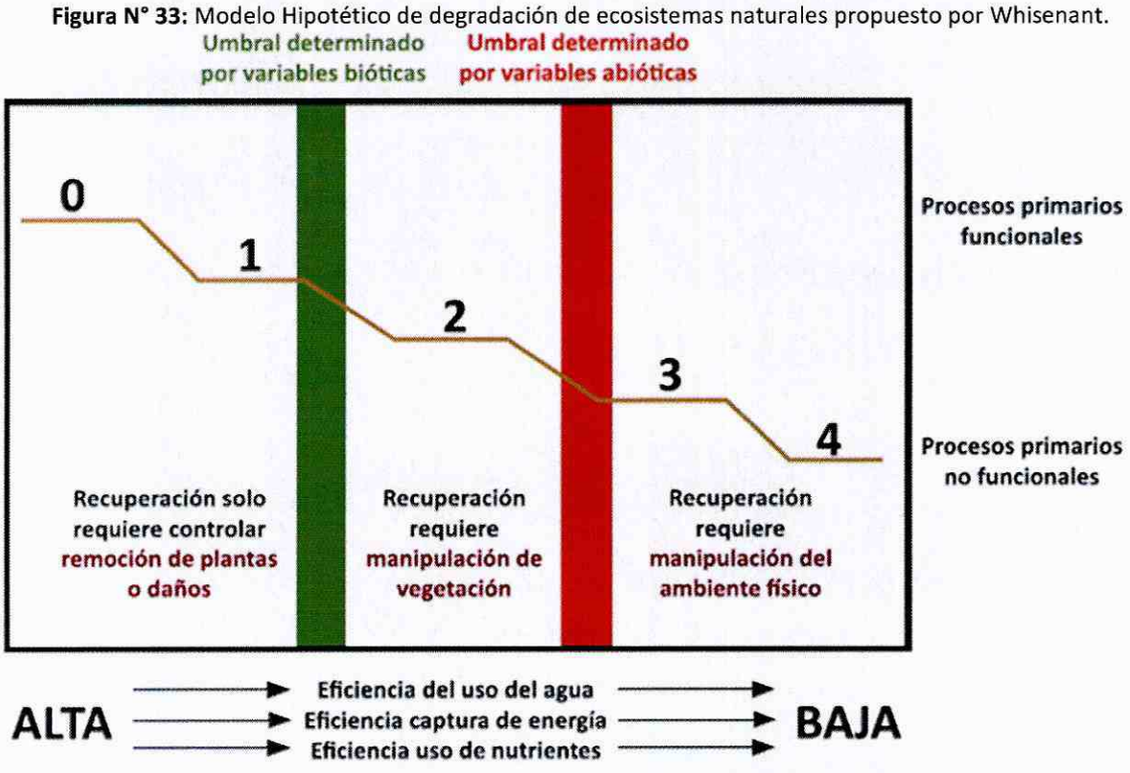
[128] CAVIERES, Lohengrin. Et al. Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11 (7) 2002.
[129] CONAMA. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Centro de ecología aplicada Ltda. Contrato CONAMA N° 31-22-001/05, 2006. pp. 114.
[130] EARLE, Lisa. Et. Al. Rapid development of an unusual peat-accumulating ecosystem in the Chilean Altiplano. Quaternary Research 59(1) 2003.
[131] Ibid.
[132] SQUEO, Francisco. Et. al. Flora de los Andes de Coquimbo: cordillera de Doña Ana. Ediciones de la Universidad de La Serena, La Serena, Chile, 1994. P. 176; SQUEO, Francisco. Et. al. Productividad y diversidad florística de la Vega Los Tambos, Cordillera de Doña Ana: variabilidad inter-anual, herbivoría y nivel freático. En: Cepeda J (ed) Geoecología de la Alta Montaña del Valle del Elqui, 2006. pp. 333-362.
[133] Informe CONAF 2013. p. 37.
[134] Informe SAG 2013, p. 81.

648. El daño ambiental causado se ha generado por la disminución desde el año 1995 del recurso hídrico de la cuenca, lo cual ha causado una baja paulatina pero persistente del acuífero. Esta baja en los niveles freáticos ha ido afectando en forma progresiva los humedales del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda. En el caso del humedal Pantanillo, esta afectación se detecta a poco tiempo de iniciada la extracción de agua, mientras que en el humedal Valle Ancho se comienza a percibir de manera especialmente clara en la vegetación a partir del año 2000.

649. Estas particularidades del daño provocado al medio ambiente también deben ser consideradas, ya que, como se ha dicho, cualquier intento de reparación del medio ambiente se verá enfrentado a la dificultad de regenerar las condiciones ambientales que permitían la subsistencia del humedal, dentro de las cuales la principal es el recurso hídrico, el que se ha visto mermado durante los veinte años de actividad del proyecto.

650. En relación al tipo de daño ambiental y las exigencias que este presenta para su futura reparación, es necesario tener en cuenta el esquema propuesto por Whisenant[135], el cual muestra que mientras se incrementa el grado de afectación, las acciones de reparación se van volviendo más complejas.

Figura N° 33: Modelo Hipotético de degradación de ecosistemas naturales propuesto por Whisenant.



Fuente: Diagrama traducido por Bown, H. 2012. Diplomado de Restauración y rehabilitación ambiental, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

651. En el caso del área seca del humedal Valle Ancho, se puede sostener que, dadas las características del daño ambiental, se requeriría una manipulación de la vegetación y del ambiente físico, ya que el daño provocado ha implicado un cambio en las variables bióticas y abióticas, detectándose la presencia de procesos primarios no funcionales. Esto significa que cualquier reparación posible requeriría acciones de fondo, con un alto grado de modificación del estado actual del ecosistema.

652. Las acciones de recuperación del suelo, en el caso de la mayor degradación descrita en el esquema, implicarían reconstruir un perfil de suelo que pueda

[135] WHISENANT, S.G. Repairing Damaged Wildlands: A Process-Oriented, Landscape-Scale Approach. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1999. pp. 1-9.

sustentar la vegetación, el que a su vez requiere, primero que nada, la restitución del régimen hidrológico, bajo su forma y medio original. Dentro del restablecimiento de la cubierta vegetal, se requeriría establecer especies pioneras para después introducir más elementos vegetales propios de la sucesión de este tipo de humedales.

653. Más específicamente, las acciones a ser ejecutadas debieran estar orientadas a la recreación de las condiciones ambientales de los sectores dañados, en relación con las siguientes variables a controlar: (i) Componente hídrico: requiere primeramente la estimación de la demanda hídrica, conocer los caudales disponibles, contar con análisis químicos de las aguas, mediciones periódicas del nivel piezométrico de pozos cercanos o representativos; (ii) Suelo: determinar el tipo de suelo, conocer la profundidad de la zona radicular, conocer la porosidad, su capacidad de retención de agua, su densidad aparente, la conductividad hidráulica, su textura, contar con la distribución de los nutrientes disponibles, cantidad de materia orgánica, su salinidad y pH, conocer la capacidad de intercambio catiónico, y conductividad eléctrica, contar con el SAR o índice de absorción de sodio, conocer el contenido de iones intercambiables, y conocer el contenido de metales pesados; (iii) Vegetación: identificación de las especies presentes, su densidad, la cobertura, la altura, su biomasa, el estado sanitario de las mismas, la tasa de evapotranspiración; (iv) Otros: conocer detalladamente la relación existente entre el suelo, el agua, y las plantas; existencia de briófitos, líquenes, hongos y microorganismos.

654. La información que surge del conocimiento de las variables señaladas, debe ser manejada de forma tal que exista una trayectoria de recuperación del ecosistema que cumpla con los objetivos de la reparación. Sin embargo, en el tiempo, esta trayectoria puede presentar distintas alternativas dentro de la sucesión ecológica y desarrollo del mismo plan de trabajo[136]. Estas trayectorias además pueden diferir del objetivo planteado, dependiendo de algunos factores como: el grado de impacto o daño ocurrido, las condiciones iniciales, la alteración hidrológica, las invasiones de especies exóticas y asilvestradas, entre otros.

655. A las dificultades propias del trabajo antes descrito, se suma el que, en el caso de hábitats con alta riqueza de especies o dependiente de una específica calidad de agua –como los humedales–, la probabilidad de reparabilidad es baja y a largo plazo, considerando la posibilidad de poder alcanzar algún grado de equivalencia funcional[137]. En este sentido, muchos estudios en humedales y turberas han mostrado que las medidas de compensación o restauración utilizadas no han sido efectivas al momento de poder lograr la equivalencia en superficie y funcionalidad[138], razón por la cual el trabajo de ensayo y error que se tendría que dar extendería más aún los tiempos del eventual plan de reparación.

656. En consecuencia, el **tiempo** como variable de evaluación para determinar la posibilidad de revertir el daño producido para el caso particular está fuertemente determinado por la dificultad de recreación de condiciones ambientales. Principalmente está condicionado por las dificultades de restaurar las condiciones hidrológicas, pero también el suelo y la flora.

657. Como referencia respecto a los tiempos que podría implicar este plan, debe tenerse en cuenta que, en el caso de la afectación que fue constatada en el humedal Pantanillo, la cual sólo se refiere a menos de un tercio de la superficie afectada en el humedal Valle Ancho, la empresa propuso en el mes de noviembre de 2012 un "Plan de Seguimiento Para la

---

[136] ODUM, E. The strategy of ecosystem development. Science 164. 1969; Grime, JP. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. American Naturalist. 982, 1977.

[137] ZEDLER, JB. CALLAWAY, JC. Tracking wetland restoration: Do mitigation sites follow desired trajectories? Restoration Ecology 7(1), 1999.

[138] SPIELES, DJ. Vegetation development in created, restored, and enhanced mitigation wetland banks of the United States. Wetlands 25, 2005; Section 404 wetland mitigation and permit success criteria in Pennsylvania, USA, 1986–1999. Cole CA y Shafer D. Environmental Management 30:508-515, 2002; National Academy of Sciences' National Research Council (NRC). Compensating for wetland losses under the Clean Water Act. National Academy Press, Washington, DC. 2001. 322p.; Restored wetlands flunk real-world test. Malakoff D. Science 280:371-372. 1998.

Recuperación de Pantanillo". Este plan, en su numeral 2, incluye un "Plan de Recuperación de la Vega Pantanillo". En éste se contempla como etapa inicial y experimental, dirigida a afianzar el conocimiento del sistema a recuperar, el ejecutar, entre otras acciones, un plan de recuperación de la vegetación, dirigido por un reconocido experto en humedales, para así evaluar y poner en práctica los métodos más adecuados para la renovación de la vegetación autóctona del humedal. Las actividades principales de la fase experimental consideraban: (i) Estudio y selección de alternativas de reacondicionamiento de suelos (acondicionamiento de suelos, remoción o mezcla de sedimentos minerales y orgánicos); (ii) Estudio y selección de sistemas de riego (establecimiento de riego gravitacional por surcos y riego de baja presión por aspersión); (iii) Estudio y selección de métodos de restablecimiento de vegetación; (iv) Desarrollo de ensayos para el establecimiento de métodos de multiplicación de *Deyeuxia velutina* (selección de áreas de extracción de materiales para ensayos, colecta de esquejes y selección de materiales vegetales; traslado a centro de producción; desarrollo de ensayos para la obtención de los métodos de multiplicación de materiales de la especie objetivo). Lo anterior requería previamente la producción de explantes de *Deyeuxia velutina*. Esta etapa experimental consideraba una parcela de 20x30 metros, con 12 bloques de 5x5 metros al interior de esta parcela, considerando bloques sin plantación de esquejes, para evaluar una posible regeneración natural.

658. En términos de plazos, sólo se propuso éste para la etapa de monitoreo y seguimiento de la vegetación. Este monitoreo se efectuaría tres veces por temporada, al inicio, intermedio y al final del período de crecimiento, repitiendo la evaluación por cuatro temporadas, es decir, cuatro años, periodo durante el cual se evaluarían los resultados obtenidos y se tomarían las medidas necesarias para su readecuación y/o continuidad, teniendo en cuenta, por ejemplo, la aparición de nuevas especies vegetales y que pudiesen complementar el ensayo ya establecido. Es decir, primero debe utilizarse tiempo en el manejo y viverización de un determinado número de plantas, para luego aplicar éstas en la fase experimental de crecimiento, bajo condiciones controladas, período que no está dimensionado en la propuesta de la empresa, pero que se estima que necesariamente debe incluir fases fenológicas completas, para asegurar el prendimiento, lo que equivale al menos a uno o dos años. En suma, los plazos necesarios para ejecutar las investigaciones de factibilidad del humedal Pantanillo requerían un período no inferior a cinco años.

659. En consecuencia, en la estimación del tiempo de una etapa muy preliminar de restauración del humedal Pantanillo, la cual se refiere solo a la experimentación previa para poder ver la posibilidad de realizar la restauración propiamente tal, la empresa programa un plazo de cinco años. A ello debe sumarse la restauración previa de las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas que fueron disminuidas a consecuencia del proyecto, durante un plazo de veinte años. En este sentido, si bien no es posible fijar un periodo garantizado de recuperación de los niveles freáticos, es posible señalar que, bajo un supuesto conservador, el tiempo de recuperación sería igual al tiempo requerido para la pérdida de niveles freáticos. Esto habla de lo extenso de los tiempos de la eventual reparación, pero también de la incerteza final de su resultado.

660. Por las anteriores consideraciones, se puede estimar que, respecto al tiempo que podría tomar un eventual plan de reparación del daño ambiental constatado, este sería de larga data, superando un plazo razonable. Lo anterior debido a que, como etapa previa debería esperarse la recuperación de los elementos abióticos, especialmente de las condiciones hídricas, los cuales llevan décadas de gradual deterioro. Adicionalmente, una vez alcanzado ese objetivo se debería iniciar una etapa de estudio y diseño experimental, el cual requeriría una adaptación al éxito o fracaso que muestren las pruebas. Finalmente, tendría que ser desarrollada a gran escala la restauración misma, la cual, en atención a la extensión del área, exigiría, nuevamente, tiempos muy extensos, hasta llegar a alcanzar de manera óptima el objetivo final.

661. En relación a los **costos**, estos están vinculados al tiempo que requeriría el eventual plan de reparación y su complejidad técnica. En este sentido, debido a las condiciones de aislamiento del área, las características del hábitat –el cual, como se ha indicado, se trata de un ecosistema especialmente frágil– y el nivel de acciones que debieran ser implementadas para la restauración del suministro hídrico, del suelo y la superficie vegetacional, puede sostenerse que los recursos económicos que serían necesarios para aquello alcanzarían cifras muy altas.

662. En este sentido, se puede tener como referencia lo informado por la empresa respecto al presupuesto de las primeras acciones de plan de recuperación del humedal de Pantanillo, consistentes en la instalación de barreras de contención forzada de nieve y de sensores de clima y de altura de nieve, con el objeto de medir la nieve susceptible de ser colectada y así incrementar los recursos hídricos aportados al humedal Pantanillo. El costo de estas acciones fue evaluado en USD 800.000 solo para el 2012. En este sentido, es esperable que los costos reales de la etapa experimental y su replicación en toda la extensión del humedal dañado podrían exceder con creces este valor en forma anual, siendo incrementados por todo el período mínimo que se ha estimado.

663. Finalmente, en relación a las **probabilidades de éxito** de un hipotético plan de reparación de este tipo, se ha señalado que no existen antecedentes científicos respecto a la reparación exitosa de un humedal de estas características, lo cual da cuenta de que los resultados finales del eventual plan de reparación no pueden ser anticipados.

664. Si bien existe alguna información disponible sobre posibilidad de recuperar vegas de forma artificial en la zona altoandina del norte de nuestro país, para el sector de la Vertiente de Jachucoposa (relacionada con las RCA de los proyectos "Proyecto Minero Collahuasi", "Expansión 110 KTPD, Planta Concentradora Collahuasi" y "Optimización Collahuasi", todos de Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi), así como cierta experiencia en la experimentación de medidas de restauración ecológica, no se dispone de información suficiente como para extrapolar estas experiencias a la zona donde se emplaza el Proyecto Minero Refugio. Ello considerando que en el sector del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénega Redonda, influyen diferentes condiciones locales del territorio, tales como clima, suelo, relieve, nivel de amenaza, entre otros.

665. En consecuencia, puede señalarse que el daño generado al humedal Valle Ancho es de tal envergadura que el hipotético plan de reparación que se requeriría para revertirlo exigiría un tiempo de preparación e implementación elevado, que sobrepasa la escala humana. A su vez, los costos asociados a dicho plan son difícilmente determinables, pero serían sumamente altos. Finalmente, la probabilidad de éxito de este plan es desconocida, ya que no existen experiencias exitosas respecto a planes de esta naturaleza y envergadura. Por lo mismo, es posible afirmar que el daño causado es un daño irreparable, en el sentido de que existen muy bajas posibilidades de que una recuperación efectiva y completa del área pueda ser lograda. Esto en ningún caso, exime a la empresa del deber de realizar todos los esfuerzos necesarios para avanzar en dicha reparación, ya que las dificultades de que esta sea alcanzada en términos óptimos, no obsta a que se deba buscar de la manera más eficiente ese objetivo último.

666. En relación con lo señalado anteriormente, se puede concluir que, para las 69.4 hectáreas de vegetación seca del humedal Valle Ancho, en virtud de las razones antes expuestas, se considera que se generó un daño ambiental que no es susceptible de reparación, por lo que se clasificará como gravísima la infracción imputada según el artículo 36 numeral 1, letra a), que establece *"Son infracciones gravísimas los hechos, actos u omisiones que contravengan las disposiciones pertinentes y que, alternativamente: [...] a) Hayan causado daño ambiental, no susceptible de reparación"*.

XI. PONDERACIÓN DE LAS CIRCUNSTANCIAS DEL ARTÍCULO 40 DE LA LO-SMA QUE CONCURREN A LA INFRACCIÓN

667. En las secciones anteriores de la presente Resolución se ha dado cuenta de las consecuencias generadas por la infracción, las cuales corresponden a la desecación de un área de 69.4 hectáreas del humedal Valle Ancho. Adicionalmente, en la sección relativa a la configuración de la infracción se desarrolló el patrón de avance de esta desecación, lo cual está asociado al riesgo futuro de que la afectación actual del humedal se expanda. La afectación sobre el humedal Valle Ancho ha sido calificada como un daño ambiental, en atención a su naturaleza y significancia. Además, se ha indicado que el daño ambiental provocado es irreparable, lo cual ha llevado a calificar la infracción como gravísima. Esto último conlleva, finalmente, que la sanción específica a aplicar

debe encontrarse dentro del catálogo establecido en la letra a) del artículo 39 de la LO-SMA, el cual establece que *"[l]as infracciones gravísimas podrán ser objeto de revocación de la resolución de calificación ambiental, clausura, o multa de hasta diez mil unidades tributarias anuales"*.

668. Para poder determinar la sanción específica que corresponde aplicar dentro del catálogo que establece el artículo 39 de la LO-SMA, el artículo 40 de la misma ley incorpora un grupo de circunstancias cuya concurrencia debe ser evaluada. Adicionalmente, la SMA ha desarrollado un conjunto de criterios que deben ser considerados al momento de evaluar la configuración de estas circunstancias a un caso específico. Dichos criterios han sido expuestos en la "Guía de Bases Metodológica para la Determinación de Sanciones Ambientales" (en, adelante, "Guía de Determinación de Sanciones SMA"), aprobada mediante Res. Ex. N° 1002, de fecha 29 octubre 2015.

669. Por lo tanto, a continuación se hará un análisis respecto a la concurrencia de las circunstancias contempladas en el artículo 40 de la LO-SMA en el presente caso. En dicho análisis deben entenderse incorporados los lineamientos contenidos en la Guía de Determinación de Sanciones SMA.

a) Importancia del daño causado o del peligro ocasionado (artículo 40 letra a)

670. La circunstancia correspondiente a la importancia del daño o del peligro ocasionado, tal como se indica en la "Guía Para la Determinación de Sanciones de la SMA", se considerará en todos los casos en que se constaten elementos o circunstancias de hecho de tipo negativo –ya sea por afectaciones efectivamente ocurridas o peligros potenciales– sobre el medio ambiente o la salud de las personas.

671. En el presente caso, ya se ha hecho referencia en parte a dichos efectos negativos, al evaluar la configuración de una hipótesis de daño ambiental irreparable. Sin embargo, aquel análisis tuvo por fin determinar la gravedad de la infracción en cuestión y, en consecuencia, los tipos y rangos de la sanción aplicable. En esta sección corresponde volver sobre dichos efectos negativos, aludiendo a su importancia, entendida esta como la *"magnitud, entidad o extensión"*[139] de los mismos, con el fin de poder determinar la sanción específica a ser aplicada en el caso concreto, dentro del rango que corresponde a las infracciones gravísimas.

672. Tal como ha sido descrito de manera acabada en los capítulos anteriores, la infracción cometida por CMM ha causado un daño ambiental sobre el humedal Valle Ancho, el cual ha significado, en concreto, la baja en los niveles freáticos del humedal y la consecuente desecación de 69.4 hectáreas de vegetación. Esto ha provocado también, la degradación del suelo y la reducción del área de movilidad de la fauna local.

673. El daño ambiental señalado ha ido en continuo avance desde el inicio del proyecto, afectando la disponibilidad hídrica del humedal Valle Ancho. Esto implica que el daño que hoy puede verificarse continuará dicha tendencia, lo que implica que existe una superficie del humedal que, aunque hoy no se encuentra afectada, sí lo estará en el futuro. La superficie del humedal que se encuentra en peligro, es aquella situada en la línea del frente de avance de la desecación.

674. En relación a la importancia de los efectos negativos que se han descrito, debe reiterarse que el área afectada reviste un gran valor ecológico, el cual ha sido ampliamente reconocido, tanto a nivel nacional, como internacional. Como se ha señalado, el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, dentro del cual se encuentra el humedal Valle Ancho, ha sido incluido dentro del listado de sitios Ramsar, lo cual da cuenta de sus particularidades ecológicas, botánicas, zoológicas e hidrológicas. En específico, al declarar la zona como sitio Ramsar se ha reconocido el hecho de que en esta zona se encuentran especies en estado de conservación, que son importantes para mantener la diversidad biológica de la región biogeográfica; que sustenta especies vegetales y/o animales

[139] Ver Guía de Determinación de Sanciones SMA. p. 23.

que se encuentran en una etapa crítica de su ciclo biológico y/o en períodos en que prevalecen condiciones adversas; y, finalmente, que sustenta de manera regular el 1% de los individuos de una población de una especie o subespecie de aves acuáticas.

675. En los capítulos anteriores se han descrito las especies de flora y fauna que se encuentran en el área y que presentan problemas de conservación. Entre ellas se encuentran tres especies de flamencos sudamericanos (flamenco chileno, parina grande y parina chica), todos los cuales han sido clasificados como vulnerables, de acuerdo a la clasificación establecida en el Decreto Supremo N° 29 del Ministerio del Medio Ambiente, que Aprueba el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres Según Estado de Conservación, lo cual implica que se encuentran enfrentados a un riesgo alto de extinción en estado silvestre.

676. Las especies de flamenco andino son especies migratorias, que se encuentra especialmente expuestas a los cambios en su hábitat. En este sentido, se ha señalado que *"(...) de todas las especies de flamencos conocidas globalmente es la de menor población (c.34.000 individuos), es una especie gregaria, nidifican en colonias y pueden volar largas distancias entre los sitios de nidificación y alimentación (...) El Flamenco Andino debe su condición de vulnerable a que ha experimentado un rápido descenso de la población debido a la explotación y la disminución de calidad del hábitat (...) El Flamenco Andino y los otros flamencos son factibles de sufrir declinaciones poblacionales irreversibles debido a que estas especies presentan un comportamiento nómada oportunista condicionado por la disponibilidad de recursos y se ven seriamente afectadas por las condiciones ambientales (dragados, sequías, inundaciones, etc.), sumado a migraciones largas y periodos de cría muy aislados"*[140].

677. Adicionalmente, en el humedal Valle Ancho se encuentran dos tipos de mamíferos, el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), catalogados en peligro según la clasificación del Decreto Supremo N°29 del Ministerio del Medio Ambiente. Ello implica que son especies que enfrentan un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.

678. Respecto de la flora local, se ha indicado que la vegetación que se encuentra en los humedales altoandinos es vegetación azonal, que solo se da en las condiciones ambientales especialmente particulares que permiten la formación del humedal. En la visita inspectiva realizada para la elaboración del Informe SAG 2013 se ha identificado una especie catalogada como vulnerable (*Kurzamra pulchella*) y tres especies en categoría insuficientemente conocida (*Nototriche clandestina*, *Calamagrostis cabrerae* y *Stuckenia filiformis*).

679. Al momento de valorar la importancia de los efectos negativos de la infracción, debe tenerse en cuenta también los servicios ecosistémicos que han sido asociado a los humedales. En este sentido, los humedales son considerados como reguladores de los regímenes hidrológicos y como hábitat de una flora y fauna características[141], entregando beneficios tales como: (i) el suministro de agua tanto para la explotación directa como para la recarga de acuíferos por infiltración; (ii) la regulación de flujos de suma importancia para el control de inundaciones; (iii) retención de sedimentos, nutrientes y tóxicos; (iv) el reservorio y sumidero de carbono; (v) la regulación de microclima; (vi) la conservación, recreación y turismo; (vii) la investigación y educación; (viii) la biodiversidad y patrimonio cultural; (ix) el paisaje y belleza escénica; y (x) el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales[142].

680. En el caso de los humedales altoandinos, los servicios ecosistémicos que estos entregan han sido reconocidos en la Estrategia Regional de Conservación y Uso

---

[140] BRANDOLIN, Pablo. ÁVALOS, Miguel. Nuevos registros estivales de Flamenco Andino Phoenicoparrus andinus para la llanura central de Argentina, Provincia de Córdoba. Cotinga (32): 5-7, 2010.

[141] Ramsar (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas). Compilación de Tratados de las Naciones Unidas Nº 14583. Modificada según el Protocolo de París, 3 de diciembre de 1982, y las Enmiendas de Regina, 1996. 2013.

[142] CONAMA. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Centro de ecología aplicada Ltda. Contrato CONAMA N°31-22-001/05, 2006. pp. 114.

Sostenible de los Humedales Altoandinos, elaborada por la Comisión Ramsar[143]. En ella se indica que se destacan los servicios ecosistémicos vinculados a la provisión de agua, tanto agua potable para poblaciones humanas y de riego para uso agrícola. Además, indica, se deben sumar los servicios ambientales de *"(...) estabilización de suelos, la prevención de deslaves y derrumbes y el mantenimiento del equilibrio ambiental tanto por permitir la sobrevivencia de especies singulares de flora y fauna, como por la fijación de carbono y purificación atmosférica y estabilización del clima"*[144].

681. Uno de los principales servicios ecosistémicos que entregan los humedales altoandinos del norte de Chile se refiere al desarrollo turístico. En este sentido, el Parque Nacional Nevado Tres Cruces, el cual se compone de la Laguna del Negro Francisco y la Laguna Santa Rosa, conectadas por el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, es uno de los tres parques nacionales administrados por CONAF que se encuentran en la región de Atacama. De acuerdo a los registros de CONAF, en el año 2014 el número de visitantes fue de 686 personas. Destaca en este número la cantidad visitantes extranjeros, el cual ascendió a 41% del total, en comparación a la media en todos los parques nacionales de la región en el que el porcentaje de visitantes extranjeros llega solo al 7,1%.

682. En consecuencia, para los efectos de la circunstancia correspondiente a la importancia del daño causado o del peligro ocasionado, contemplada en la letra a) del artículo 40 de la LO-SMA, se estima que la infracción ha generado un daño sobre el humedal Valle Ancho, el cual reviste una importancia alta, tanto por la magnitud de su extensión, 69.4 hectáreas, como por las características del medio ambiente afectado. Adicionalmente, se considerará que junto a este daño se ha generado un riesgo sobre otra sección del humedal, la cual, de no adoptarse medidas urgentes y eficaces, se verá expuesta a las mismas condiciones de estrés hídrico que llevaron a la desecación de la parte dañada.

b) Número de personas cuya salud pudo afectarse (artículo 40 letra b)

683. Con la evidencia reunida en el procedimiento sancionatorio no es posible considerar que la infracción cometida haya generado o pudiere generar un riesgo para la salud de alguna persona. Esto es consistente con dos circunstancias: (i) el tipo de daño causado; y (ii) las condiciones de aislamiento de la zona afectada.

684. El daño provocado ha sido descrito en forma previa al momento de abordar la calificación jurídica, así como al referirse a la letra a) del artículo 40 de la LO-SMA. Este daño se encuentra vinculado a la disminución de los niveles freáticos de las napas subterráneas y la consecuente afectación de flora y fauna dependiente de los afloramientos de agua en el área del humedal Valle Ancho. Estas circunstancias hacen que sea difícil poder vincular este daño a una efectiva o potencial afectación de la salud de las personas, especialmente considerando que se trata de un área sumamente aislada, donde no se encuentran asentamientos humanos permanentes.

685. En definitiva, por las razones expuestas, no se considerará la concurrencia de esta circunstancia para la ponderación de la sanción específica a ser aplicada.

c) Beneficio económico obtenido con motivo de la infracción (artículo 40 letra c)

686. La "Guía Para la Determinación de Sanciones de la SMA" desarrolla la importancia de la consideración del beneficio económico en la determinación de la sanción específica a aplicar en un caso concreto. Este criterio es incorporado en la letra c) del artículo 40 de la LO-SMA y garantiza que la sanción constituirá un verdadero desincentivo al infractor, evitando que las ganancias obtenidas por la empresa puedan ser mayores que las consecuencias negativas impuestas

[143] 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales. Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. Ibid.
[144] Supra.

por el incumplimiento. De esta manera se asegura el efecto preventivo de la sanción, el cual pretende disminuir incumplimientos futuros a la norma. Adicionalmente, permite que el componente retributivo de la sanción sea proporcional al beneficio obtenido. La forma de calcular este beneficio distingue dos aspectos: (i) el beneficio asociado a costos retrasados o evitados, y (ii) el beneficio por ganancias ilícitas anticipadas o adicionales.

687. En el caso de la infracción cometida por CMM, el beneficio económico obtenido debe ser analizado en función de las acciones que la empresa estaba obligada a ejecutar para poder cumplir con las obligaciones que recaían sobre ella ante el acaecimiento del impacto ambiental no previsto objeto de cargos. Este aspecto ha sido latamente analizado en la capítulo IX d.i de la presente Resolución, pero a continuación se volverá sobre algunos de estos puntos con el fin de explicar de mejor manera el cálculo del beneficio económico.

688. Las acciones que la empresa debió haber realizado frente al acaecimiento del impacto ambiental se encuentran descritas en el texto de las RCA infringidas. Por un lado, en el EIA del Proyecto Minero Refugio, aprobado por la RCA N° 2/1994, se señala que el programa de monitoreo ambiental permitirá, *"(...) si corresponde, tomar medidas correctivas pertinentes para asegurar que las regulaciones ambientales no sean sobrepasadas"*. Por otro lado, en la RCA N° 4/2004 se dispone que el titular deberá *"(...) informar inmediatamente a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la región de Atacama la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental, asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para controlarlos y mitigarlos"*. Este compromiso es confirmado, adicionalmente, en las RCA N° 268/2009 y N° 45/2011.

689. En consecuencia, la primera acción que debía haber cumplido CMM era la de **informar a la autoridad ambiental**. Desde un punto de vista económico, esta acción no implica un costo asociado a la empresa o, al menos, no un costo que tenga la significancia necesaria para ser ponderado. Esto debido a que la obligación se limita sólo a comunicar, es decir, poner a disposición de la autoridad la información vinculada al acaecimiento del impacto ambiental no previsto, de manera precisa, completa y pertinente. En consecuencia, el incumplimiento de la obligación de informar por parte de CMM no importó un ahorro o un retraso de gastos que deba ser ponderado en este caso concreto.

690. Las **medidas de corto plazo** que debieron haber sido adoptadas por CMM corresponden a la paralización de la extracción de agua desde el campo de pozos Pantanillo. Ello debido a que en cualquier proceso de recuperación o control de un determinado impacto ambiental, lo primero que debe efectuarse es la interrupción del factor causal que está generando dicho impacto, lo que en este caso corresponde, tal como ha sido acreditado en el presente procedimiento sancionatorio, a la extracción de aguas desde el campo de pozos Pantanillo. Esta paralización tendría que haber sido permanente, ya que, como ha señalado la DGA, las condiciones actuales del acuífero hacen incompatible la extracción de agua con la sustentabilidad en el tiempo del humedal Valle Ancho.

691. En el caso de las **medidas de mediano y largo plazo**, estas están dirigidas a recuperar el daño generado, específicamente las condiciones originales del humedal afectado. Por lo tanto, estas medidas requieren una planificación rigurosa, basada en estudios científicos de campo, que permitan diseñar, en conjunto con las autoridades sectoriales, un plan de reparación adecuado y eficaz. El cálculo del valor preciso de estas medidas se vuelve sumamente complejo en atención a que depende de las características específicas del plan, el cual solo podrá ser definido después de un período largo de diseño.

692. La no adopción de las medidas de corto y mediano plazo que debieron haber sido seguidas corresponde a **un costo retrasado**, en atención a que se refiere a un *"(...) beneficio asociado al hecho de incurrir en determinados costos vinculados al cumplimiento con posterioridad al momento en que la normativa lo requería"*[145]. Es decir, se trata de no haber incurrido en costos, en los que aún se puede incurrir en el futuro.

[145] Guía SMA Bases Metodológicas Determinación de Sanciones. p. 25.

693. El hecho de que aún existe la posibilidad de incurrir en dichos costos se vincula al hecho de que sobre la empresa, aún después de la sanción, continúa la obligación de adoptar medidas. De hecho, después de configurado un caso de daño ambiental por una resolución sancionatoria de la SMA, se abren diferentes vías legales para poder desarrollar dichas medidas. En el caso en que la empresa desee hacerlo de manera voluntaria, puede utilizar la herramienta del plan de reparación, regulado en el artículo 43 de la LO-SMA. De lo contrario, es posible que se ejerzan las acciones de daño ambiental por parte de particulares o el Consejo de Defensa del Estado.

694. En el caso de la medida de ejecución inmediata, correspondiente a la **detención de la extracción de agua desde el campo de pozos Pantanillo,** no se trata de una medida que implique costos retrasados estimables, ya que ella consiste en un dejar de hacer y, por tanto, implica en la práctica dejar de incurrir en una serie de costos necesarios para llevar adelante dicha extracción. Sin embargo, existe un conjunto de consecuencias que se derivan de la paralización de la extracción de agua, la más evidente y significativa de ellas es la interrupción de uno de los insumos principales e irremplazables del proceso productivo de la mina, con la consecuente paralización del proyecto.

695. Por lo tanto, de haberse cumplido con la medida inmediata que era exigida, CMM no sólo debiera haber dejado de extraer agua desde el campo de pozos Pantanillo, sino que, como una consecuencia directa ineludible de lo anterior, debió haber paralizado la actividad de la mina. El no haberlo hecho representó una ventaja evidente para la empresa, ya que durante todo aquel período en el cual se incumplió la obligación se generaron beneficios los que, de haber cumplido con la ley, no hubiera recibido. Estos beneficios económicos corresponden a beneficios asociados a ganancias ilícitas, ya que se trata de un *"(...) beneficio que el infractor obtiene por el hecho de lograr un aumento en sus ganancias en un determinado período de tiempo, el cual no hubiera tenido lugar en otro momento del tiempo"*[146]. Más específicamente, se trata de ganancias adicionales, ya que son *"(...) ganancias derivadas de ingresos que, en ausencia de la infracción no habrían sido obtenidos en ningún momento del tiempo"*[147].

696. El período mínimo que debió haber durado esta paralización del proyecto se vincula con la posibilidad de acceder a una fuente de agua diferente que permita mantener el funcionamiento de la mina, sin necesidad de extraer agua del campo de pozos de Pantanillo. La evaluación del tiempo requerido para ello exige, a lo menos: (i) considerar cuáles son esas fuentes alternativas de suministro de agua; (ii) el tiempo que llevaría diseñarla; (iii) el tiempo de su evaluación ambiental, de ser procedente; y (iv) el tiempo de construcción. Al considerar esta posibilidad no se está afirmando que CMM debiera haber implementado una fórmula alternativa, sino solo que ella *pudo* haber sido implementada, por lo cual el período de paralización sería de *mínimo* el tiempo que se demora esta alternativa en volverse operativa.

697. Siguiendo el anterior razonamiento, se ha estimado que la forma más viable técnicamente para poder instalar un sistema de suministro de agua diferente, corresponde a la instalación de una planta desaladora. Esto debido a que los volúmenes requeridos para el funcionamiento de la mina hacen inviable el transporte por vía de vehículos de carga. Tampoco sería viable la constitución de nuevos derechos de agua en las cuencas cercanas, ya que las zonas acuíferas denominadas Copiapó-Piedra Colgada *y* Piedra Colgada-Desembocadura, todas de la III Región, se encuentran declaradas como área de restricción para nuevas explotaciones de aguas subterráneas de acuerdo a la Res. DGA N° 162 de fecha 22 de marzo de 2001. Esta restricción fue establecida dado que existe riesgo de un descenso generalizado de los niveles estáticos en el largo plazo, que afectan la capacidad productiva de los acuíferos, debido a una insuficiente recarga en relación a la explotación existente.

698. Dado lo anterior, y considerando especialmente la tendencia que actualmente desarrolla la industria minera para obtener los recursos hídricos,

[146] Supra.
[147] Supra.

especialmente en la zona norte del país, se estima que la solución alternativa más idónea para tener como referencia es la implementación de una planta desalinizadora.

699. Respecto al tiempo para operar un proyecto de desalinización que pudiera haber utilizado el titular como suministro hídrico para su proyecto, se estima, en base a los proyectos de plantas desalinizadoras ingresados al SEIA[148], que el período mínimo de elaboración de los estudios de ingeniería, la elaboración del proyecto para ser ingresado al SEIA, el tiempo de evaluación y construcción adicionado es de mínimo 3,8 años.

700. En consecuencia, se puede estimar que CMM debió haber ejecutado la acción de detener la extracción de agua desde los pozos RA-1 y RA-2, lo cual no implica un costo en sí mismo, pero sí conllevaba necesariamente el haber paralizado la mina. Esta detención, a su vez, debió haber extendido por un período mínimo de 3,8 años conforme a lo razonado previamente. El hecho de que CMM no haya ejecutado la acción que se le exigía implicó, en la práctica, la obtención de ganancias ilícitas que no debería haber recibido en caso de haber cumplido con la regulación a la cual estaba sujeto el proyecto.

701. Con el objeto de calcular las ganancias ilícitas obtenidas por CMM, esta Superintendencia requirió, mediante Res. Ex. N° 12/D-14-2015, de fecha 18 de noviembre de 2015, la entrega de los Estados Financieros correspondientes a los años 2013, 2014 y 2015 a la fecha más reciente, incluyendo el balance general, estado de resultados, flujo efectivo y notas de estados financieros. La respuesta de la empresa fue recibida con fecha 23 de noviembre de 2015, mediante un escrito en el cual se acompañó la información requerida.

702. Para el cálculo de una eventual sanción de carácter pecuniario, se considerará como fecha de inicio de cálculo el día 28 de diciembre de 2012, fecha en la cual entraron en vigencia las competencias de la SMA. Luego, habida cuenta de la fecha de dictación de la presente resolución sancionatoria, se estima como probable fecha de pago de la multa, el día 31 de marzo de 2016. Por lo tanto, las ganancias ilícitas estimadas ascienden a un total de 86.447 UTA, obteniéndose finalmente un beneficio económico estimado de 82.118 UTA, considerando una tasa de descuento de un 13,31%, en base a su información financiera.

703. En definitiva, es posible considerar que en el presente caso sí se configuró la circunstancia correspondiente al beneficio económico, el cual ascendió a 86.447 UTA, lo cual será considerado al momento de evaluar la sanción específica a ser aplicada.

d) Intencionalidad en la comisión de la infracción y el grado de participación en el hecho, acción u omisión constitutiva de la misma (artículo 40 letra d)

704. Tal como se describe en la "Guía de Determinación de Sanciones Ambientales de la SMA", la intencionalidad aludida en la letra d) del artículo 40 de la LO-SMA está vinculada al conocimiento de la obligación contenida en la norma, así como de la conducta que se realiza y sus alcances jurídicos. La intencionalidad, en consecuencia, requiere evaluar el conocimiento de la obligación jurídica infringida, y enseguida, el conocimiento de la acción o la omisión constitutiva de infracción.

705. En este orden de ideas, al evaluar el conocimiento de la norma infringida por parte de CMM debe tenerse en cuenta que la infracción objeto de cargos constituye una omisión. Esto implica que la pregunta respecto al conocimiento de la norma alude al conocimiento de aquel *deber de hacer* al que se estaba sujeto en el presente caso, esto es, el deber de informar inmediatamente y adoptar medidas de control y mitigación frente a impactos ambientales no previstos en la evaluación ambiental del proyecto.

---

[148] Los proyectos revisados corresponden a los siguientes: "Suministro Complementario de Agua Desalinizada para Minera Escondida", de Minera Escondida Limitada; "Planta desalinizadora y suministro de agua industrial", de Minera Spence S.A.; y "Planta Desalinizadora Minera Candelaria", de Compañía Contractual Minera Candelaria.

706. Existen dos aspectos que corresponde destacar del conocimiento de este deber: (i) que la obligación señalada se encuentra contenida en cuatro diferentes RCA del proyecto , desde el año 1994 al año 2011; motivo por el cual no podría afirmarse que la empresa no podía percatarse de la existencia de esta obligación; y (ii) que la infractora es una compañía minera de larga trayectoria y que es controlada a su vez por una empresa minera internacional –Kinross Corporation– la cual que cuenta con diferentes proyectos en distintas partes de Chile y el mundo[149]. En éste sentido cabe destacar que el proyecto ha operado desde el año 1996, siendo adquirido por la empresa Kinross el año 1998, pasando a ser su controladora desde entonces.

707. En virtud de esto último se revela que CMM es un sujeto calificado, en la medida en que posee una amplia experiencia en su giro específico, con conocimiento de las obligaciones inherentes que en materia de cumplimiento de estándares medioambientales exige nuestra legislación. Además cuenta con una organización sofisticada que le permite afrontar de manera especializada, idónea y oportuna su correcta operación y eventuales contingencias. En definitiva, se puede señalar que se encuentra en una posición de mayor conocimiento de las obligaciones a las que está sujeta, en relación con aquéllos sujetos que no cuentan la esta experiencia o recursos, a lo que debe añadirse el hecho de que el proyecto lleva operando un extenso período tiempo, el que se extiende por más de 20 años.

708. Adicionalmente, y relacionado con el conocimiento específico de esta obligación por parte de la empresa, es necesario destacar que las consecuencias de la extracción de agua desde el campo de pozos Pantanillo es un aspecto que fue abordado en la elaboración del EIA del Proyecto Minero Refugio, en el año 1994, esto es, al inicio del proyecto. Sin embargo, al momento de dicha evaluación ambiental, en base a los antecedentes disponibles, no se previó el efectivo alcance y magnitud del impacto del bombeo de agua. No obstante, tal como ha sido demostrado en el presente procedimiento sancionatorio, ha resultado evidente que desde el momento en que comenzó la operación del proyecto, se presentaron las circunstancias que configuraron una hipótesis de impacto no previsto que, de acuerdo a las obligaciones establecidas en la RCA, debió haber sido informada y gestionada.

709. A su vez, la evidencia muestra también que el inicio de la operación constituyó un hito determinante en el proceso gradual pero constante de la desecación del humedal Pantanillo. En consecuencia, la desecación de éste humedal no pudo haber pasado desapercibida para la empresa, no solo porque sobre ella recaía el deber de seguimiento ambiental, sino, más elementalmente, porque se trata de un área de 22 hectáreas de humedal que se encuentra a una distancia sumamente cercana del área de extracción.

710. En este sentido es necesario recordar que el humedal Pantanillo se secó de manera completa antes del año 2002. Por lo tanto la empresa, al menos desde ese entonces, debía tener conocimiento de que el bombeo de agua desde el campo de pozos estaba provocando una perturbación ambiental de consideración en el sector, sobre todo teniendo en cuenta que dicha significativa y abrupta afectación no se estaba verificando en ninguno de los humedales cercanos. Es por esta razón que la vinculación entre el bombeo realizado y la situación del humedal Pantanillo, se encontraba más evidentemente expuesta.

711. El hecho de que CMM haya manifestado en sus descargos frente a la CEA de Atacama, que tuvo conocimiento de esta desecación en el año 2008 con los informes de monitoreo elaborados por ella, únicamente entrega una fecha mínima de dicho conocimiento, reconocida por la empresa, pero en ningún caso impide presumir que, dado las circunstancias en que ocurrió la desecación total del humedal, verificada al menos siete años antes, ella no fuera conocida por la empresa incluso antes de la fecha que ella misma reconoce.

---

[149] En la página web de la compañía Kinross (www.kinross.com) se realiza una descripción de las operaciones de la empresa en diferentes partes del mundo, incluido Rusia y África occidental. El volumen de producción correspondiente al año 2015 fue de 2.5 - 2.6 millones Au eq. oz. El año 2014, por su parte su producción correspondió a 2.71 millones Au eq. Oz., lo que, según el ranking elaborado por Mining.com, la había colocado en el quinto lugar de producción mundial por empresas. Ver: http://www.mining.com/top-10-gold-companies-in-2014-67501/.

712. Aunque el presente procedimiento sancionatorio no se refiere a la desecación del humedal Pantanillo, es importante tener presente la conducta de la empresa respecto de dicho humedal para los efectos de analizar su comportamiento frente a la desecación del humedal que continuaba aguas abajo, esto es, el humedal Valle Ancho. En este sentido, a pesar de que el humedal Valle Ancho mostraba signos de desecación a partir del año 2000, los cuales se volvieron más evidentes desde el año 2005, con la reanudación del Proyecto Minero Refugio, ello no repercutió de forma alguna en la conducta de la empresa. De hecho, al momento de informar a la autoridad sobre la desecación del humedal Pantanillo, en el mes de agosto de 2012, CMM no hizo ninguna mención a la desecación del humedal Valle Ancho. Por el contrario, en dicha comunicación solo se hizo mención al humedal Valle Ancho a propósito de la propuesta de seguimiento de "otras vegas o bofedales del sector".

713. La respuesta de todos los servicios con competencia ambiental que realizaron observaciones a la tardía comunicación de la empresa respecto al humedal Pantanillo, fue la que resultaba más adecuada en atención a las circunstancias del caso[150]. Así, se insistió en la necesidad imperiosa de determinar con precisión el alcance total de la desecación que estaba siendo generada, indicándose de manera expresa que esto implicaba evaluar *todo* el daño, no sólo aquel que había sido identificado en el humedal Pantanillo. Esto, por lo demás, no era algo que siquiera debía ser comunicado a la empresa, sino que formaba parte de su deber.

714. Más de un año después, en marzo de 2014, esta vez en el contexto del procedimiento sancionatorio seguido por la CEA de Atacama, CMM presentó nuevamente un plan vinculado a Pantanillo y en él vuelve a mencionar la necesidad de realizar un monitoreo sobre las otras vegas del entorno, *"(...) especialmente aquellos hacia el norte, los que presentan evidencias de deterioro de la vegetación azonal hídrica, por cuanto se han observado porciones de vegetación decrépita y/o muerta,* ***en los cuales, hasta la fecha, se asume corresponde a un proceso natural"*** (énfasis agregado).

715. La actitud de la empresa frente al impacto ambiental que estaba generando, se grafica de manera especialmente clara en este período. Más de un año después de haber informado sobre la desecación total de Pantanillo y después de haber quedado más que explícita por ella misma la necesidad de verificar la situación de las vegas aguas abajo, señala que si bien se constata desecación en las vegas ubicadas hacia el norte, esta se *asume* que se debe a un proceso natural.

716. No obstante lo señalado por la empresa, lo cierto es que las *evidencias de deterioro* a las que alude CMM ya eran especialmente claras a partir del año 2005. El asumir que correspondía a un proceso natural era algo que, habiéndose verificado la desecación completa del humedal Pantanillo antes del año 2001, ya no era razonable sostener a la luz de la evidencia disponible. Más bien, lo que podía asumirse en ese entonces era precisamente lo contrario: que las vegas aguas abajo serían las siguientes en ser afectadas.

717. En otro orden de ideas, la actitud de la empresa se ve también claramente graficada en la manera en que ejecutó una de las principales obligaciones que tenía, vinculada al estudio del acuífero que estaba interviniendo. Se trata del compromiso ambiental voluntario que fue adquirido en la evaluación ambiental del proyecto "Optimización Proceso Productivo Proyecto Refugio", aprobado por la RCA N° 268/2009, mediante el cual la empresa se comprometió a efectuar *"(...) un estudio que analice en detalle la hidrología e hidrogeología del área, el que presentará a la DGA, Región de Atacama"*.

718. Como se ha expuesto en la presente Resolución, el estudio que fue finalmente entregado a la DGA en cumplimiento de dicho compromiso no cumplió con las exigencias técnicas mínimas para que pudiera a ser útil a la DGA y a la propia empresa, para explicar el impacto que se estaba generando en el humedal Valle Ancho. Esto es en sí indicativo de la actitud de la empresa frente a su deber, pero lo es más aún el que su defensa al día de hoy –en su presentación de fecha 7 de enero de 2016– se haya señalado que dicho estudio fue pensado como "*preliminar*". Aquello,

[150] Ver: Capítulo IX.d.

que, por lo demás es contradictorio con la carta conductora con la que se entregó dicho estudio en la cual se indicó que se trataba de un "informe final", es menos comprensible debido a que cuando se afirmó que el estudio tenía un carácter de *preliminar*, esto es, más de cinco años después de haber entregado el estudio, **aún no se entregaba lo que debiera haber sido la versión final.**

719. El comportamiento de la empresa respecto a la elaboración de dicho estudio hidrológico ha continuado durante la tramitación del presente procedimiento sancionatorio, ya que durante todo el tiempo que duró la etapa de instrucción este no fue acompañado. Lo anterior, a pesar de que, con fecha 7 de enero de 2016, la empresa anunció la entrega del referido estudio, indicando que este modelo hidrogeológico sería la única forma de tener *"(...) una visión más completa y clara de lo ocurrido en el área del proyecto Refugio y sus alrededores"*. Para ello, solicitó se le diera un plazo de 30 días hábiles. Así, mediante Res. Ex. N° 18/D-14-2015 de esta Superintendencia, se resolvió que no procedía dar un plazo obligatorio para la entrega de dicho informe hidrogeológico, pero que, no obstante, la empresa podía acompañarlo mientras estuviera vigente la etapa de instrucción. Se hizo ver además lo tardío que resultaba que dicho informe fuera acompañado en una instancia final del procedimiento sancionatorio.

720. Sin embargo, incluso después de haberse cumplido los 30 días hábiles que la propia empresa se fijó para la entrega del estudio, los cuales vencieron el día 18 de febrero de 2016, esta entrega no fue realizada, ampliando de este modo aún más el retraso original, el cual ya se extiende por más de seis años. El hecho de que la propia empresa se refiera a la relevancia de dicho estudio, al punto que estime él sería la única forma de tener *una visión completa y clara de lo ocurrido*, junto al hecho que este no ha sido acompañado aún, da cuenta de que su no entrega no puede ser calificada como una conducta negligente, sino plenamente consciente e intencional.

721. En consecuencia, se puede sostener que la empresa tuvo pleno conocimiento del hecho constitutivo del impacto ambiental no previsto, actuando, en definitiva, con intencionalidad al momento de no cumplir con las correlativas obligaciones de informar y adoptar medidas. Por lo anterior, esta circunstancia será considerada al momento de ponderar la sanción específica a ser impuesta.

e) Conducta anterior del infractor (artículo 40 letra e)

722. La conducta anterior del infractor puede ser definida como el comportamiento, desempeño o disposición al cumplimiento que éste ha observado a lo largo de la historia, específicamente, de la unidad de proyecto, actividad, establecimiento, instalación o faena que ha sido objeto del procedimiento administrativo sancionatorio. Para ello se hace necesario hacer una revisión de los procedimientos sancionatorios incoados en periodos recientes, en el marco del seguimiento de las RCA que regulan el proyecto o instalación, y la normativa ambiental objeto de los cargos del procedimiento, a fin de determinar si se requiere aumentar el componente disuasivo, penalizando con mayor fuerza al infractor que mantiene un historial negativo de cumplimiento.

723. En el Capítulo VIII.c de la presente Resolución, se ha realizado una descripción muy precisa del procedimiento sancionatorio iniciado por la CEA de Atacama en contra de CMM. La resolución que dio inicio a dicho procedimiento fue la Res. Ex. N° 35 de la CEA de Atacama, de fecha 4 de febrero de 2013. El hecho por el cual se inició el procedimiento fue descrito en alusión a la denuncia del SAG, presentada ante la CEA. El pronunciamiento final de la CEA de Atacama fue adoptado el día 8 de enero de 2014, mediante Res. Ex. N° 5, en la cual se resolvió sancionar a CMM con una multa de 500 UTM. En él se da cuenta de los antecedentes que se tuvo a la vista para resolver, así como los considerandos de la decisión.

724. Tal como se ha señalado al momento de evaluar la incidencia de dicho procedimiento sancionatorio en el presente, a propósito del principio *non bis in ídem*, en ambos procedimientos coincide el elemento subjetivo, ya que ambos procedimientos fueron dirigidos contra Compañía Minera Maricunga. El hecho infraccional, en cambio, es diferente, ya que si bien en ambos casos se trata de una omisión frente a la desecación de un humedal, en el primer procedimiento

sancionatorio esta medida se refiere a la obligación de conectar los pozos con el humedal Pantanillo, mientras que en el segundo, la obligación está dada por el no haber actuado frente a un impacto ambiental no previsto, que se constata en el humedal Valle Ancho. Adicionalmente, en ambos casos se cubren períodos distintos.

725. Es decir, de lo expuesto se concluye que se trata de hechos infraccionales distintos, pero que comparten un aspecto sustantivo, consistente en que ambas se refieren al no haber actuado frente a la desecación del área del Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda. Por ello es posible estimar que CMM cuenta con una sanción previa, dentro de los dos años anteriores, por un incumplimiento ambiental similar a aquel objeto del presente procedimiento sancionatorio, razón por la cual será considerada esta circunstancia al momento de la determinación de la específica sanción a ser aplicada.

f) Capacidad económica del infractor (artículo 40 letra f)

726. La capacidad económica ha sido definida por la doctrina española a propósito del Derecho Tributario, y dice relación con la potencialidad económica vinculada a la titularidad y disponibilidad de la riqueza, con la aptitud, la posibilidad real, la suficiencia de un sujeto de derecho para hacer frente a la exigencia de una obligación tributaria concreta por parte de la Administración Pública[151]. De esta manera, la capacidad económica atiende a las particulares facultades o solvencia del infractor al momento de incurrir en el cumplimiento de la sanción, en relación a la eficacia de la sanción cuando se trata de multas. Se refiere entonces al hecho de que la desproporcionalidad del monto de una multa con relación a la capacidad económica concreta del infractor puede tornar ilusoria e inútil la sanción. De esta forma, mientras una elevada sanción atribuida a una infracción gravísima podría ser ejecutada y cumplir su finalidad de prevención especial, en el caso de una pequeña empresa podría suponer el cierre del negocio sin hacerse efectiva.

727. Según los Ingresos Operacionales correspondientes al año 2014 que figuran en los estados financieros acompañados por CMM, el tamaño económico de la empresa es "Grande 2", lo cual será considerado al momento de ponderar la sanción.

g) Cumplimiento del programa señalado en la letra r) del artículo 3 LO-SMA (artículo 40 letra g)

728. Esta circunstancia se determina en función de un análisis respecto del grado de ejecución de un programa de cumplimiento que haya sido aprobado en el mismo procedimiento sancionatorio, por lo tanto, únicamente tiene lugar en caso de que, en virtud de lo dispuesto en el inciso 5° del artículo 42 de la LO-SMA, se haya reiniciado un procedimiento por haberse incumplido las obligaciones establecidas en el programa.

729. Se trata de una circunstancia que no tiene aplicación en el presente procedimiento sancionatorio, por cuanto no concurre el presupuesto base, esto es, que se haya aprobado un programa de cumplimiento.

h) Detrimento o vulneración de un área silvestre protegida del Estado (artículo 40 letra h)

730. El humedal Valle Ancho se encuentra ubicado en el Corredor Bilógico Pantanillo-Ciénaga Redonda, el cual une las dos áreas que conforman el Parque Nacional Nevado Tres Cruces: el sector de la laguna Santa Rosa y la Laguna del Negro Francisco. El Corredor Biológico en sí mismo no forma parte del Parque, aunque desde el año 2009 sí forma parte del sitio Ramsar Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa.

[151] CALVO, Rafael. Curso de Derecho Financiero, I. Derecho Tributario, Parte General, 10ª edición, Thomson–Civitas, Madrid, 2006, p. 52; citado por MASBERNAT Muñoz, Patricio. El principio de capacidad económica como principio jurídico material de la tributación: su elaboración doctrinal y jurisprudencial en España. Ius et Praxis. 16 (1), 2010, pp. 303-332.

731. Sin perjuicio de lo anterior, en el D.S. N° 947, de fecha 29 de julio de 1994, del Ministerio de Bienes Nacionales, que crea el Parque Nacional Nevado Tres Cruces, se identifican en su parte considerativa las razones que fundamentan su creación y que establecen sus objetivos de protección, al señalar que: *"en los sectores denominados "Laguna Santa Rosa", "Salar de Maricunga" y "Laguna del Negro Francisco", existe la formación vegetal de la "Estepa Desértica de los Salares Andinos", la cual presenta un buen estado de conservación y constituye un excelente refugio para especies de la fauna nativa andina, por lo que se hace necesario protegerlos, a fin de evitar su deterioro, para bien de la comunidad; que, los ecosistemas insertos en dichos sectores se caracterizan por la fragilidad de su equilibrio ecológico y por tanto, son susceptibles a sufrir degradación; que, el área es lugar de concentración de importantes poblaciones de especies de fauna andina con problemas de conservación, tales como: flamencos, vicuñas (Vicugna vicugna), tagua cornuda (Fulica cornuta), guanacos (Lama guanicoe), vizcachas (Lagidium viscacia) y otras; que, las especies de flora y fauna nativas del área presentan un gran potencial científico y educativo, debido a su diversidad, estado de conservación y accesibilidad"*.

732. En virtud de estas consideraciones, se revela que entre los principales objetivos que justifican la creación del Parque Nacional Nevado Tres Cruces destacan los de conservar y proteger las especies de flora y fauna con problemas de conservación que habitan permanente o temporalmente y circulan en dichos sectores, y no únicamente la protección de los ecosistemas que en ellos se encuentran. En consecuencia, y considerando que el Parque Nacional se conforma por dos áreas separadas entre sí, las que se encuentran unidas por el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, surge la necesidad de analizar si por las características y locación de éste último se puede generar un detrimento o vulneración del Parque Nacional Nevado Tres Cruces debido a la afectación (daño ambiental irreparable) de los humedales del Corredor Biológico.

733. En este sentido, la incidencia directa que tiene la afectación del humedal Valle Ancho sobre la estabilidad del Parque Nevado Tres Cruces, puede ser comprendida si se tiene en cuenta la importancia general de los corredores biológicos desde el punto de vista ecológico.

734. Así, se define como corredor biológico *"el territorio cuyo fin es proporcionar conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat para asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y de los procesos ecológicos y evolutivos"*[152]. Los corredores biológicos están integrados por zonas núcleo, áreas protegidas en la mayoría de los casos, por el corredor y la matriz, que contiene a los dos[153]. En el caso del humedal Valle Ancho, la desecación de este ecosistema altera la conectividad del mismo provocando la fragmentación del ecosistema.

735. La pérdida de hábitat y fragmentación del ecosistema se evidencia por la disminución de áreas de alimentación y refugio para una gran variedad de especies silvestres, en el caso de las especies migratorias. En el corto plazo esto podría ocasionar la muerte de individuos que dependen de estos recursos, y en el mediano a largo plazo, cambios en los patrones de migración. Por otro lado, a largo plazo la pérdida de conectividad puede presentar disminución de biodiversidad y variabilidad genética, produciendo una disminución de las poblaciones afectadas, y en último caso, la extinción de especies.

736. Respecto a los efectos sobre las áreas protegidas, en este caso el Parque Nacional Nevado Tres Cruces, cuyo objeto de protección son los recursos naturales y componentes bióticos que dependen de él, se vería afectado al producirse una disminución en la conectividad producto del desecamiento del humedal Valle Ancho. La pérdida de conectividad está correlacionada con un incremento en la fragmentación, lo que a su vez conlleva disminución en la biodiversidad y alteración de los patrones ecológicos[154]. Otro efecto susceptible de producirse se relaciona con el uso de los recursos, ya que al ser más limitados los recursos de agua y vegetación de los humedales,

[152] TISCHENDORF, L. FAHRIG. On the usage and measurement of landscape connectivity. Op. cit.
[153] Supra.
[154] FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 34, 2003.

la fauna silvestre incrementará el uso de estos en las zonas de laguna o donde los pueda encontrar. De esta forma, al verse incrementada la capacidad de carga de los lugares asociados al complejo lacustre éstos verán afectada su capacidad de auto sustentabilidad, disminuyendo tanto en cantidad como en calidad.

737. El incremento en la fragmentación también conlleva cambios en la configuración del hábitat sobre la biodiversidad, y en la distribución y abundancia de las poblaciones. Esto a su vez se puede ver reflejado en el incremento del número de parches, la disminución del tamaño del parche y el aumento del aislamiento de los mismos. Los efectos de la fragmentación en la biodiversidad han sido ampliamente documentados. En el caso del humedal Valle Ancho, se podrían producir cambios en la interacción de especies, disminución en las tasas de reproducción y depredación, cambios en la distribución de especies, y, por último, la tasa local de extinción, lo que afecta directa e indirectamente los recursos de protección del Parque Nacional Nevado Tres Cruces.

738. De esta manera, se concluye que bajo las características actuales del humedal Valle Ancho y en menor medida de todo el Corredor Biológico Pantanillo - Ciénaga Redonda, parte del complejo lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, se ha producido la pérdida de hábitat y fragmentación, afectándose de manera directa la flora y fauna del Parque Nacional Nevado Tres Cruces. Por esta razón se estima concurrente la circunstancia de la letra h) del artículo 40 de la LO-SMA, la que será ponderada en la determinación de la sanción específica a aplicar.

i) Alcance de letra i), todo otro criterio que, a juicio fundado de la Superintendencia, sea relevante para la determinación de la sanción (artículo 40 letra i)

739. En virtud de la presente disposición, en cada caso particular, la SMA podrá incluir otros criterios que, a juicio fundado, se estimen relevantes para la determinación de la infracción. Para el presente caso, se ha estimado relevante ponderar los siguientes criterios o circunstancias en la determinación de la sanción: (i) cooperación eficaz en el procedimiento; y (ii) conducta posterior a la infracción (aplicación de medidas correctivas).

j) Cooperación eficaz en el procedimiento, en el marco de la aplicación de la letra i) del artículo 40

740. En términos generales, la colaboración o cooperación con la Administración como circunstancia a considerar en el establecimiento de las sanciones, dice relación con aquel comportamiento o conducta del infractor que permite el conocimiento o esclarecimiento de los hechos que motivan el procedimiento por parte de las Autoridades. Se trata de un criterio que se vincula al principio de eficiencia de la Administración en la utilización de los medios públicos, más que a la respuesta que merece la infracción en el caso concreto. Para que se la colaboración sea considerada en la determinación de la sanción ella debe ser eficaz, lo cual se relaciona con la utilidad real para la investigación de la información o antecedentes aportados.

741. En el presente caso se estima que durante el curso del procedimiento sancionatorio, la empresa se ha mostrado colaborativa, respondiendo en forma oportuna y útil a los requerimientos de información que han sido realizados por esta Superintendencia, así como colaborando en las diligencias ordenadas por la SMA, en específico, en la inspección personal realizada en el mes de junio de 2015.

742. Por las anteriores consideraciones, se considerará la cooperación eficaz de la empresa como un antecedente que disminuye el componente de afectación de las sanciones aplicables.

k) Aplicación de medidas correctivas, en el marco de la aplicación de la letra i) del artículo 40

743. La SMA considera en la determinación de la sanción, la conducta del infractor posterior a la comisión o detección de la infracción. Este criterio apunta a la

consideración de las medidas que adopte la empresa, tras la infracción o la detección de ésta en orden a corregir los hechos que la configuran, así como a reducir o eliminar sus efectos, o a evitar que se produzcan otros nuevos. Su consideración en la graduación de las sanciones, tiene sentido en un esquema de incentivo al cumplimiento y de protección del medio ambiente. Asimismo, su aplicación se justifica con arreglo a los principios de razonabilidad y proporcionalidad para cada infracción en específico.

744. Respecto a la infracción objeto de cargo, no se han acompañado al procedimiento sancionatorio ningún antecedente que dé cuenta de que la empresa ha adoptado medidas idóneas para corregir los hechos que la configuran, o contener, reducir o eliminar sus efectos y evitar que se produzcan nuevos efectos. Por el contrario, los antecedentes que han sido proporcionados dan cuenta de que la empresa ha continuado con la extracción de agua, sin interrupción.

745. En consecuencia, se estima que esta circunstancia no es concurrente, razón por la cual no será considerada como un antecedente que disminuya el componente de afectación de la sanción aplicable.

XII. CONCURRENCIA DE LOS PRESUPUESTOS PARA LA APLICACIÓN DE SANCIONES NO PECUNIARIAS.

746. La evaluación de las circunstancias del artículo 40 de la LO-SMA permite determinar la sanción adecuada que permita cumplir el doble objetivo de, por un lado, impedir que el daño ambiental continúe extendiéndose y, por otro, que la conducta que derivó en el daño ambiental sea desincentivada, eliminando los beneficios económicos que ella le generó al infractor.

747. Sobre lo anterior es importante tener en cuenta lo que señala la Guía de Determinación de Sanciones SMA respecto de las sanciones no pecuniarias contempladas en el artículo 38 de la LO-SMA, específicamente sobre la clausura o revocación de una resolución de calificación ambiental. En ella se señala que el criterio principal para aplicación de estas sanciones *"(...) es la importancia del daño o el peligro de daño ocasionado, especialmente cuando la magnitud de ellos hace necesario el cese temporal o definitivo de la operación o actividad involucrada en la infracción, con el objetivo de detener, eliminar o minimizar los efectos sobre el medio ambiente y/o la salud de las personas"*.

748. Se agrega además que otros criterios que supletoriamente pueden fundamentar la aplicación de estas sanciones son: *"(i) la reincidencia en la infracción cometida, bajo el supuesto de que el efecto disuasivo de una sanción previa no ha sido suficiente para lograr el efecto preventivo requerido; (ii) el beneficio económico obtenido por motivo de la infracción sobrepasa de forma significativa los límites establecidos para una sanción pecuniaria, lo cual imposibilita la eliminación de la totalidad del beneficio económico obtenido a través de la aplicación de una multa, y por lo tanto limita de forma importante el efecto disuasivo de la sanción"*.

749. Llevando los anteriores criterios al presente caso, debe tenerse en cuenta que el daño ambiental irreparable que ha sido acreditado, el cual ha sido descrito en forma detallada en la presente Resolución Sancionatoria[155], ha sido catalogado como un efecto negativo de alta importancia sobre el medioambiente[156]. Lo anterior, basado en las magnitudes del daño (69.4 hectáreas) y en las características propias del área afectada.

750. En este sentido, se ha hecho especial énfasis en las particulares características de los humedales altoandinos, así como al hecho de que el humedal Valle Ancho forma parte del Corredor Biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, el cual ha sido incluido dentro del sitio Ramsar Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa. En el proceso de incorporación de esta área dentro de la lista Ramsar de humedales de importancia internacional, se detallaron todas las particularidades que esta presenta desde el punto de vista ecológico y que la vuelven un área especialmente valiosa para la conservación.

[155] Ver: Capítulo X.a de la presente Resolución.
[156] Ver: Capítulo XI.a de la presente Resolución.

751. Adicionalmente, se ha desarrollado en forma detallada en la presente Resolución Sancionatoria[157] las circunstancias que llevaron a la generación del daño ambiental acreditado, las cuales se vinculan con la extracción continua de agua para la operación del Proyecto Minero Refugio. Esta extracción de agua ha generado una baja en los niveles freáticos, los cuales son un factor fundamental para la sobrevivencia de la vegetación del humedal, así como la fauna que depende de él.

752. Junto con dar cuenta del daño ambiental que ya ha sido provocado, en el desarrollo de la presente Resolución se ha acreditado que este daño ambiental ha tenido a una tendencia a incrementarse con el tiempo, lo cual implica que existe actualmente un riesgo de que la superficie afectada se incremente en el corto plazo[158]. En efecto, se ha señalado que las 73 hectáreas en riesgo descritas en el escrito de formulación de cargos corresponden a un área que podría ser afectada en un plazo estimable de tres años.

753. Por último, se ha efectuado una descripción de aquellas acciones que debieran haber sido ejecutadas por la empresa y que no fueron realizadas[159]. Dentro de estas acciones, se ha señalado, se encuentran medidas de corto plazo dentro de las cuales la más básica e importante es interrumpir aquel factor causal que está generando la desecación, es decir, detener la extracción de agua desde el campo de pozos Pantanillo del Proyecto Minero Refugio.

754. Las constataciones realizadas en la Resolución Sancionatoria sobre estas materias implican que el criterio principal para que proceda una sanción no pecuniaria concurre claramente, ya que la importancia del daño configurado exige el cese temporal o definitivo de la operación –al menos en la medida en que ella utilice agua que alimente el Corredor Biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda– con *"(...) el objetivo de detener, eliminar o minimizar los efectos sobre el medio ambiente (...)"*.

755. Adicionalmente, al analizar el beneficio económico que ha sido obtenido por CMM como consecuencia de la infracción, se ha dado cuenta que este asciende a 82.118 UTA, lo cual excede en un amplio margen el tope establecido por la ley para la imposición de multas en el caso de infracciones gravísimas, el cual se limita a 10.000 UTA. Por ende, ninguna sanción pecuniaria podrá equipararse el beneficio económico obtenido, lo cual implica que una sanción de este tipo no podrá constituir un desincentivo ni una retribución real para la conducta infraccional específica.

756. A mayor abundamiento, respecto a la reincidencia, se debe considerar que CMM fue sancionada con fecha 8 de enero de 2014, por la CEA de Atacama. Aunque dicho procedimiento sancionatorio se refirió a la afectación del humedal Pantanillo y, en particular, a la implementación de una específica medida contemplada en la RCA N° 2/94[160], lo cierto es que la infracción verificada se encuentra relacionada a la que ha sido constatada en el presente procedimiento sancionatorio, en la medida en que se refiere al humedal que se encuentra aguas arriba del humedal Valle Ancho. En el procedimiento sancionatorio seguido por la CEA de Atacama se acreditó que la empresa había actuado tardíamente en la implementación de la medida (conexión de los pozos con los humedales), lo cual había contribuido a la desecación del humedal Pantanillo en una proporción que no pudo ser determinada por la CEA de Atacama.

757. Por lo anterior, puede estimarse que se configuran todos los elementos que hacen procedente la imposición de una sanción no pecuniaria a CMM. De las sanciones no pecuniarias que se establecen en el artículo 38 de la LO-SMA, aquella que resulta más adecuada para el impacto ambiental identificado, corresponde a la clausura definitiva del campo de pozos del Proyecto Minero Refugio, en el cual se encuentran los pozos RA-1, RA-2 y RA-3. Esta sanción no sólo

[157] Ver: Capítulo IX.b de la presente Resolución.
[158] Ver: Capítulo IX.a.v de la presente Resolución.
[159] Ver: Capítulo IX.d de la presente Resolución.
[160] Respecto a las diferencias de ambos procedimientos, ver el capítulo VIII.c de la presente Resolución.

se observa como proporcional a la dimensión del daño ambiental, sino que también permite dar certeza respecto de que la principal medida que debe ser adoptada para el inicio de la recuperación del humedal Valle Ancho será ejecutada en forma inmediata y permanente.

758. En virtud de lo recientemente expuesto, estese a lo que resolverá este Superintendente.

RESUELVO:

PRIMERO: Atendido lo expuesto en los considerandos anteriores, así como en los antecedentes del expediente rol D-014-2015, este Superintendente procede a resolver lo siguiente:

a) En relación a la infracción objeto del cargo formulado, consistente en la omisión de ejecutar las acciones necesarias para hacerse cargo de los impactos ambientales no previstos, consistentes en la disminución del nivel freático en la cuenca Pantanillo-Ciénaga Redonda y el consecuente desecamiento de al menos 70 ha. de humedales ubicados en el Complejo Lacustre Laguna del Negro Francisco y Laguna Santa Rosa, y el riesgo inminente de expansión del área afectada a aproximadamente 73 ha. adicionales de humedales, **se sanciona a la Sociedad Contractual Minera Compañía Minera Maricunga con la clausura definitiva del sector de pozos de extracción de agua de la aludida Sociedad (pozos RA-1, RA-2 y RA-3), ubicados en el Corredor Biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, de modo de que el Proyecto Minero Refugio no pueda utilizar en su operación futura aguas que recarguen el acuífero del cual dependen los humedales de aquel Corredor Biológico**, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 38 letra c) de la LO-SMA.

SEGUNDO: Entiéndanse incorporados a la presente Resolución los anexos que indica. Para todos los efectos legales y administrativos, el Anexo N° 1, denominado "Metodología aplicada para determinar variación multitemporal del vigor de la vegetación del humedal Valle Ancho entre los años 1985 y 2015" y el Anexo N° 2, denominado "Metodología utilizada para la determinación de la variación de superficie de los distintos estados de la vegetación del humedal Valle Ancho entre los años 2014 y 2015", a los que se ha hecho mención en la presente Resolución, se entienden formar parte de la misma.

TERCERO: Elévese en consulta al Tribunal Ambiental la sanción aplicada. En virtud de lo dispuesto en el artículo 57 de la LO-SMA, elévese en consulta al Tribunal Ambiental que corresponda la sanción establecida en el literal a) del Resuelvo Primero de la presente Resolución.

CUARTO: Derívese el expediente sancionatorio al Consejo de Defensa del Estado. Derívense todos los antecedentes del expediente Rol D-014-2015 al Consejo de Defensa del Estado, para los fines que se estimen pertinentes.

QUINTO: Póngase este acto en conocimiento del Servicio de Evaluación Ambiental. En virtud de lo dispuesto en la parte considerativa de la presente Resolución y atendida su condición de administrador del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, póngase en conocimiento del Servicio de Evaluación Ambiental el presente acto para los fines que se estimen pertinentes.

SEXTO: Recursos que proceden contra esta resolución y beneficio del inciso final del artículo 56 de la LO-SMA. De conformidad a lo establecido en el párrafo 4° de los Recursos de la LO-SMA, contra la presente resolución procede el recurso de reposición, en el plazo de cinco días hábiles contado desde el día siguiente a la notificación de la resolución, según lo dispone el artículo 55 de la misma Ley. La interposición de este recurso suspenderá el plazo para reclamar de ilegalidad, siempre que se trate de materia por las cuales procede dicho recurso.

Asimismo, ante la presente resolución procede el reclamo de ilegalidad ante el Tribunal Ambiental, dentro del plazo de quince días hábiles, contado desde su notificación, según lo establecido en el artículo 56.

SÉPTIMO: De la prescripción de la sanción. Las sanciones administrativas aplicadas de conformidad a esta ley, prescribirán a los tres años desde la fecha en que la respectiva resolución sancionatoria haya quedado a firme. Esta prescripción se interrumpirá por la notificación del respectivo procedimiento de ejecución o de la formulación de cargos por incumplimiento, según la naturaleza de la sanción aplicada.

OCTAVO: Consignación de la sanción en el Registro Público de Sanciones de la Superintendencia del Medio Ambiente. En virtud de lo establecido en el artículo 58 de la LO-SMA y en el Decreto Supremo N° 31 del Ministerio del Medio Ambiente, del 20 de agosto de 2012, publicado en el Diario Oficial el día lunes 11 de febrero de 2013, que establece el Reglamento del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, y de los Registros Públicos de Resoluciones de Calificación Ambiental y de Sanciones; se instruye que una vez que la presente resolución sancionatoria quede a firme, se proceda a formular la anotación respectiva en el Registro Público de Sanciones de la Superintendencia del Medio Ambiente, en los términos establecidos en los artículos 17 y siguientes del Reglamento.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE

SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE
SUPERINTENDENTE
GOBIERNO DE CHILE

CRISTIÁN FRANZ THORUD
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE

DHE/SRA/RPL

Notifíquese personalmente:

- Sra. Ximena Matas Quilodrán, en representación de Sociedad Contractual Minera Compañía Minera Maricunga, domiciliada en Cerro Colorado N° 5.240, piso 18, Las Condes, Región Metropolitana.

C.C.:

- Sr. Pablo Badenier Martínez, Ministro del Medio Ambiente, San Martín N° 73, Santiago, Región Metropolitana.
- Sr. Juan Ignacio Piña Rochefort, Presidente del Consejo de Defensa del Estado, Agustinas N° 1687, Santiago, Región Metropolitana.
- Sr. Jorge Troncoso Contreras, Director Ejecutivo, Servicio de Evaluación Ambiental, Miraflores N° 222, Piso 19, Santiago, Región Metropolitana.
- Sr. Ángel Sartori Arellano, Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero, Av. Presidente Bulnes N° 140, Santiago.
- Sr. Aarón Cavieres Cancino, Director Ejecutivo de la Corporación Nacional Forestal, Paseo Bulnes N° 285, Santiago.
- Sr. Carlos Estévez Valencia, Director General de Aguas, Morandé N° 59.
- SEREMI del Medio Ambiente, Región de Atacama, Portales N° 830, Copiapó.
- Servicio de Evaluación Ambiental, Región de Atacama, Yerbas Buenas N° 295, Copiapó.
- Fiscalía, Superintendencia del Medio Ambiente.
- División de Fiscalización, Superintendencia del Medio Ambiente.
- División de Sanción y Cumplimiento, Superintendencia del Medio Ambiente.
- Oficina Región de Atacama, Superintendencia del Medio Ambiente.
- Oficina de Partes, Superintendencia del Medio Ambiente.

Expediente Rol N° D-014-2015

ANEXO 1

Metodología aplicada para determinar variación multitemporal del vigor de la vegetación del humedal Valle Ancho entre los años 1985 y 2015

Tabla de Contenidos

1 Presentación *4*

2 Objetivo *4*

2.1 Objetivo general **4**

2.2 Objetivos específicos **4**

3 Materiales y métodos *4*

3.1 Diseño general del análisis **4**

3.2 Materiales **5**

3.2.1 Materiales cartográficos 5

3.2.2 Cobertura digital del humedal Valle Ancho 5

3.2.3 Materiales satelitales 8

3.2.4 Otros insumos 12

3.3 Métodos **12**

3.3.1 Descripción del análisis según criterios del humedal Valle Ancho 12

3.3.2 Pre procesamiento de las imágenes satelitales e insumos vectoriales 13

3.3.3 Procesamiento de datos y obtención se series anuales de vigor por unidad de análisis 17

4 Resultados *23*

4.1 Análisis de tendencia según estadísticos de prueba **23**

5 Bibliografía *25*

6 Apéndices *26*

6.1 Mapas temáticos del vigor de la vegetación entre 1985 y 2015 ..... **26**

6.2 Resultados tabulados de vigor de la vegetación según unidad **35**

Tablas

Tabla 1. *Descripción del tamaño (en píxeles de Landsat 5 y Landsat 7) de las Vegas de Control* 7
Tabla 2. *Características técnicas asociadas a las bandas espectrales de los sensores TM y ETM+* 9
Tabla 3. *Descripción temporal de las imágenes satelitales utilizadas y propósito en análisis* 9
Tabla 4. *Comparación de imágenes utilizadas respecto a otros estudios multitemporales en la zona* 11
Tabla 5. *Vértices de área de estudio en coordenadas UTM, WGS 1984, Huso 19 Sur* 13
Tabla 6. *Factores de corrección radiométrica para los sensores TM y ETM+* 16
Tabla 7. *Descripción de las unidades de análisis espacial para las operaciones de extracción del vigor* 21
Tabla 8. *Valores de pendiente, tendencia, corte del eje* y, $p\ value$ *y significancia (con* $\alpha = 0.05$*) respecto a una tendencia neutra (*$m = 0$*) de las series estudiadas* 23
Tabla 9. *Valores estadístico de prueba t de Student de pendiente de la tendencia entre series (*$\alpha = 0.05$*), utilizando las series comprendidas entre 1985 y 2015.* 24
Tabla 10. *Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [1985,1989]* 36
Tabla 11. *Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [1990,1994]* 37
Tabla 12. *Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [1995,1999]* 38
Tabla 13. *Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [2000,2004]* 39
Tabla 14. *Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [2005,2009]* 40
Tabla 15. *Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [2010,2015]* 41

Figuras

Figura 1. *Insumo cartográfico Cobertura Digital Cartográfica del humedal Valle Ancho según muestreo realizado por CONAF en octubre de 2014 sin ajuste espacial fino* 6
Figura 2. *Periodos de cobertura temporal del Programa Landsat de observación terrestre* 8
Figura 3. *Cobertura digital del HUMEDAL Vale Ancho con ajuste espacial fino.* 14
Figura 4. *Cobertura digital del HUMEDAL Valle Ancho homologada* 15
Figura 5. *Diagrama de operaciones utilizadas para la corrección del fenómeno de bandeo en sensor ETM+ posterior a 2003* 19
Figura 6. *Diagrama de ejemplo del proceso de corrección de para imágenes SLC-off en sensor ETM+* 20
Figura 7. *Diagrama de ejemplo de operación zonal para la obtención de estadísticos descriptivos de una unidad geográfica definida* 22
Figura 8. *Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [1985,1988]* 27
Figura 9. *Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [1989,1992]* 28
Figura 10. *Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [1993,1996]* 29
Figura 11. *Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [1997,2000]* 30
Figura 12. *Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [2001,2004]* 31
Figura 13. *Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [2005,2008]* 32
Figura 14. *Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [2009,2012]* 33
Figura 15. *Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [2013,2015]* 34

Expresiones matemáticas

Expresión 1. *Media ponderada de las vegas de control que genera el valor del índice SAVI para categoría Control según observación* 7
Expresión 2. *Vectores de desplazamiento de ajuste espacial fino de coberturas digitales según banda pancromática del sensor ETM+* 13
Expresión 3. *Corrección radiométrica para la obtención de la radiancia por banda* 16
Expresión 4. *Obtención de la reflectancia espectral al tope de la atmósfera* 16
Expresión 5. *Modelo de iluminación solar* 17
Expresión 6. *Algoritmo de corrección topográfica* 17
Expresión 7. *Índice SAVI (para sensor TM o ETM+)* 18

1 Presentación

El presente anexo describe los aspectos metodológicos y resultados del análisis multitemporal aplicado del vigor de la vegetación del humedal Valle Ancho y los humedales adyacentes entre los años 1985 y 2015, realizado mediante técnicas de percepción remota, identificando las tendencias generales y particulares.

2 Objetivo

2.1 Objetivo general

Analizar, mediante técnicas de percepción remota, el comportamiento multitemporal del vigor de la vegetación del humedal Valle Ancho y los humedales adyacentes, con el fin de identificar las tendencias generales y particulares, los momentos en que ocurren cambios y detectando procesos de recuperación y degradación.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el vigor de la vegetación de todos los humedales estudiados y sus partes para cada año entre el año 1985 y 2015.
- Homologar las series temporales de manera que los resultados sean comparables a nivel temporal y geográfico.
- Determinar las diferencias en las tendencias y los momentos en que se detectan cambios en el humedal Valle Ancho respecto a humedales de control.

3 Materiales y métodos

3.1 Diseño general del análisis

El diseño metodológico del análisis correspondió a un análisis de series temporales del vigor vegetacional de varios humedales presentes en el Corredor Biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, Región de Atacama, medido por el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI), con énfasis en el humedal Valle Ancho y sus sub-unidades. Para la comparación de las respectivas series temporales se consideraron los valores promedio de cada muestra y sub-muestra del universo de píxeles presentes en el área, a partir de los cuales se infirió la representación de todo el grupo de valores para cada año.

Se usaron 31 escenas (una anual) provenientes de los sensores TM y ETM+ de los satélites *Landsat* 5 y 7, respectivamente, con el fin de estudiar series temporales robustas estadísticamente. Todas las imágenes corresponden al periodo estival asociado al periodo enero-febrero, para así eliminar el efecto del ciclo fenológico anual de la vegetación sobre los resultados de vigor de los humedales.

Cabe destacar que los humedales se dividieron en humedales afectados (humedal Valle Ancho, principal objeto de estudio), tres (3) humedales de control y otros humedales de referencia (humedal Quebrada de Villalobos y humedal Pantanillo). Al respecto, para la selección de los humedales de control se consideró que: (a) están alimentados por acuíferos laterales independientes al principal; (b) se localizan a altitudes semejantes al humedal Valle Ancho; (c) son cercanos e incluso contiguos al acuífero principal; y (d) no tienen régimen de alimentación glacial

Para captar de mejor manera la complejidad del humedal Valle Ancho, éste se subdividió en distintas zonas, de acuerdo a dos criterios: (a) de fragmentación: Zona Norte, Zona Oeste y Zona Sur; y (b) según estado de vegetación, de acuerdo a Informe CONAF 2015[1]: (1) Activa; (2) Semi seca y; (3) Seca.

Las series temporales fueron comparadas en función de su tendencia lineal, calculada por el método de mínimos cuadrados. La significancia de las pendientes de las líneas de tendencia fue determinada al 95% de confianza. Se consideraron los siguientes aspectos estadísticos del vigor: (a) la tendencia (ascendente o descendente) de cada pendiente a través de los años y; (b) la significancia de dichas tendencias. En tanto, para determinar la diferencia entre pares de humedales (por ejemplo, afectado vs controles) se hizo un análisis de significancia de dicha diferencia.

3.2 Materiales

A continuación se describen los insumos utilizados para la elaboración del análisis, detallando las fuentes y características necesarias para la comprensión completa del análisis y sus alcances.

3.2.1 Materiales cartográficos

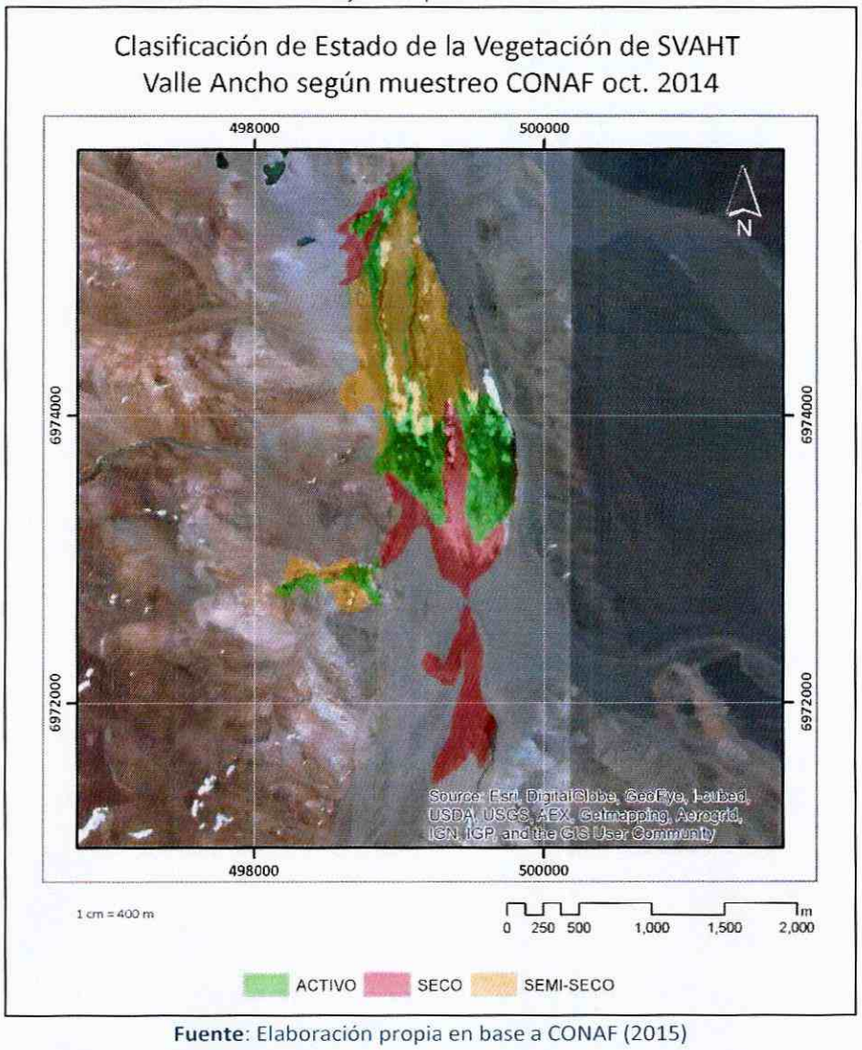
El presente análisis, al ser desarrollado mediante técnicas de percepción remota, utilizó imágenes satelitales que cubren completamente el área de estudio, las que luego de ser procesadas según se describe en los métodos, permiten obtener los valores del índice de vigor de la vegetación para cada píxel. Considerando que el objetivo es generar series temporales del comportamiento de distintos sistemas de vegetación dentro del área de estudio, se vuelve determinante contar con coberturas digitales cartográficas que describan la ubicación, extensión y forma de dichos humedales para luego extraer el conjunto de valores asociados a los pixeles que intersectan espacialmente con cada humedal, obteniendo los estadísticos descriptivos del comportamiento de los objetos de interés para cada año y permitir así su análisis. De esta forma los insumos cartográficos corresponden a las coberturas digitales de los humedales analizados, los cuales se detallan a continuación.

3.2.2 Cobertura digital del humedal Valle Ancho

Se utilizó como información de referencia la distribución espacial del humedal Valle Ancho en base al levantamiento del estado del mismo, generado por la CONAF elaborado en terreno en la primavera del año 2014, en el marco del Informe CONAF 2015, que generó como producto una cobertura digital cartográfica de alta precisión en formato de datos geográficos *Keyhole Markup Language* (*.kml) (ver cobertura original en Figura 1). Esta cobertura presenta además información sobre los estados de la actividad de la vegetación en tres categorías clasificadas espacialmente; a saber: (1) Vegetación Activa, (2) Vegetación en estado Semi Seco y (3) Vegetación Seca. Estas clasificaciones, junto con las unidades que componen el humedal, permiten el análisis de las partes que configuran el objeto de estudio.

[1] Of. Ord. N°17/2015 de la Corporación Nacional Forestal de Atacama, de fecha 22 de enero de 2015. En dicho oficio se hace referencia al Informe Técnico denominado "Estado de Humedales de Pantanillo y Valle Ancho" de enero de 2015, el cual se acompaña como Anexo.

Figura 1. Insumo cartográfico Cobertura Digital Cartográfica del humedal Valle Ancho según muestreo realizado por CONAF en octubre de 2014 sin ajuste espacial fino



Fuente: Elaboración propia en base a CONAF (2015)

Cabe señalar que el estudio desarrollado por CONAF considera 4 unidades que componen el humedal Valle Ancho, sin embargo, para el desarrollo de este análisis se contó con la disponibilidad de la cobertura digital de solo tres de estas unidades, dejando fuera la unidad denominada BN-04-SE-01 en la zona Sur-Oeste del humedal (ver referencia en Imagen N° 2 de la Resolución Sancionatoria, dicha unidad representa una superficie de 7.1 hectáreas, lo que representa un 3.05% de la superficie total del humedal Valle Ancho (de una superficie de 233.1 há según Informe CONAF 2015).

3.2.2.1 Coberturas digitales de otros humedales incorporados en este análisis

Con el objetivo de establecer criterios de contraste del comportamiento del vigor del humedal Valle Ancho se utilizaron los siguientes humedales cercanos al objeto estudiado.

3.2.2.1.1 Humedales de control

Se tomó en consideración el documento "Plan de Seguimiento para la Recuperación Vega Pantanillo" presentado por la compañía minera Kinross en noviembre de 2012. El "Programa de Seguimiento de las Vegas en la Zona" incluido dentro del referido documento, propuso utilizar tres vegas cercanas como controles del comportamiento natural por cambios climáticos y otros factores ajenos a las operaciones de bombeo de las compañías mineras presentes en la zona.

Además, el autor de dicho documento señala que pese a estar en el sistema de drenaje del corredor biológico, éstas se encuentran a mayor altura y son alimentadas por drenajes laterales aguas arriba y no dependen del acuífero aluvial donde se ubican las actividades de bombeo de aguas. Por último se verificó que dichos humedales no cuentan con un régimen de alimentación glacial, dependiendo del aporte anual de precipitación. En virtud de lo anterior se utilizaron estas tres vegas para cumplir la función de control en la comparación de las series temporales de este análisis.

La cobertura digital de estos humedales no se encuentra detallada en el documento de la compañía Kinross por lo que se optó por la búsqueda en fuentes oficiales. De este modo, la cobertura digital publicada en el marco del Proyecto Catastro Nacional de Humedales, desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente y el Centro de Ecología Aplicada, fue la fuente utilizada para el pre procesamiento en relación con la obtención de los resultados de los índices de vegetación a nivel de controles.

Cabe señalar que, observando la cobertura digital, se advierte que las unidades de control señaladas son, en general, muy pequeñas para evaluar su comportamiento por medio de imágenes satelitales como las utilizadas en este análisis (píxeles representados por vega en la ***Tabla 1***). En base a lo anterior se propuso generar valores de índice de vegetación que sinteticen el comportamiento total de las tres unidades, por medio del cálculo de la media ponderada del índice de vegetación, dada por la ***Expresión 1***. Adicionalmente se realizó un análisis de los controles respecto a la media ponderada del conjunto, con el fin de evaluar si su comportamiento individual posee tendencias distintas a la tendencia general.

Tabla 1. Descripción del tamaño (en píxeles de Landsat 5 y Landsat 7) de las Vegas de Control

Código	Nombre	Píxeles en *Landsat*
CO-K-Orien	Control Lateral Oriente	59
CO-K-PN	Control Lateral Pantanillo Norte	86
CO-K-2Po	Control Lateral Poniente	23

Fuente: Elaboración propia

Expresión 1. Media ponderada de las vegas de control que genera el valor del índice SAVI para categoría Control según observación

$$SAVI_i^{control} = \frac{59}{168} SAVI_i^{CO-K-Orien} + \frac{86}{168} SAVI_i^{CO-K-PN} + \frac{23}{168} SAVI_i^{CO-K-2Po}$$

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.1.2 Humedal Pantanillo

Se consideró evaluar el comportamiento del humedal Pantanillo, debido a su cercanía con el humedal Valle Ancho y el conocimiento existente respecto a procesos de degradación, con objeto de contar con criterios de referencia respecto a cómo interpretar los procesos de degradación asociados a Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres usando índices de vegetación.

Según el Informe SAG 2013 esta vega presentó, en octubre de 2013, muerte completa de la totalidad de la vegetación a lo largo de toda su extensión, mientras que el horizonte orgánico (primeros 30 cm) se encontró seco.

Para su estudio espacial se procedió a consultar el Catastro Nacional de Humedales, del Ministerio del Medio Ambiente.

3.2.2.1.3 Humedal Quebrada Villalobos

Adicionalmente se incluyó en el análisis multitemporal al humedal Quebrada Villalobos, con el fin de contar con elementos de análisis adicionales de cuerpos de vegetación Azonal que se encuentren próximos al humedal Valle Ancho. Su inclusión es relevante, puesto que existen estudios en profundidad sobre su comportamiento, que permiten enriquecer el análisis territorial. En este caso, Quebrada Villalobos posee el estudio "Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada de Villalobos, altiplano Región de Atacama", el cual ha sido descrito en la Resolución Sancionatoria.

En tanto, para su estudio espacial se procedió a consultar la cobertura digital generada en el marco del estudio citado, disponible en formato ESRI *Shapefile* (*.shp)**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

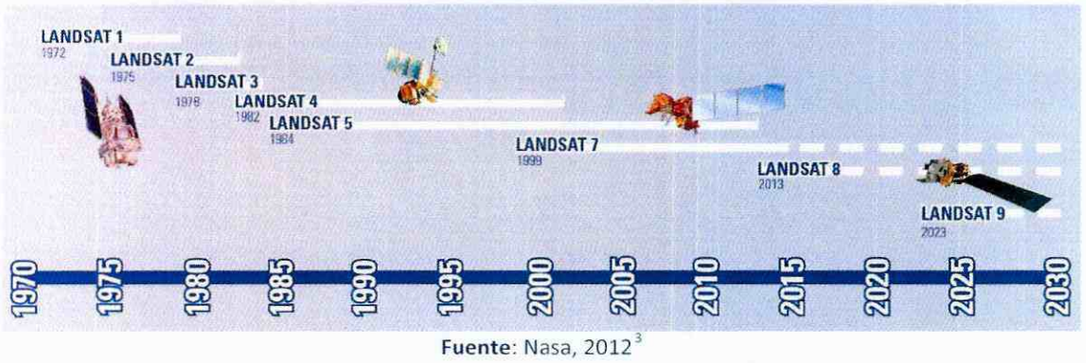
3.2.3 Materiales satelitales

3.2.3.1 Imágenes multi-espectrales

La información de origen satelital utilizada para el cálculo del vigor de la vegetación de los sistemas de vegetación año a año fue obtenida desde la plataforma virtual de la *United States Geological Survey* (USGS)[2], que ofrece diferentes tipos de productos de teledetección de forma gratuita para el estudio de los sistemas naturales.

Desde las plataformas de la USGS se encuentran disponibles imágenes que corresponden a diversas misiones de observación terrestre, sin embargo, la que mejor se ajusta a los propósitos de este análisis es la misión corresponde al Programa *Landsat*, que ofrece de manera continua imágenes de alta resolución desde el año 1972 (*Landsat* 1) hasta la fecha (*Landsat* 7 y LDCM o *Landsat* 8), según se describe en la **Figura 2**.

Figura 2. Periodos de cobertura temporal del Programa Landsat de observación terrestre



Fuente: Nasa, 2012[3]

Cada una de estas misiones posee un instrumento específico para el escaneo espectral de la superficie de la tierra, los cuales son capaces de observar la superficie terrestre en distintos rangos radiométricos. Para los análisis multitemporales es necesario que estos rangos se encuentren homologados. De este modo se optó por utilizar las imágenes que entregan las misiones *Landsat* 5 y *Landsat* 7, que portan los sensores *Thematic Mapper* © y *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), respectivamente, ya que permiten obtener, de manera continua, desde el año 1985 hasta la actualidad, capturas cada 16 días de un mismo punto del planeta. Además los sensores TM y ETM+ poseen para las bandas 3 (Rojo) y 4 (Infra rojo cercano) una resolución espectral comparable

[2] Disponible en: http://www.usgs.gov
[3] Disponible en: http://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/news/landsat-history.html

(USGS, 2016), siempre que se realicen los pre-procesamientos necesarios para obtener la reflectancia corregida topográficamente (ver ***Tabla 2***).

Tabla 2. Características técnicas asociadas a las bandas espectrales de los sensores TM y ETM+

Banda y denominación	Longitud de onda sensor TM [μm]	Longitud de onda sensor ETM+ [μm]	Resolución espacial (metros)
Banda 3 – Rojo	0.63-0.69	0.63-0.69	30
Banda 4 – Infra Rojo Cercano	0.77-0.90	0.76-0.90	30

Fuente: Elaboración propia en base a USGS (2016)

De este modo, para la realización de este análisis se utilizaron 35 imágenes para observar 31 años[4] de comportamiento anual de los Sistemas de Vegetación Azonal, utilizando los sensores TM y ETM+, todas correspondientes al cuadrante operacional Fila 233 – Columna 79 del programa Landsat. En la ***Tabla 3*** siguiente se describen los parámetros temporales de las imágenes utilizadas. Cabe señalar que se utilizaron imágenes correspondientes a los primeros días de febrero, o en su defecto, a la fecha más cercana que contara con una imagen de buena calidad, vale decir, sin nubosidad y sin anomalías de *bandeo*[5], esta consideración permite minimizar la variaciones del vigor asociadas a ciclo fenológico anual de la vegetación.

Tabla 3. Descripción temporal de las imágenes satelitales utilizadas y propósito en análisis

Año	Nombre USGS	Año + día juliano	Captura	Sensor	Objetivo
1985	LT52330791985025XXX03	1985025	25-01-1985	TM	Índice Vegetación
1986	LT52330791986028CUB01	1986028	28-01-1986	TM	Índice Vegetación
1987	LT52330791987015XXX09	1987015	15-01-1987	TM	Índice Vegetación
1988	LT52330791988050CUB00	1988050	19-02-1988	TM	Índice Vegetación
1989	LT52330791989020CUB00	1989020	20-01-1989	TM	Índice Vegetación
1990	LT52330791990055CUB00	1990055	24-02-1990	TM	Índice Vegetación
1991	LT52330791991058CUB00	1991058	27-02-1991	TM	Índice Vegetación
1992	LT52330791992061CUB00	1992061	01-03-1992	TM	Índice Vegetación
1993	LT52330791993047CUB00	1993047	16-02-1993	TM	Índice Vegetación
1994	LT52330791994034CUB00	1994034	03-02-1994	TM	Índice Vegetación
1995	LT52330791995005CUB00	1995005	05-01-1995	TM	Índice Vegetación
1996	LT52330791996056CUB00	1996056	25-02-1996	TM	Índice Vegetación
1997	LT52330791997026CUB02	1997026	26-01-1997	TM	Índice Vegetación
1998	LT52330791998045COA00	1998045	14-02-1998	TM	Índice Vegetación
1999	LT52330791999048CUB00	1999048	17-02-1999	TM	Índice Vegetación
2000	LT52330792000051CUB00	2000051	20-02-2000	TM	Índice Vegetación
2001	LT52330792001037COA00	2001037	06-02-2001	TM	Índice Vegetación
2002	LT52330792002056CUB00	2002056	25-02-2002	TM	Índice Vegetación
2003	LE72330792003035AGS01	2003035	04-02-2003	ETM+	Índice Vegetación
2004	LT52330792004046COA00	2004046	15-02-2004	TM	Índice Vegetación

[4] Cuatro (4) de dichas imágenes fueron utilizadas para llenar los vacíos de información de las imágenes del sensor ETM+ de Landsat 7 desde su fallo el 31 de mayo de 2003. Ver Tabla 3 para identificar las imágenes de apoyo y corrección. Proceso de corrección se describe en punto 3.3.3.2.

[5] Este fenómeno de *bandeo* no es eludible en el caso de imágenes provenientes del sensor ETM+ posteriores al año 2003, considerando esta situación se realizó un proceso de corrección según se explica en los Métodos (3.3).

Año	Nombre USGS	Año + día juliano	Captura	Sensor	Objetivo
2005	LT52330792005048COA00	2005048	17-02-2005	TM	Índice Vegetación
2006	LT52330792006035COA00	2006035	04-02-2006	TM	Índice Vegetación
2007	LT52330792007054CUB00	2007054	23-02-2007	TM	Índice Vegetación
2008	LT52330792008041CUB01	2008041	10-02-2008	TM	Índice Vegetación
2009	LT52330792009043COA02	2009043	12-02-2009	TM	Índice Vegetación
2010	LT52330792010014COA02	2010014	14-01-2010	TM	Índice Vegetación
2011	LT52330792011033CUB00	2011033	02-02-2011	TM	Índice Vegetación
2012	LE72330792012044EDC00	2012044	13-02-2012	ETM+	Índice Vegetación
	LE72330792012060EDC00	2012060	29-02-2012	ETM+	Complemento bandeo de imagen 13-02-2012
2013	LE72330792013046CUB00	2013046	15-02-2013	ETM+	Índice Vegetación
	LE72330792013030CUB00	2013030	30-01-2013	ETM+	Complemento bandeo de imagen 15-02-2013
2014	LE72330792014049CUB00	2014049	18-02-2014	ETM+	Índice Vegetación
	LE72330792014033CUB00	2014033	02-02-2014	ETM+	Complemento bandeo de imagen 18-02-2014
2015	LE72330792015036CUB00	2015036	05-02-2015	ETM+	Índice Vegetación
	LE72330792014353CUB01	2014353 (verano 2015)	19-12-2014 (verano 2015)	ETM+	Complemento bandeo de imagen 05-02-2015

Fuente: Elaboración propia

Además, con el fin de evitar problemas de interpretación e inconsistencias con otros estudios, estas imágenes corresponden a las mismas capturas utilizadas por el Informe Biota 2015, a excepción de la captura correspondiente al año 2010 donde se detectaron problemas de *bandeo.* En la Tabla 4 se detallan las diferencias de días asociadas a otros estudios multitemporales existentes en el área de estudio.

Tabla 4. Comparación de imágenes utilizadas respecto a otros estudios multitemporales en la zona

Año	Imágenes utilizadas en este análisis		SAG 2013		BIOTA 2015		Diferencia de días con SAG (2013)	Diferencia de días con Biota (2015)
	Captura	Sensor	Captura	Sensor	Captura	Sensor		
1985	25-01-1985	TM	Fuera del rango del estudio		25-01-1985	TM	No aplica	**0**
1986	28-01-1986	TM			28-01-1986	TM	No aplica	**0**
1987	15-01-1987	TM			15-01-1987	TM	No aplica	**0**
1988	19-02-1988	TM			19-02-1988	TM	No aplica	**0**
1989	20-01-1989	TM			20-01-1989	TM	No aplica	**0**
1990	24-02-1990	TM			24-02-1990	TM	No aplica	**0**
1991	27-02-1991	TM			27-02-1991	TM	No aplica	**0**
1992	01-03-1992	TM			01-03-1992	TM	No aplica	**0**
1993	16-02-1993	TM			16-02-1993	TM	No aplica	**0**
1994	03-02-1994	TM			03-02-1994	TM	No aplica	**0**
1995	05-01-1995	TM	26-03-1995	TM	05-01-1995	TM	80	**0**
1996	25-02-1996	TM	12-03-1996	TM	25-02-1996	TM	16	**0**
1997	26-01-1997	TM	11-02-1997	TM	26-01-1997	TM	16	**0**
1998	14-02-1998	TM	02-03-1998	TM	14-02-1998	TM	16	**0**
1999	17-02-1999	TM	17-02-1999	TM	17-02-1999	TM	0	**0**
2000	20-02-2000	TM	07-03-2000	TM	20-02-2000	TM	16	**0**
2001	06-02-2001	TM	10-03-2001	TM	06-02-2001	TM	32	**0**
2002	25-02-2002	TM	29-03-2002	TM	25-02-2002	TM	32	**0**
2003	04-02-2003	ETM+	08-03-2003	TM	04-02-2003	ETM+	32	**0**
2004	15-02-2004	TM	15-02-2004	TM	15-02-2004	TM	0	**0**
2005	17-02-2005	TM	05-03-2005	TM	17-02-2005	TM	16	**0**
2006	04-02-2006	TM	20-02-2006	TM	04-02-2006	TM	16	**0**
2007	23-02-2007	TM	11-03-2007	TM	23-02-2007	TM	16	**0**
2008	10-02-2008	TM	26-02-2008	TM	10-02-2008	TM	16	**0**
2009	12-02-2009	TM	16-03-2009	TM	12-02-2009	TM	32	**0**
2010	14-01-2010	TM	19-03-2010	TM	15-02-2010	TM	64	**32**
2011	02-02-2011	TM	06-03-2011	TM	02-02-2011	TM	32	**0**
2012	13-02-2012	ETM+	Fuera del rango de estudio		13-02-2012	ETM+	No aplica	**0**
2013	15-02-2013	ETM+			15-02-2013	ETM+	No aplica	**0**
2014	18-02-2014	ETM+			18-02-2014	ETM+	No aplica	**0**
2015	05-02-2015	ETM+			Fuera del rango de estudio		No aplica	**No aplica**

Fuente: Elaboración propia en base a SAG (2013) y Biota (2015)

3.2.3.2 Modelo Digital de Elevación

Otro insumo satelital relevante corresponde al Modelo Digital de Elevación (MDE), útil para las correcciones topográficas de las bandas 3 y 4 de los sensores TM y ETM+ en la etapa de pre-procesamiento. El insumo utilizado corresponde al MDE de alta resolución generado en el marco del proyecto ASTER *Global Digital Elevation Model* (ASTER GDEM)[6].

[6] Disponible en: http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp

3.2.4 Otros insumos

Para el procesamiento de los insumos cartográficos y satelitales se utilizó la *suite* de *software ArcGis* (ESRI) versión 10.2 y el complemento de herramientas *Spatial Analyst* 10.2 para ArcGis. Para el desarrollo de los estadísticos de prueba se utilizó el ambiente de desarrollo integrado R 3.2.3 y la librería de análisis *Forecast.*

3.3 Métodos

3.3.1 Descripción del análisis según criterios del humedal Valle Ancho

A continuación se describen los criterios utilizados para evaluar geográficamente las unidades involucradas en el humedal Valle Ancho, con el fin de obtener resultados con un nivel de detalle superior al alcanzable evaluando toda la superficie del humedal como una cobertura homogénea.

3.3.1.1 Análisis por cobertura según unidades fraccionadas del humedal Valle Ancho

Se subdividió al humedal Valle Ancho en 3 superficies aisladas, Zona Norte, Zona Oeste y Zona Sur, con el fin de identificar espacialmente el origen y la intensidad detallada de los fenómenos de cambio del vigor de la vegetación. La nomenclatura utilizada para esta fragmentación corresponde a:

VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur

3.3.1.2 Análisis por cobertura de tipos de estado de la vegetación de humedal Valle Ancho

Según lo descrito en Informe CONAF 2015, respecto a las categorías de estado generadas en el levantamiento en terreno realizado en la primavera del 2014, se identificaron tres niveles de estado del humedal Valle Ancho (**Figura 1**), los cuales corresponden a las categorías "Activa", "Semi seca" y "Seca", donde:

Activa: Cuando se presenta humedad en el suelo existen estructuras aéreas (tallos y hojas) turgentes en distintas tonalidades de verde, además se consideró como activa la presencia de actividad reproductiva a través de flores.

Semi seca: Identificadas cuando existe decoloración, asociada a tonos de color café, para aquellas estructuras que debiesen ser o fueron de color verde, y cuando existe escasa humedad en el suelo o ausencia de actividad reproductiva a través de flores, según especie.

Seca: Identificadas cuando existen individuos muertos a nivel de estructuras aéreas y secas a nivel de sus raíces o en estado de descomposición. En cuanto a los colores, se las identificó con tonalidades mixtas de café y amarillo, dependiendo de las especies.

3.3.2 Pre procesamiento de las imágenes satelitales e insumos vectoriales

3.3.2.1 Homologación de insumos

En esta etapa se prepararon los datos de entrada mencionados en el ítem de Insumos con el fin de estandarizar las coberturas, a nivel de estructura lógica y formato y a nivel espacial, evitando así errores operativos e incongruencias en el desarrollo del procesamiento para la obtención de las series temporales y sus análisis. Los pasos realizados para esta homologación se focalizaron en estandarización de formatos, extensión del análisis, sistema de referencia espacial, ajuste espacial de coberturas, resolución espacial y métodos de *resampling*. La secuencia de procesos realizada a los insumos es la siguiente:

1 Transformación de elementos vectoriales a formato ESRI *Shapefile* (*.shp), si corresponde.
2 Se estandarizaron los insumos al sistema de coordenadas proyectadas UTM, *Datum* WGS 1984, Huso 19 Sur.
3 Se realizó un proceso de ajuste espacial fino de las coberturas vectoriales, tomando como referencia la banda 7 (pancromática) del sensor ETM+ (resolución espacial de 15 m.), se utilizó una escena del mismo año asociado a la creación de la cobertura a la cual se le realiza el ajuste espacial (proceso detallado en Expresión 2).
4 Extracción de píxeles de coberturas *raster* según área de estudio (ver Tabla 5).
5 *Rasterización y Resampling* de las coberturas vectoriales y del Modelo Digital de Elevación (MDE) a resolución espacial de 30 metros, en relación a la resolución espacial de los insumos satelitales utilizados de la misión *Landsat* 5 y *Landsat* 7 (ver **Figura 3**).
6 Extracción de los píxeles con valores cero ($Value \geq 0$) y saturados ($Value \leq 256$).
7 Generación de máscara auxiliar para la automatización del proceso de pre procesamiento.

Expresión 2. Vectores de desplazamiento de ajuste espacial fino de coberturas digitales según banda *pancromática del sensor ETM+*

$$\Delta\vec{r} = \begin{cases} SVAHT\ Valle\ Ancho & = & -24.684\vec{\imath}\ [m] - 46.701\vec{\jmath}\ [m] \\ Humedales\ de\ Control & \begin{cases} Oriente & = & -28.399\vec{\imath}\ [m] - 33.417\vec{\jmath}\ [m] \\ P.Norte & = & -40.246\vec{\imath}\ [m] - 21.170\vec{\jmath}\ [m] \\ Poniente & = & -31.750\vec{\imath}\ [m] - 27.781\vec{\jmath}\ [m] \end{cases} \\ SVAHT\ Pantanillo & = & -55.563\vec{\imath}\ [m] - 41.143\vec{\jmath}\ [m] \\ SVAHT\ Q.Villalobos & = & -28.106\vec{\imath}\ [m] - 12.290\vec{\jmath}\ [m] \end{cases}$$

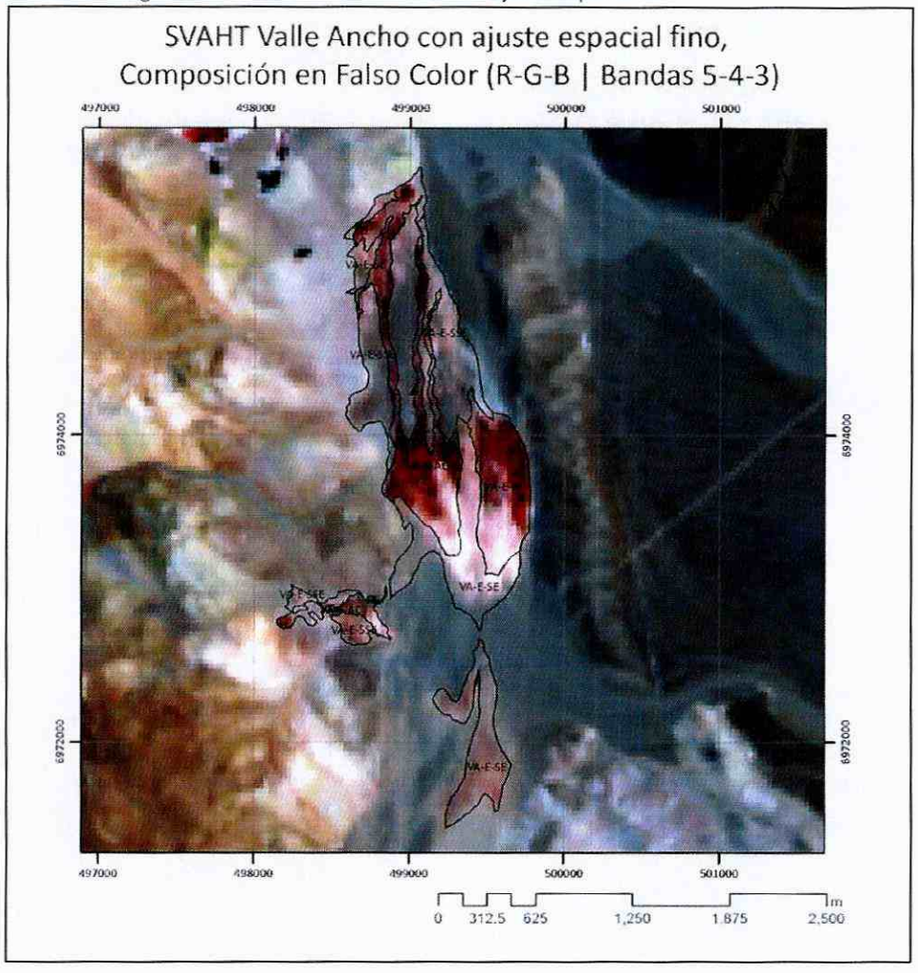
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Vértices de área de estudio en coordenadas UTM, WGS 1984, Huso 19 Sur

	X [m]	Y [m]
Vértice 1	490119.4647	7000110.43
Vértice 2	505359.4647	7000110.43
Vértice 3	490119.4647	6957990.43
Vértice 4	505359.4647	6957990.43

Fuente: Elaboración propia

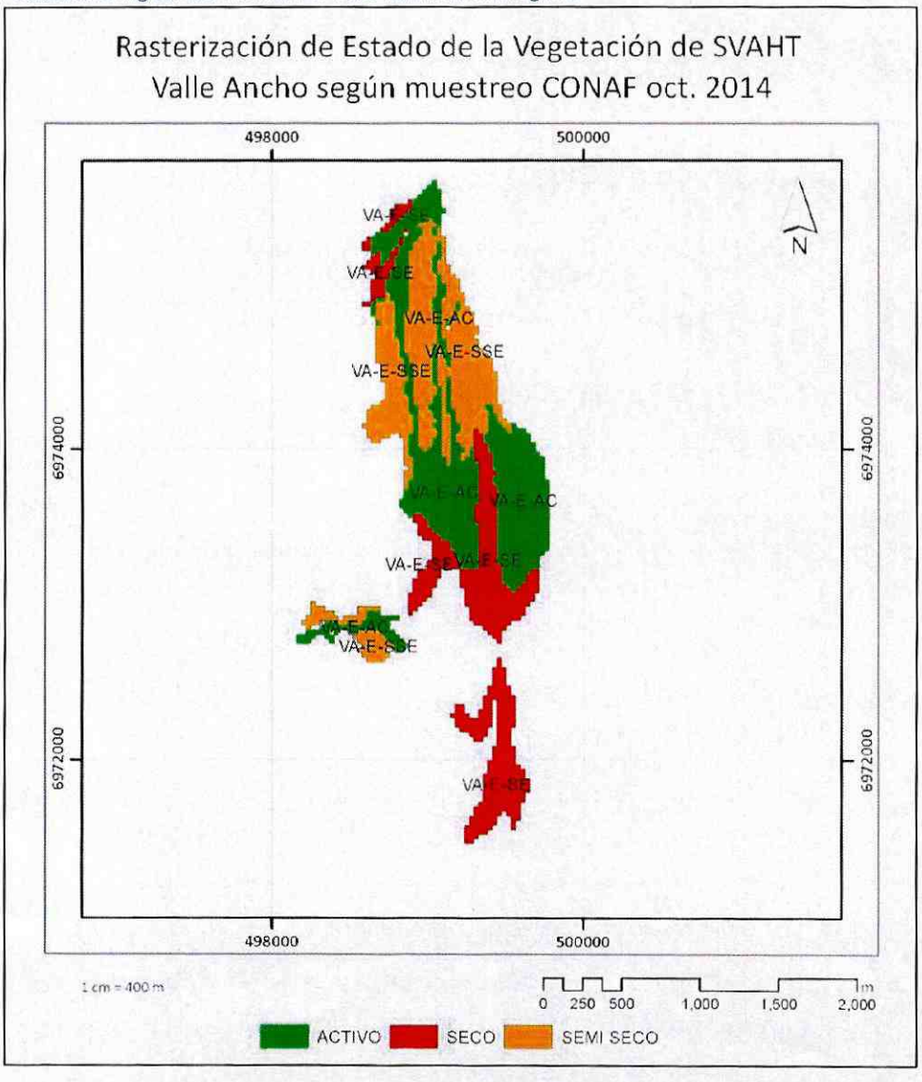
Figura 3. Cobertura digital del HUMEDAL Vale Ancho con ajuste espacial fino[7].



Fuente: Elaboración propia

[7] Para contar con una referencia espacial para el ajuste lineal se utilizó una imagen de la misión *Landsat* cercana a la fecha de creación de cada cobertura, en el caso de humedal Valle Ancho se utilizó una imagen del sensor OLI (*Landsat* 8) del 25 de noviembre de 2014.

Figura 4. Cobertura digital del HUMEDAL Valle Ancho homologada[8]



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2 Obtención de *reflectancia* corregida

Los siguientes pasos describen las etapas de pre procesamiento de las bandas de las imágenes satelitales utilizadas para obtener la *reflectancia* para las bandas Rojo (banda 3) e Infrarrojo Cercano (banda 4), obtenidas por los sensores TM y ETM+. Cabe señalar que este procedimiento es un requisito toda vez que se realiza un análisis espacial por medio de sensores remotos pasivos cuya observación depende de la iluminación solar que es devuelta desde las superficies estudiadas al sensor (Chuvieco, 2002).

3.3.2.2.1 Corrección radiométrica

Este procedimiento se utilizó para obtener la *radiancia* por banda a partir de los valores expresados en niveles digitales (DN) entregados por el distribuidor de imágenes. Para esto se utilizó la ***Expresión 3***.

[8]Para la obtención de esta cobertura homologada se utilizó un proceso de rasterización en base al criterio asignación de categoría a una celda cuando el polígono intersecta con el centro de la celda.

Expresión 3. Corrección radiométrica para la obtención de la radiancia por banda

$$\rho\lambda' = M_L * Q_{cal} + A_L \left[\frac{Watts}{m^2 * srad * \mu m}\right]$$

Fuente: USGS, 2015

Dónde:

$\rho\lambda'$ = *Radiancia* espectral (al tope de la atmósfera, TOA)
M_L = Factor de re-escala multiplicativo *radiancia*
A_L = Factor de re-escala aditivo *radiancia*
Q_{cal} = Valor calibrado del pixel (DN)

Los valores de corrección radiométrica utilizados corresponden a los publicados en los metadatos de las imágenes utilizadas, las cuales se describen en la ***Tabla 6***.

Tabla 6. Factores de corrección radiométrica para los sensores TM y ETM+

Sensor	Parámetro	Banda 3 (Rojo)	Banda 4 (Infra rojo cercano)	Unidades
TM	Rango espectral	0.63 – 0.69	0.77 – 0.90	μm
	M_L o $G_{rescale}$	1.043976	0.876024	$(W/m^2 * sr * m)/DN$
	A_L o $B_{rescale}$	-2.21	-2.39	$W/(m^2 * sr * m)$
	$ESUN_\lambda$	1536	1031	$W/(m^2 * m)$
ETM + (Modo baja ganancia)	Rango espectral	0.63 – 0.69	0.77 – 0.90	μm
	M_L o $G_{rescale}$	0.94252	0.969291	$(W/m^2 * sr * m)/DN$
	A_L o $B_{rescale}$	-5.94	-6.07	$W/(m^2 * sr * m)$
	$ESUN_\lambda$	1533	1039	$W/(m^2 * m)$

Fuente: Elaboración propia en base a parámetros calculados por Chander et al. (2009)

3.3.2.2.2 Obtención de la *reflectancia* espectral al tope de la atmósfera

En base a la información disponible de los ángulos de elevación solar en los metadatos de cada una de las imágenes utilizadas (ver ***Tabla 3***) es posible obtener la *reflectancia* espectral al tope de la atmósfera de cada escena utilizando la ***Expresión 4***.

Expresión 4. Obtención de la reflectancia espectral al tope de la atmósfera

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{sen\,(\theta_e)}$$

Fuente: USGS, 2015

Dónde:

$\rho\lambda$ = *Reflectancia* espectral (al tope de la atmósfera, TOA)
$\rho\lambda'$ = *Radiancia* espectral (al tope de la atmósfera, TOA)
θ_e = Ángulo de elevación solar (°)

3.3.2.2.3 Corrección topográfica

Para la obtención de índices comparables entre distintos momentos de un mismo lugar es necesario que las *reflectancias* de las superficies observadas se encuentren corregidas topográficamente, con el fin de que el ángulo de incidencia del sol no genere confusiones de interpretación de la *reflectancia* espectral de las superficies. Para esta corrección se utilizan los valores de azimut solar (°) y la elevación solar (°), y los valores del MDE que permiten obtener la pendiente y la orientación de la pendiente del terreno. Para corregir topográficamente una

superficie se requiere contar con un modelo de iluminación dado por el coseno del ángulo de incidencia solar (Ley de Lambert, descrita por Verhoeven (1996)), para esto se utilizó la ***Expresión 5*** descrita por Colbi (1991).

Expresión 5. Modelo de iluminación solar

$$Cos(i) = Cos(\theta_s) * Cos(\theta_n) + Sen(\theta_s) * Sen(\theta_n) * Cos(\phi_s - \phi_s)$$

Fuente: Colbi, 1991

Donde:

$Cos(i)$ = Coseno ángulo de incidencia
θ_s = Ángulo cenital solar
θ_n = Pendiente de la superficie
ϕ_s = Azimut solar
ϕ_n = Orientación de la superficie

Luego, con esta información es posible aplicar el algoritmo de corrección topográfica propuesto por Teillet *et al.* (1982) representado en la siguiente ***Expresión 6***.

Expresión 6. Algoritmo de corrección topográfica

$$\rho'\lambda = \rho\lambda \left[\frac{Cos(v) + \frac{b}{m\prime}}{Cos(i) + \frac{b}{m\prime}} \right]$$

Fuente: Teillet et al., 1982

Donde:

ρ'_λ = *Reflectancia* corregida topográficamente

ρ_λ = *Reflectancia* obtenida en base a la ***Expresión 4***

$Cos(v)$ = Coseno para una superficie horizontal

$Cos(i)$ = Valor del modelo de iluminación obtenido en base a la ***Expresión 5***

$b\ y\ m'$ = Valores obtenidos de la regresión lineal $\rho_\lambda = m'Cos(i) + b$, usando mínimos cuadrados entre la *reflectancia* de cada banda espectral y el modelo de iluminación

3.3.3 Procesamiento de datos y obtención se series anuales de vigor por unidad de análisis

A continuación se describe el conjunto de pasos de procesamiento de insumos, afín de desarrollar los elementos necesarios para analizar los objetivos descritos en el numeral 2 de este Anexo.

3.3.3.1 Selección y estimación de índice de Vigor de la Vegetación por escena

Con el fin de estimar el vigor de la vegetación por medio del procesamiento de imágenes satelitales multitemporales se optó por la utilización del Índice Ajustado al Suelo de Vegetación (*Soil-adjusted Vegetation Index*, SAVI), el cual es útil para comparar la intensidad de la actividad de la vegetación (Huete, 1988).

Cabe señalar que este índice pertenece a una familiar de índices destinados a contrastar la actividad de la vegetación, sin embargo, se ha optado por el uso de SAVI, en lugar de otros índices como el NDVI, por ser un indicador que busca minimizar el efecto de las variaciones en las propiedades ópticas del suelo en la respuesta espectral de la capa vegetacional (Gilabert *et al.*,

2002), sobre todo donde la porción de suelo descubierto es relevante en el área de estudio (superficie de categoría Seca, en este caso). Gracias a este índice se adiciona un factor de corrección "L" que neutraliza las variaciones observadas producto del sustrato.

Este índice utiliza las bandas espectrales asociadas al espectro del Infrarrojo cercano" (banda 4, sensor TM y ETM+) y el espectro del "rojo" (banda 3, sensor TM y ETM+), el factor "L" es variable según el área de estudio, sin embargo, generalmente se aplica un factor de corrección con un valor de 0.5, que ajusta el índice NDVI, cuando se trata de áreas de estudio con vegetación de densidad intermedia (Gilabert *et al.*, 2002), como es el caso de los parches de vegetación activa en el humedal Valle Ancho. Desde este modo la expresión para el índice SAVI sería la siguiente:

Expresión 7. Índice SAVI (para sensor TM o ETM+)

$$SAVI = \frac{\rho'_{\lambda 4} - \rho'_{\lambda 3}}{\rho'_{\lambda 4} + \rho'_{\lambda 3} + L} * (1 + L)$$

Fuente: Huete, 1988

Donde:

$SAVI$ = Valor del Índice Ajustado al Suelo de Vegetación para cada píxel.

$\rho'_{\lambda 4}$ = *Reflectancia* corregida topográficamente (***Expresión 6***) de la banda 4

$\rho'_{\lambda 3}$ = *Reflectancia* corregida topográficamente (***Expresión 6***) de la banda 3

L = Factor de corrección ($L = 0.5$) aplicado al caso de estudio

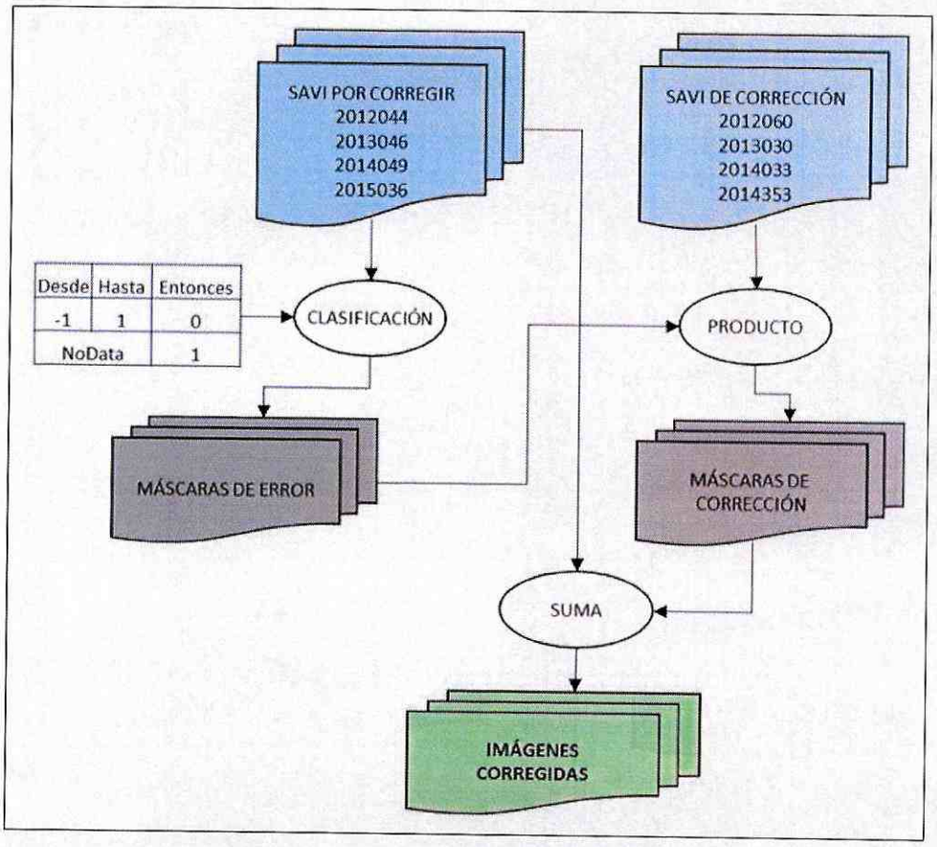
3.3.3.2 Corrección de índices SAVI construidos con imágenes ETM+, *SLC-off* para escenas posteriores al 31 de mayo del año 2003

El siguiente procedimiento consistió en solucionar los problemas de vacíos de información presentes en las imágenes provenientes del sensor ETM+, posteriores al 31 de mayo del año 2003. Según Storey *et al.* (2009), este fenómeno ocurre debido a la falla de un instrumento denominado *Scan Line Corrector* (SLC), montado en el satélite *Landsat 7*, lo que generó que las capturas del sensor perdieran aproximadamente el 22% de la cobertura de una escena normal, vacíos que se distribuyen en forma de líneas de ancho variable, independientes del cuadrante operacional y que no tienen incidencia en el rendimiento radiométrico de los píxeles vecinos (Chander *et al.*, 2009).

En el caso de este análisis, los humedales estudiados requieren de manera ineludible el uso de imágenes con este fenómeno (escena 2012, 2013, 2014 y 2014) debido al término de la vida útil del satélite *Landsat 5* a mediados de 2011. En todos los años mencionados ocurre que estas líneas vacías omiten información de uno o más de los humedales observados.

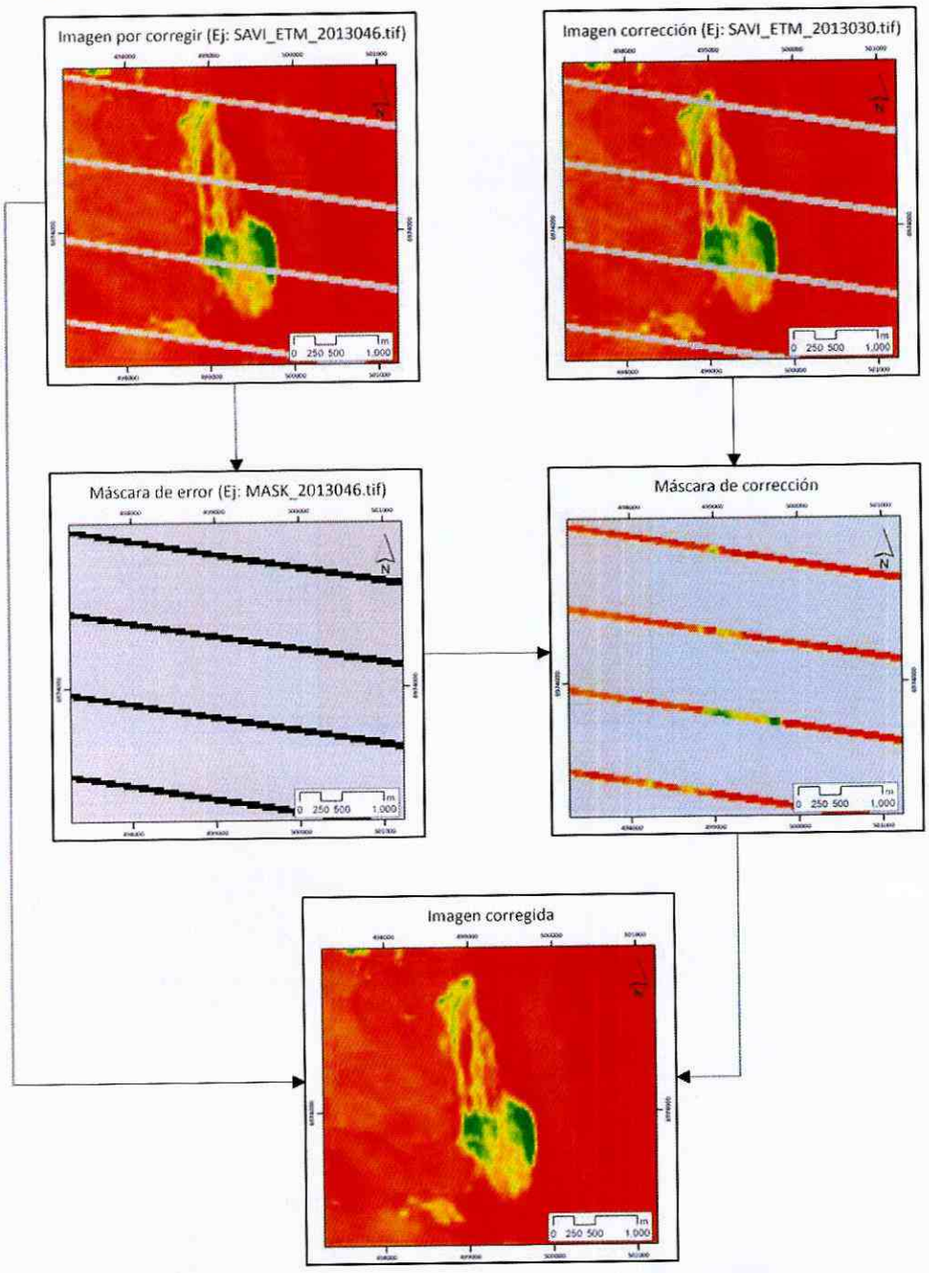
Se procedió a generar un procedimiento de llenado de la información vacía sobre las imágenes SLC-off procesadas de SAVI, para esto se utilizaron escenas más cercanas temporalmente a las que se desea corregir, tal como se señala en la Tabla 3, previniendo que los vacíos de información no se superpusieran espacialmente. El procedimiento consistió en generar una máscara de error (vacíos de información) de la imagen a corregir y generar una máscara de corrección que extraiga los valores de Vigor de la imagen cercana para la corrección, finalmente se generó un proceso de adición entre la máscara de corrección y la imagen a corregir. Esquemáticamente se muestra el procedimiento descrito conceptualmente en la Figura 5 y espacialmente ejemplificado en la Figura 6.

Figura 5. Diagrama de operaciones utilizadas para la corrección del fenómeno de bandeo en sensor ETM+ posterior a 2003



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Diagrama de ejemplo del proceso de corrección de para imágenes SLC-off en sensor ETM+



Fuente: Elaboración propia

3.3.3.3 Unidades de análisis

Como se mencionó en el numeral 3.1, se consideraron seis humedales (ver ***Tabla 7***), uno objetivo del análisis (Valle Ancho), tres de control y dos de referencia (Pantanillo y Quebrada de Villalobos). En particular, el humedal Valle Ancho fue subdividido –dada su complejidad y por ser el elemento primordial de este análisis- siguiendo dos criterios: (a) fragmentación geográfica; y (b) clasificación zonal según estado de vegetación (Informe CONAF 2015). Entonces, del área global de Valle Ancho (VA-GEN) se desprenden de acuerdo a criterio (a) las sub-unidades Valle Ancho Norte, Valle Ancho Oeste y Valle Ancho Sur, mientras que según el criterio (b) se han considerado las sub-unidades Valle Ancho Activo, Valle Ancho Semi seco y Valle Ancho Seco. Para el caso de los controles, se optó por agruparlos en un solo elemento, dado el pequeño tamaño individual de los mismos. Como también fue mencionado, estos humedales de control fueron criteriosamente

escogidos (argumentado en numeral 3.2.2.1.1) cumpliendo con los criterios estándar para ser calificados como control, primero, y como una agrupación, segundo, dada su similitud.

El humedal Pantanillo fue considerado como unidad de referencia del proceso de degradación, considerando estudio multitemporal del Informe SAG 2013, mientras que el humedal Quebrada de Villalobos fue considerado como referencia de comportamiento estable, considerando el estudio multitemporal desarrollado por el Informe SAG Villalobos 2014.

Tabla 7. Descripción de las unidades de análisis espacial para las operaciones de extracción del vigor

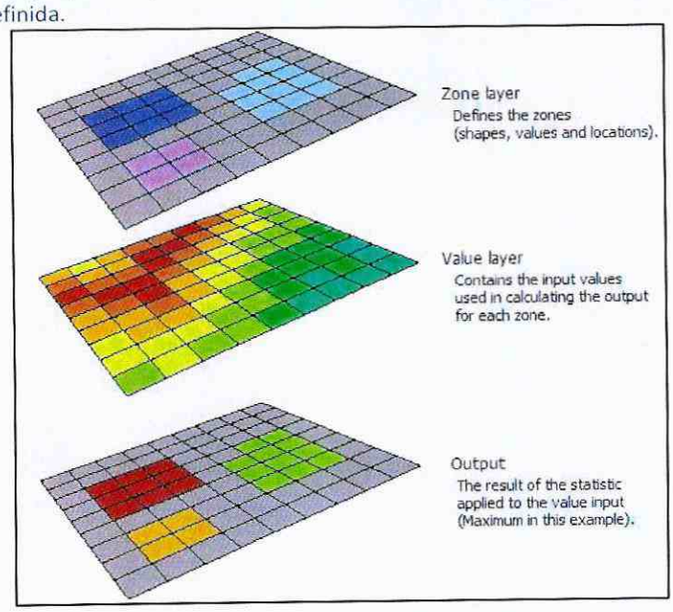
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Há.]
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57
CONTROL	CONTROL	168	15.12
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31
CO-K-PN	Control Pantanillo Norte	86	7.74
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.4 Extracción de series multitemporales de índices de vigor (SAVI) por unidad de análisis

Para interpretar los resultados del vigor de la vegetación se desarrollaron operaciones estadísticas zonales sobre las imágenes procesadas del índice SAVI (3.3.3.1 y 3.3.3.2) utilizando las unidades descritas en la ***Tabla 7*** como áreas de extracción de información de los píxeles circunscritos a dichas superficies. De este modo se obtuvieron los valores promedio de SAVI para cada unidad y cada año, a la vez se obtuvieron los valores de desviación estándar para conocer la homogeneidad de las coberturas y evaluar la dispersión de los píxeles según unidad, calculando los intervalos de confianza de casa serie.

Figura 7. Diagrama de ejemplo de operación zonal para la obtención de estadísticos descriptivos de una unidad geográfica definida.



Fuente: ESRI[9]

[9] Extraída desde URL: http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.2/index.html#//009z000000wt000000

4 Resultados

Los resultados principales son presentados en el cuerpo de la Resolución Sancionatoria. En los Apéndices del presente documento (Numeral 6) se presentan los mapas del vigor de la vegetación para el área de estudio para las 31 escenas estudiadas (numeral 6.1), mientras que en el numeral 6.2 se exponen los resultados tabulados por unidad y las desviaciones estándar de las series temporales producto de las operaciones zonales.

4.1 Análisis de tendencia según estadísticos de prueba

A continuación se dispone el conjunto de resultados asociados al análisis estadístico de las pendientes (m) de las series temporales de vigor, obtenidas a través de la técnica de optimización lineal de mínimos cuadrados, las que se sometieron a la prueba t de *Student* para discriminar, con niveles de confianza definidos en un 95% de certeza, su diferencia respecto a una tendencia nula $(m = 0)$ y su diferencia respecto a otras series, es decir, se realizó un análisis pendiente a pendiente, afín de complementar el análisis gráfico de las series. Las pruebas consideran dos hipótesis:

- Análisis de significancia de la tendencia: $\begin{cases} H_0: & m_i = 0 \\ H_1: & m_i \neq 0 \end{cases}$
- Análisis de diferencia significativa de tendencia entre series $\begin{cases} H_0: & m_a = m_b \\ H_1: & m_a \neq m_b \end{cases}$

En la ***Tabla 8***, se observa el resultado del análisis estadístico de la tendencia de las unidades estudiadas respecto a una tendencia hipotética nula, con pendiente igual a 0.

Tabla 8. Valores de pendiente, tendencia, corte del eje y, $p\ value$ y significancia (con $\alpha = 0.05$) respecto a *una tendencia neutra ($m = 0$) de las series estudiadas*

Nombre	Código	Pendiente (m)	Intercepto (b)	$p\ value$	Significancia de la tendencia $(\alpha = 0.05)$
Valle Ancho	VA-GEN	7.779E-05	0.154	7.108E-01	No significativo
Valle Ancho – Z. Norte	VA-Z-N	7.843E-04	0.142	4.178E-04	Significativamente ascendente
Valle Ancho – Z. Oeste	VA-Z-O	-1.236E-04	0.132	4.074E-01	No significativo
Valle Ancho – Z. Sur	VA-Z-S	-5.371E-03	0.258	1.060E-10	Significativamente descendente
Valle Ancho – Activo	VA-E-AC	1.272E-03	0.196	1.810E-04	Significativamente ascendente
Valle Ancho – Semiseco	VA-E-SSE	4.429E-04	0.082	9.521E-04	Significativamente ascendente
Valle Ancho – Seco	VA-E-SE	-2.051E-03	0.179	2.791E-07	Significativamente descendente
Pantanillo	Pe-C-Pant	-6.311E-03	0.256	3.988E-14	Significativamente descendente
CONTROL	CONTROL	1.623E-03	0.186	2.020E-06	Significativamente ascendente
Quebrada Villalobos	Co-S-Vil	3.369E-04	0.230	3.260E-01	No significativo

Fuente: Elaboración propia

Los datos presentados en la siguiente ***Tabla 9***, evalúan, por medio del estadístico de prueba, la diferencia de las tendencias entre distintas unidades, se verificó que –con una certeza del 95%- todas las tendencias cruzadas poseen diferentes tipos de pendiente, con la excepción de Valle Ancho general, zona norte y zona oeste, respecto de Quebrada de Villalobos (comportamiento estable) y entre el humedal Pantanillo y el humedal Valle Ancho Zona Sur, donde no se pudieron encontrar diferencias significativas, este último caso permite inferir que el proceso de degradación de Valle Ancho Zona Sur, es similar al del humedal Pantanillo.

Tabla 9. Valores estadístico de prueba t de Student de pendiente de la tendencia entre series ($\alpha = 0.05$), utilizando las series comprendidas entre 1985 y 2015.

	Valle Ancho	Valle Ancho – Z. Norte	Valle Ancho – Z. Oeste	Valle Ancho – Z. Sur	Valle Ancho – Activo	Valle Ancho – Semi seco	Valle Ancho – Seco	Pantanillo	CONTROL	Quebrada Villalobos
	VA-GEN	VA-Z-N	VA-Z-O	VA-Z-S	VA-E-AC	VA-E-SSE	VA-E-SE	Pe-C-Pant	CONTROL	Co-S-Vil
	Pendiente									
	7.78E-05	7.84E-04	-1.24E-04	-5.37E-03	1.27E-03	4.43E-04	-2.05E-03	-6.31E-03	1.62E-03	3.37E-04
	p value									
VA-GEN		3.67E-14 $m_a \neq m_b$	2.32E-02 $m_a \neq m_b$	2.62E-13 $m_a \neq m_b$	4.97E-11 $m_a \neq m_b$	4.17E-02 $m_a \neq m_b$	2.08E-13 $m_a \neq m_b$	2.01E-13 $m_a \neq m_b$	2.14E-12 $m_a \neq m_b$	**3.31E-01**
VA-Z-N			**4.96E-13** $m_a \neq m_b$	**2.09E-13** $m_a \neq m_b$	**1.48E-04** $m_a \neq m_b$	**3.18E-02** $m_a \neq m_b$	**1.13E-13** $m_a \neq m_b$	**3.11E-14** $m_a \neq m_b$	**9.06E-07** $m_a \neq m_b$	**8.36E-02**
VA-Z-O				1.05E-11 $m_a \neq m_b$	2.50E-09 $m_a \neq m_b$	1.43E-04 $m_a \neq m_b$	1.45E-09 $m_a \neq m_b$	2.99E-13 $m_a \neq m_b$	1.34E-11 $m_a \neq m_b$	**1.03E-01**
VA-Z-S					2.42E-14 $m_a \neq m_b$	1.57E-11 $m_a \neq m_b$	8.53E-13 $m_a \neq m_b$	**1.19E-01**	4.04E-15 $m_a \neq m_b$	6.97E-11 $m_a \neq m_b$
VA-E-AC						3.42E-03 $m_a \neq m_b$	8.32E-15 $m_a \neq m_b$	1.24E-13 $m_a \neq m_b$	7.77E-03 $m_a \neq m_b$	1.15E-03 $m_a \neq m_b$
VA-E-SSE							4.38E-09 $m_a \neq m_b$	3.66E-15 $m_a \neq m_b$	4.54E-05 $m_a \neq m_b$	7.17E-01 $m_a \neq m_b$
VA-E-SE								**3.45E-09** $m_a \neq m_b$	**7.58E-16** $m_a \neq m_b$	**4.22E-07** $m_a \neq m_b$
Pe-C-Pant									9.52E-15 $m_a \neq m_b$	6.72E-13 $m_a \neq m_b$
CONTROL										3.68E-07 $m_a \neq m_b$

Fuente: Elaboración propia

5 Bibliografía

Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda. (2015). *Estudio Multitemporal de la Vegetación Azonal Hídrica, Sectores Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda, Informe Final.* Informe Técnico.

Chander, G., Markham, B.L., & Helder, D.L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Enviroment, 113*, 893-903. doi:10.1016/j.rse.2009.01.007

Chuvieco, E. (2002). *Teledetección Ambiental.* Barcelona, España: Ariel Ciencias.

Colby, J. (1991). Topographic Normalization in Rugged Terrain. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 57(5)*, 531-537.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2015). *Informe Técnico de Estado de Humedales, Pantanillo y Valle Ancho en la Región de Atacama.* Ordinario N°017 del 21/01/2015 de la Corporación Nacional Forestal, que responde a la solicitud de pronunciamiento realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, Región de Atacama, Chile.

Gilabert, M., González-Piqueras, J., García-Haro, F.J., & Meliá, J. (2002). A generalized soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment, 82(2-3)*, 303-310.

Huete, A. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment, 25(3)*, 295-309.

Kinross Maricunga (Compañía Minera Maricunga). (2012). *Plan de Seguimiento para la Recuperación de la Vega Pantanillo.*

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). (2012). *Inventario Nacional de Humedales.*

Santer, B.D., Wigley, T.M.L., Boyle, J.S., Gaffen, D.J., Hnilo, J.J., Nychka, D., . . . Taylor, K.E. (2000). Statistical significance of trends and trend differences in layer-average atmospheric temperature time series. *Journal of Geophysical Research, 105(D6)*, 7337-7356.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2013). *Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo. Altiplano Región de Atacama.* Licitación: ID: 612-73-LE13 (AGROSIG), DIPROREN.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2014). *Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada de Villalobos, altiplano Región de Atacama.* DIPROREN.

Storey, J., Scaramuzza, P., & Schmidt, G. (2005). Landsat 7 scan line corrector-off gap filled product devlopment. *PECORA 16 Conference Proceedings*, (págs. 23-27). Sioux Falls, South Dakota.

Teillet, P., Guindon, B., & Goodenough, D. (1982). On the slope-aspect correction of multispectral. *Canadian Journal of Remote Sensing, 8(2)*, 1537-1540.

United States Geological Survey (USGS). (8 de Agosto de 2015). *Using the USGS Landsat 8 Product.* Obtenido de http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php

United States Geological Survey (USGS). (15 de enero de 2016). *Frequently Asked Questions about the Landsat Missions.* Obtenido de http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

Verhoeven, J. (s.f.). Glossary of terms used in photochemistry (IUPAC Recommendations 1996). *Pure and Applied Chemistry, 65, Issue 12*, 2251. doi:10.1351/pac199668122223

6 Apéndices

6.1 Mapas temáticos del vigor de la vegetación entre 1985 y 2015

Se publican los mapas resultantes del proceso de estimación del vigor de la vegetación utilizando el índice SAVI para los 31 años estudiados. El sector del humedal Quebrada de Villalobos (más lejano) no se consideró para la confección de los mapas con el fin que los mapas se representen a una escala geográfica acorde a la visualización del fenómeno estudiado, considerando la mayor parte de las unidades estudiadas.

Mapas de SAVI para los años 1985 a 1988 en la Figura 8

Mapas de SAVI para los años 1989 a 1992 en la Figura 9

Mapas de SAVI para los años 1993 a 1996 en la Figura 10

Mapas de SAVI para los años 1997 a 2000 en la Figura 11

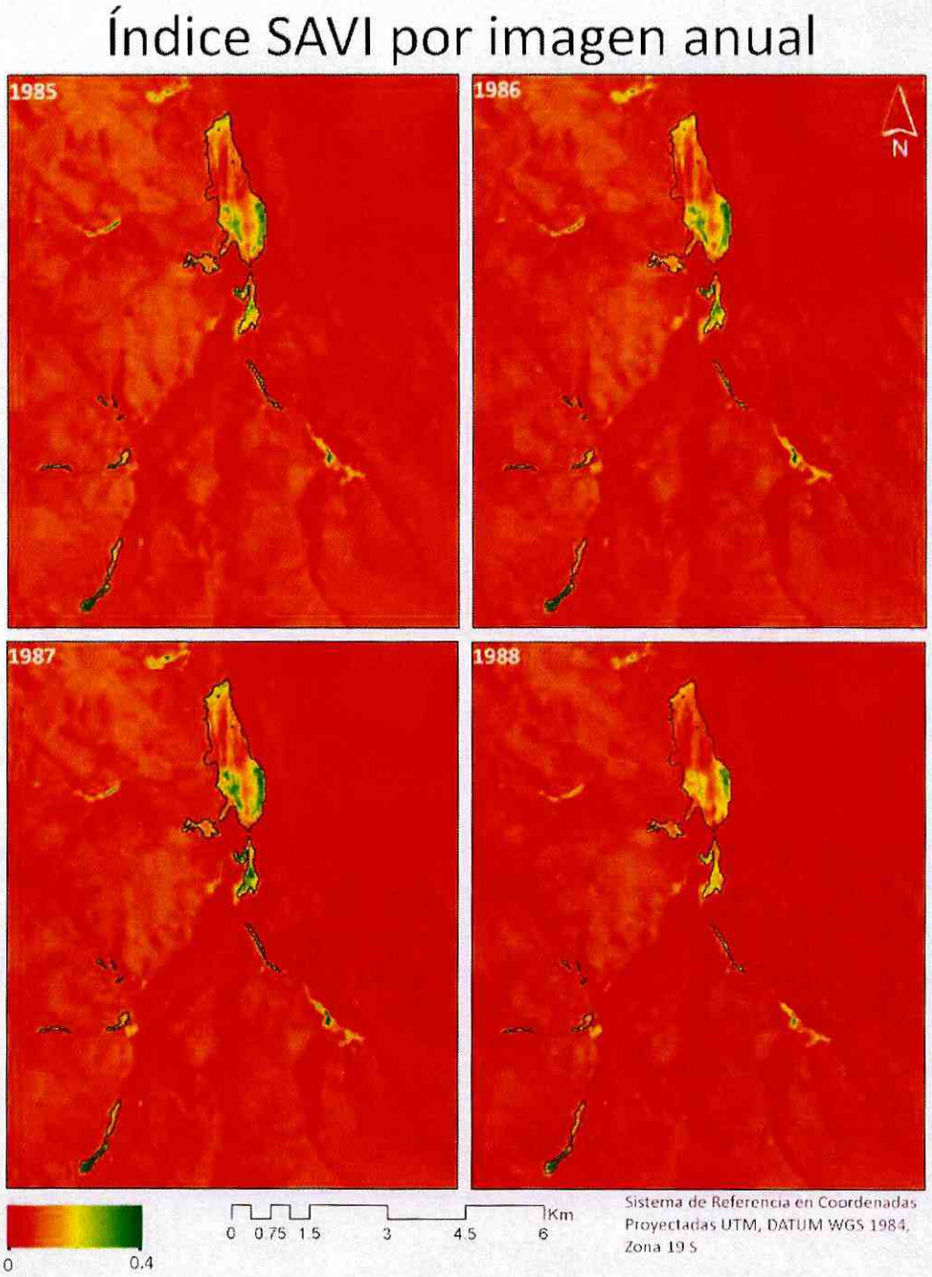
Mapas de SAVI para los años 2001 a 2004 en la Figura 12

Mapas de SAVI para los años 2005 a 2008 en la Figura 13

Mapas de SAVI para los años 2009 a 2012 en la Figura 14

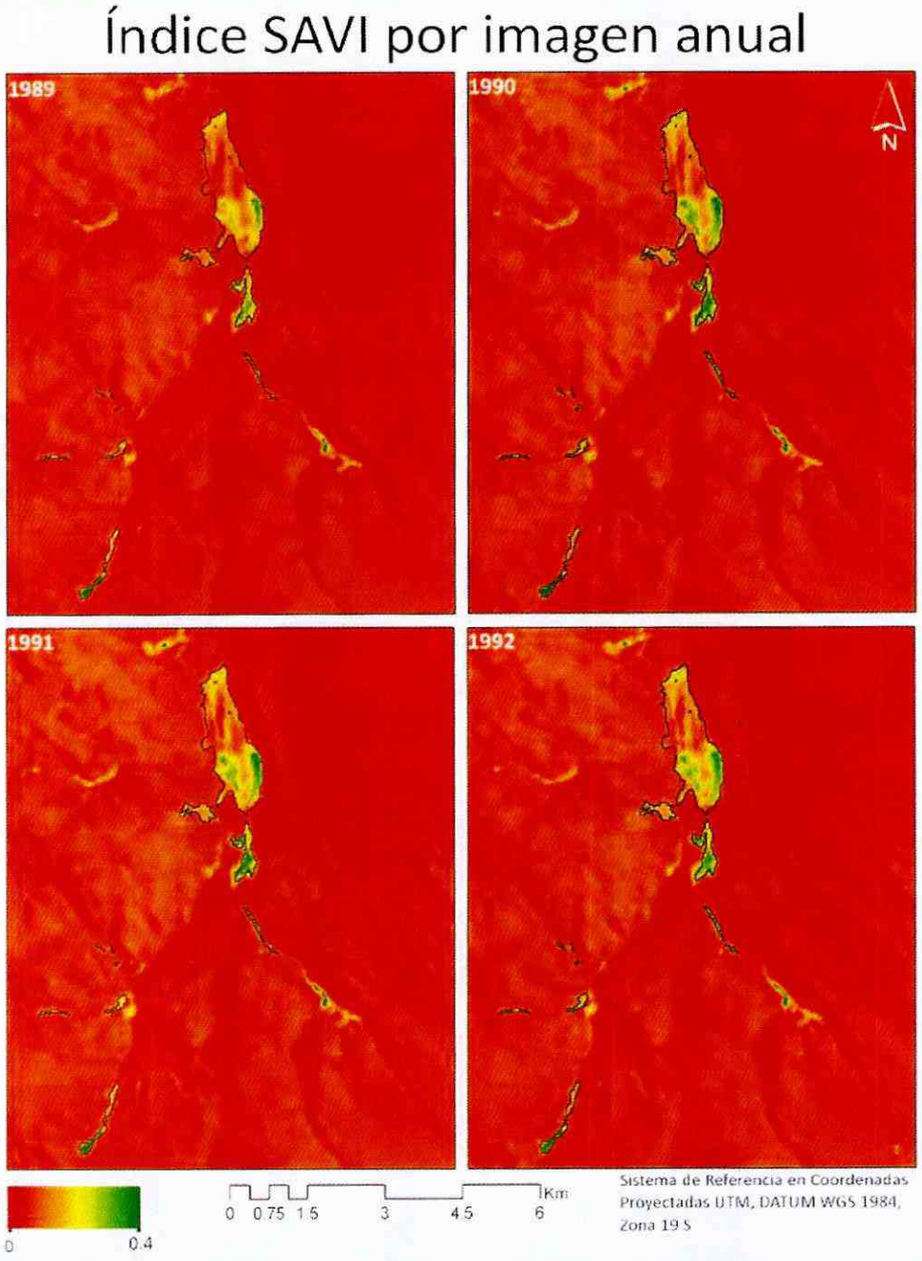
Mapas de SAVI para los años 2013 a 2015 en la Figura 15

Figura 8. Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [1985,1988]



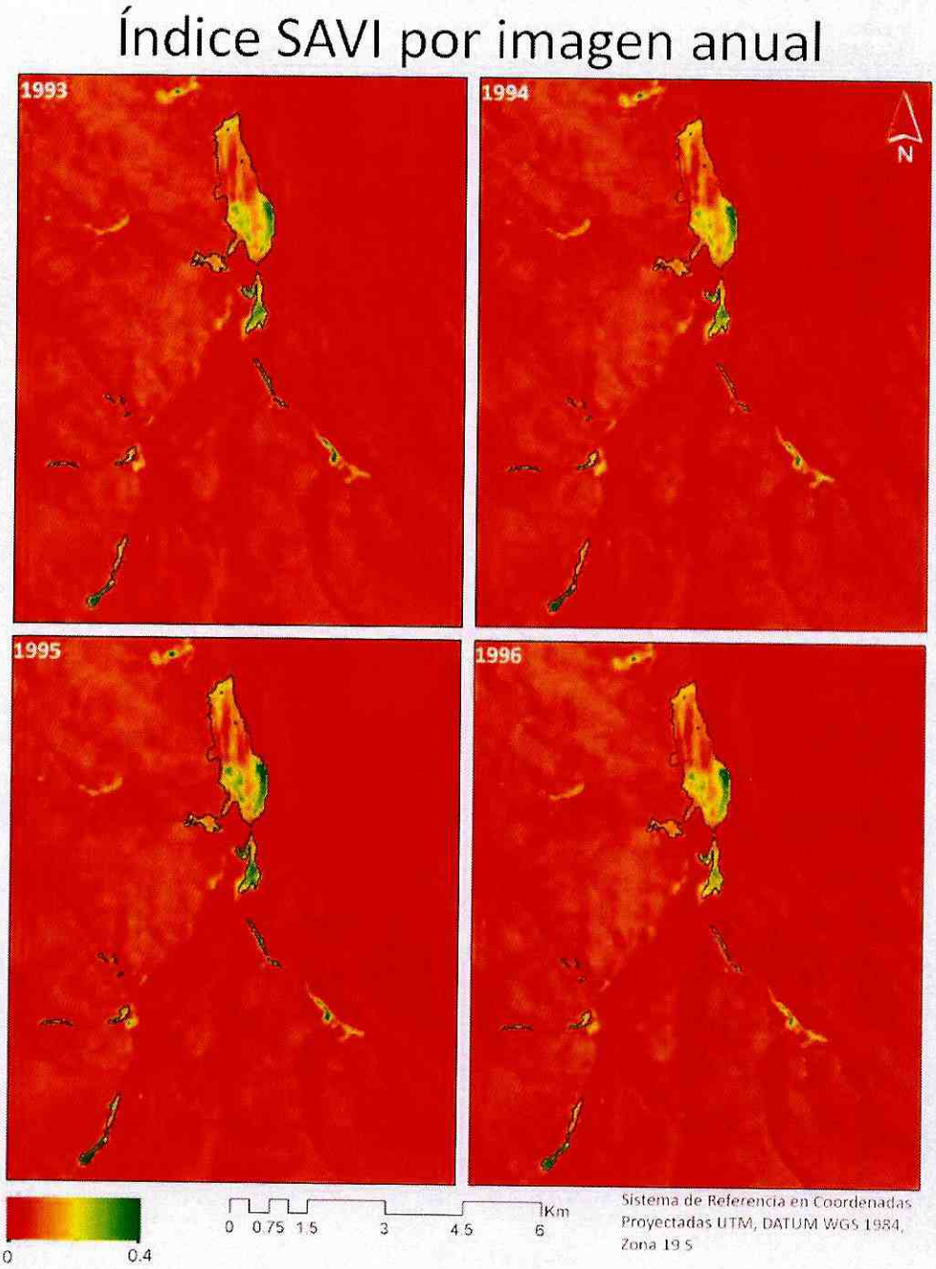
Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [1989,1992]



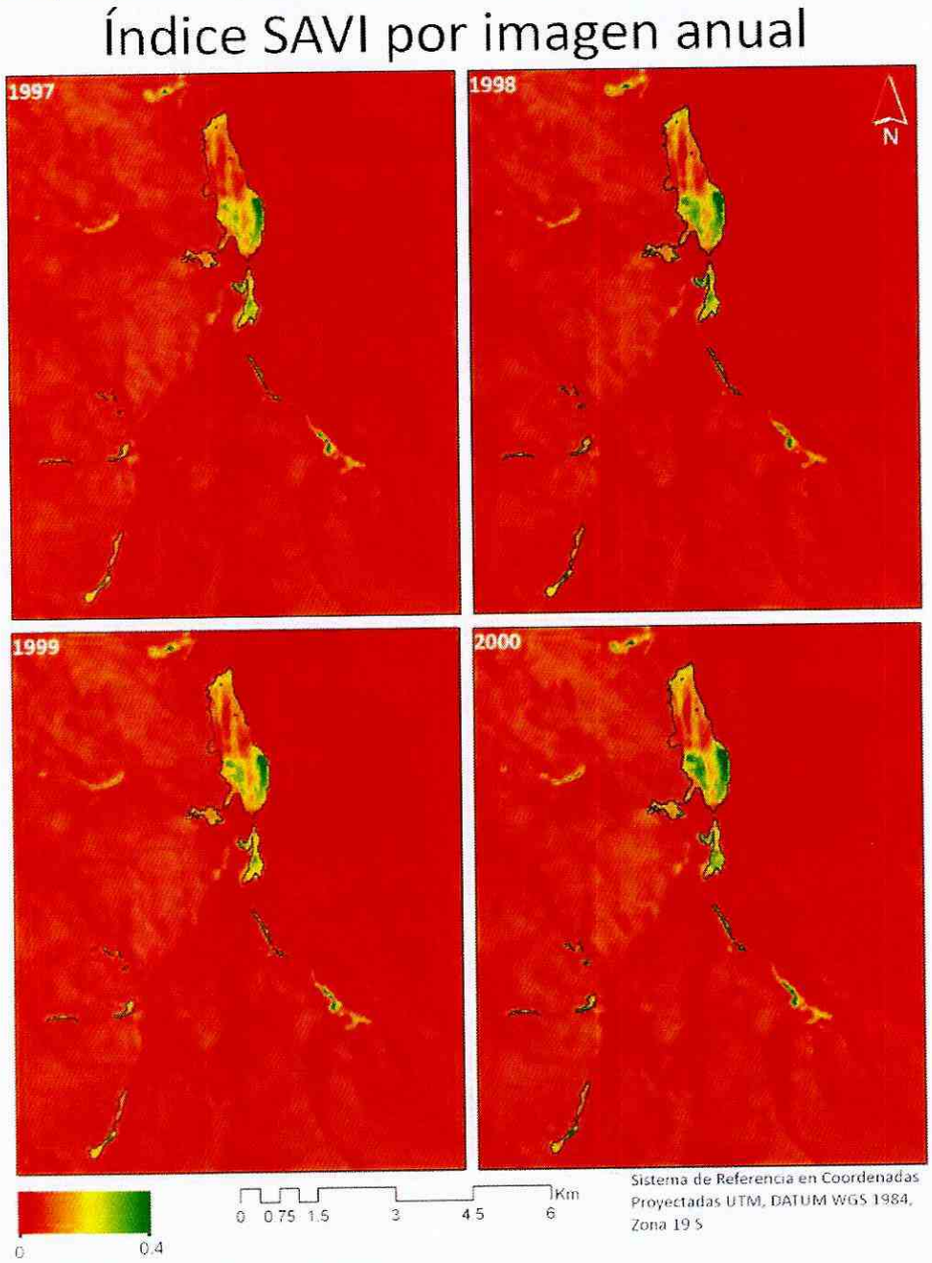
Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [1993,1996]



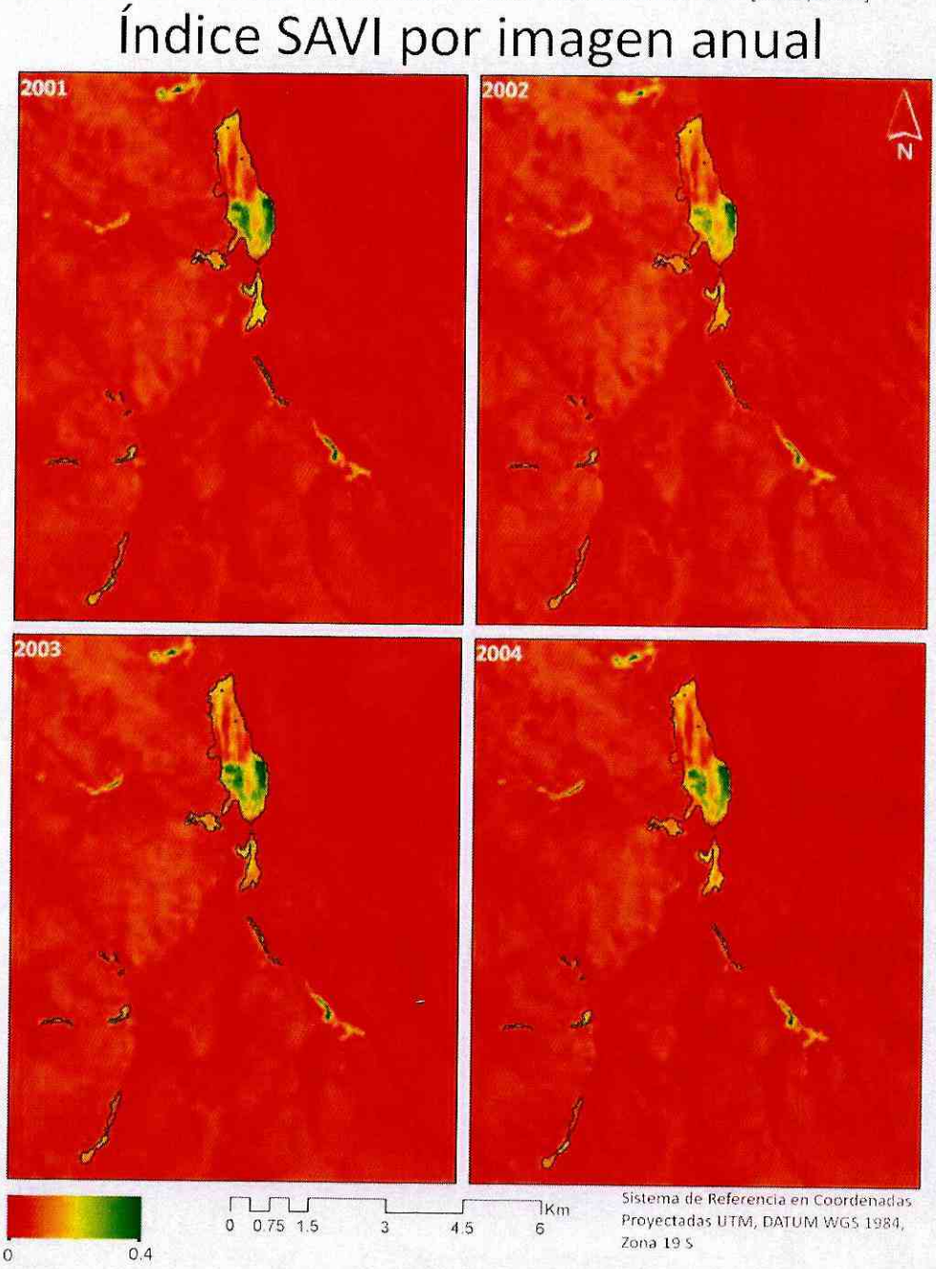
Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [1997,2000]



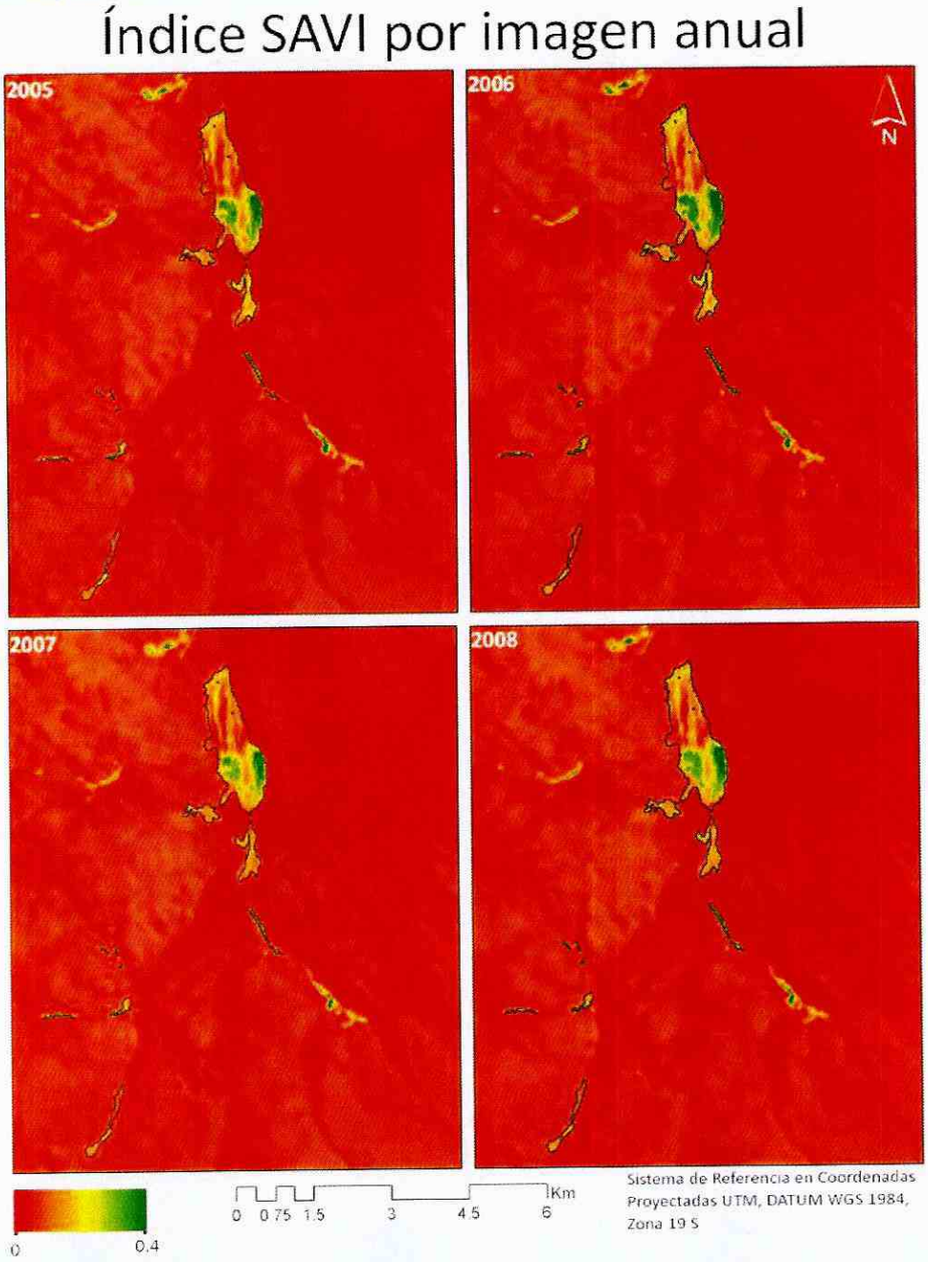
Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [2001,2004]



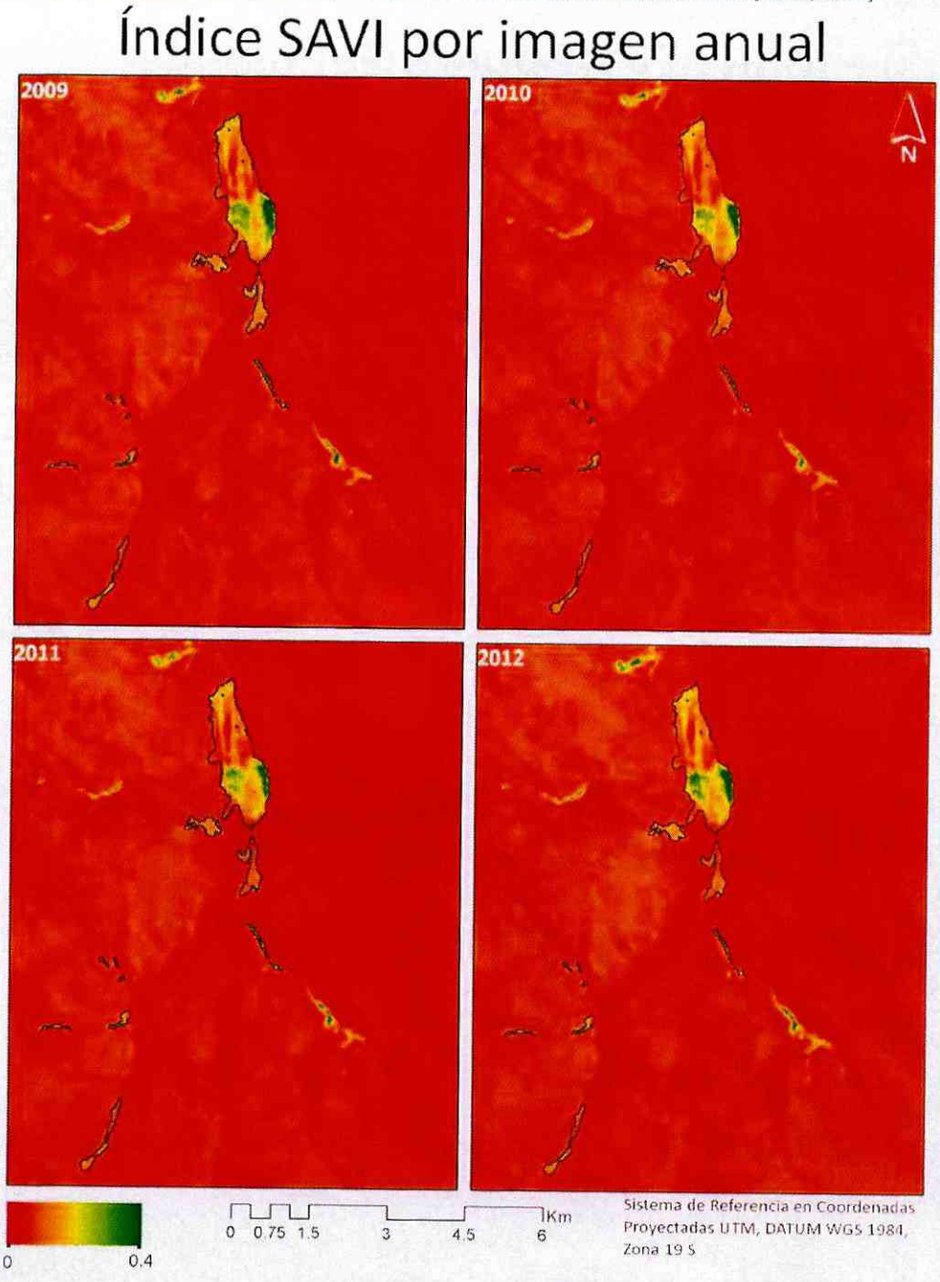
Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [2005,2008]



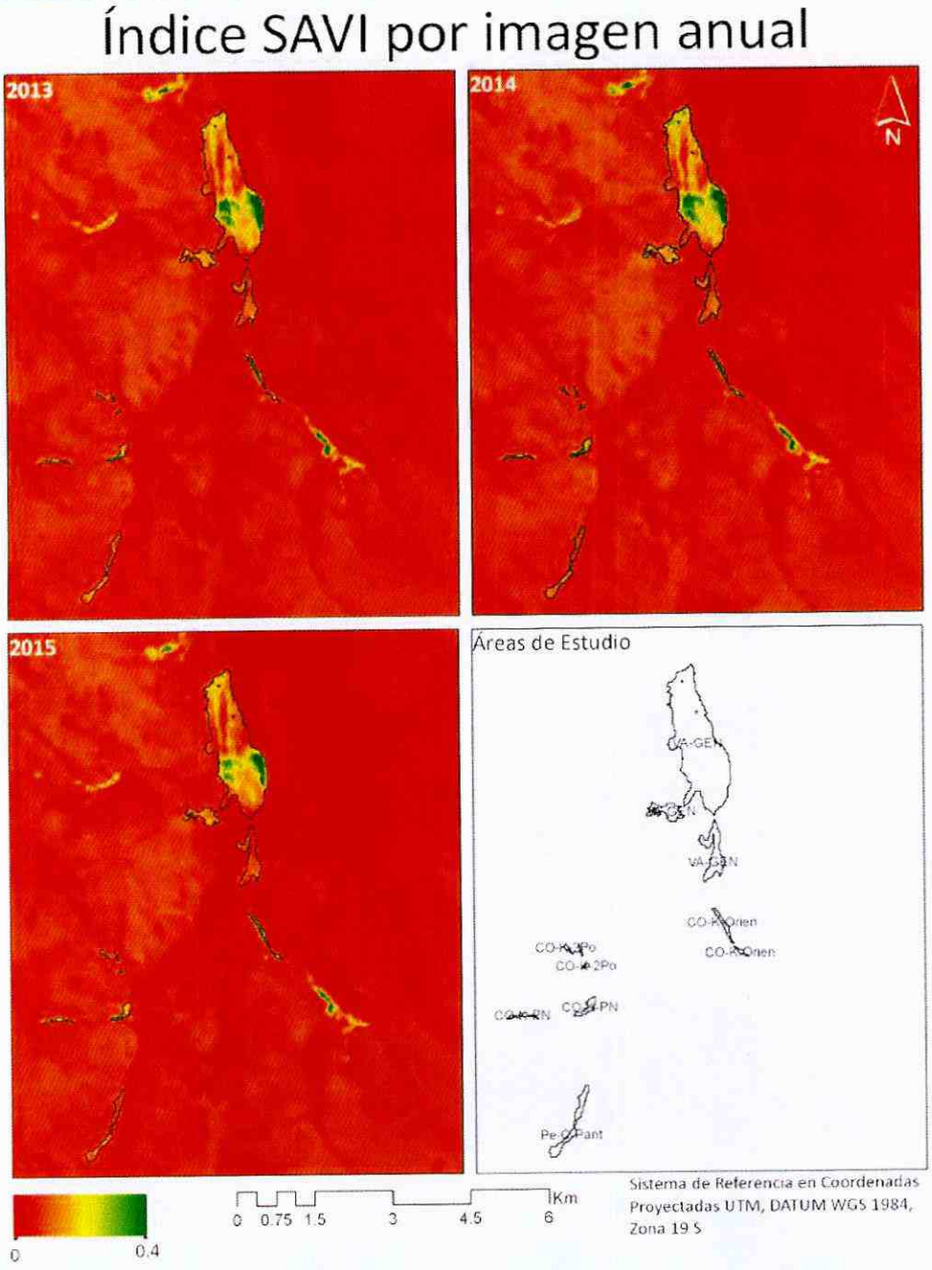
Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [2009,2012]



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Mapa de Índice SAVI para las principales unidades estudiadas intervalo [2013,2015]



Fuente: Elaboración propia

6.2 Resultados tabulados de vigor de la vegetación según unidad

A continuación se exponen los resultados tabulados de vigor medio de la vegetación y desviación estándar de la extracción de los valores de los píxeles, extraídos espacialmente de las coberturas de vigor de la vegetación señaladas en el Apéndice 6.1.

- Valores tabulados SAVI por cobertura entre los años 1985 y 1989 en ***Tabla 10***
- Valores tabulados SAVI por cobertura entre los años 1990 y 1994 en ***Tabla 11***
- Valores tabulados SAVI por cobertura entre los años 1995 y 1999 en ***Tabla 12***
- Valores tabulados SAVI por cobertura entre los años 2000 y 2004 en ***Tabla 13***
- Valores tabulados SAVI por cobertura entre los años 2005 y 2009 en ***Tabla 14***
- Valores tabulados SAVI por cobertura entre los años 2010 y 2015 en ***Tabla 15***

Tabla 10. Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [1985,1989]

PROMEDIO ÍNDICE SAVI			AÑO	1985	1986	1987	1988	1989
			FECHA	25-01-1985	28-01-1986	15-01-1987	19-02-1988	20-01-1989
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	1	2	3	4	5
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.142	0.158	0.156	0.126	0.140
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.139	0.152	0.149	0.120	0.132
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.128	0.136	0.131	0.115	0.119
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.176	0.217	0.225	0.183	0.213
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.190	0.210	0.207	0.166	0.181
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.084	0.089	0.087	0.072	0.080
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.142	0.165	0.166	0.132	0.151
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.227	0.247	0.251	0.205	0.219
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.184	0.198	0.199	0.156	0.178
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.190	0.207	0.214	0.183	0.195
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.182	0.196	0.194	0.140	0.168
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.174	0.182	0.181	0.147	0.169
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.230	0.259	0.260	0.195	0.220
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			AÑO	1985	1986	1987	1988	1989
			FECHA	25-01-1985	28-01-1986	15-01-1987	19-02-1988	20-01-1989
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	1	2	3	4	5
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.074	0.085	0.085	0.070	0.074
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.075	0.084	0.083	0.069	0.070
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.041	0.047	0.046	0.043	0.044
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.070	0.085	0.090	0.062	0.075
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.070	0.078	0.076	0.070	0.064
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.031	0.032	0.034	0.027	0.030
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.065	0.082	0.086	0.065	0.078
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.135	0.143	0.146	0.126	0.131
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.091	0.098	0.102	0.083	0.088
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.089	0.098	0.107	0.094	0.095
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.095	0.100	0.100	0.073	0.083
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.080	0.091	0.090	0.069	0.081
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.086	0.095	0.093	0.083	0.094

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [1990,1994]

PROMEDIO ÍNDICE SAVI			AÑO	1990	1991	1992	1993	1994
			FECHA	24-02-1990	27-02-1991	01-03-1992	16-02-1993	03-02-1994
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	6	7	8	9	10
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.160	0.170	0.157	0.151	0.156
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.151	0.161	0.149	0.144	0.148
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.133	0.141	0.132	0.127	0.130
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.248	0.261	0.233	0.219	0.234
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.207	0.218	0.202	0.197	0.206
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.088	0.097	0.089	0.085	0.084
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.178	0.189	0.172	0.163	0.171
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.231	0.220	0.203	0.211	0.231
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.203	0.207	0.191	0.188	0.202
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.218	0.225	0.210	0.215	0.222
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.198	0.201	0.185	0.176	0.192
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.185	0.182	0.168	0.167	0.183
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.241	0.241	0.215	0.200	0.222
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			AÑO	1990	1991	1992	1993	1994
			FECHA	24-02-1990	27-02-1991	01-03-1992	16-02-1993	03-02-1994
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	6	7	8	9	10
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.085	0.087	0.078	0.077	0.085
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.081	0.082	0.076	0.075	0.082
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.049	0.049	0.046	0.042	0.046
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.084	0.080	0.068	0.070	0.076
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.071	0.071	0.066	0.066	0.074
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.035	0.040	0.035	0.034	0.035
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.089	0.089	0.077	0.075	0.081
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.124	0.116	0.108	0.113	0.131
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.097	0.096	0.092	0.089	0.093
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.107	0.105	0.103	0.098	0.102
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.091	0.089	0.086	0.083	0.085
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.091	0.093	0.074	0.073	0.085
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.093	0.088	0.071	0.070	0.083

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [1995,1999]

PROMEDIO ÍNDICE SAVI			AÑO	1995	1996	1997	1998	1999
			FECHA	05-01-1995	25-02-1996	26-01-1997	14-02-1998	17-02-1999
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	11	12	13	14	15
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.159	0.154	0.156	0.160	0.160
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.151	0.148	0.151	0.156	0.157
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.134	0.128	0.129	0.129	0.134
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.237	0.216	0.208	0.209	0.203
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.211	0.205	0.211	0.219	0.221
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.084	0.084	0.085	0.084	0.088
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.172	0.163	0.161	0.165	0.160
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.253	0.222	0.156	0.150	0.154
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.209	0.200	0.206	0.209	0.224
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.230	0.224	0.234	0.238	0.252
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.200	0.188	0.192	0.193	0.211
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.187	0.181	0.183	0.192	0.205
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.240	0.226	0.233	0.237	0.244
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			AÑO	1995	1996	1997	1998	1999
			FECHA	05-01-1995	25-02-1996	26-01-1997	14-02-1998	17-02-1999
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	11	12	13	14	15
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.089	0.082	0.085	0.089	0.087
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.087	0.083	0.087	0.092	0.090
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.053	0.048	0.050	0.053	0.054
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.086	0.066	0.064	0.064	0.064
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.080	0.074	0.081	0.083	0.081
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.036	0.033	0.035	0.040	0.039
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.087	0.075	0.071	0.074	0.071
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.141	0.108	0.079	0.085	0.087
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.101	0.094	0.105	0.113	0.117
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.110	0.104	0.114	0.123	0.123
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.096	0.086	0.099	0.107	0.111
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.086	0.082	0.086	0.089	0.105
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.088	0.077	0.086	0.089	0.091

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [2000,2004]

PROMEDIO ÍNDICE SAVI			AÑO	2000	2001	2002	2003	2004
			FECHA	20-02-2000	06-02-2001	25-02-2002	04-02-2003	15-02-2004
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	16	17	18	19	20
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.168	0.163	0.155	0.160	0.161
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.164	0.163	0.158	0.164	0.164
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.141	0.135	0.133	0.134	0.130
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.211	0.178	0.149	0.143	0.154
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.235	0.231	0.217	0.231	0.232
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.087	0.087	0.090	0.089	0.088
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.168	0.154	0.144	0.142	0.145
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.147	0.127	0.108	0.110	0.108
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.235	0.225	0.215	0.213	0.239
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.273	0.260	0.248	0.244	0.290
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.215	0.208	0.195	0.199	0.214
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.216	0.198	0.205	0.189	0.203
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.256	0.247	0.232	0.214	0.248
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			AÑO	2000	2001	2002	2003	2004
			FECHA	20-02-2000	06-02-2001	25-02-2002	04-02-2003	15-02-2004
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	16	17	18	19	20
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.096	0.090	0.081	0.088	0.090
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.100	0.096	0.086	0.094	0.095
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.059	0.053	0.047	0.048	0.054
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.064	0.048	0.037	0.045	0.046
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.091	0.086	0.079	0.085	0.086
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.039	0.039	0.035	0.034	0.040
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.074	0.060	0.053	0.054	0.057
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.088	0.071	0.038	0.050	0.059
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.121	0.113	0.108	0.107	0.119
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.128	0.114	0.113	0.115	0.128
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.114	0.110	0.103	0.102	0.108
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.103	0.100	0.093	0.083	0.091
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.093	0.088	0.082	0.078	0.092

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [2005,2009]

PROMEDIO ÍNDICE SAVI			AÑO	2005	2006	2007	2008	2009
			FECHA	17-02-2005	04-02-2006	23-02-2007	10-02-2008	12-02-2009
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	21	22	23	24	25
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.164	0.171	0.156	0.158	0.151
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.167	0.176	0.161	0.165	0.158
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.136	0.141	0.133	0.131	0.125
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.154	0.149	0.128	0.126	0.113
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.238	0.252	0.228	0.234	0.224
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.092	0.094	0.089	0.089	0.089
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.144	0.146	0.132	0.132	0.121
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.108	0.096	0.095	0.098	0.092
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.236	0.238	0.226	0.218	0.221
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.272	0.278	0.269	0.259	0.264
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.218	0.219	0.207	0.196	0.197
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.214	0.207	0.192	0.200	0.197
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.253	0.256	0.235	0.217	0.226
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			AÑO	2005	2006	2007	2008	2009
			FECHA	17-02-2005	04-02-2006	23-02-2007	10-02-2008	12-02-2009
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	21	22	23	24	25
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.092	0.097	0.086	0.090	0.084
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.098	0.103	0.091	0.096	0.090
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.056	0.056	0.049	0.049	0.042
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.043	0.040	0.030	0.033	0.029
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.089	0.090	0.081	0.085	0.079
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.042	0.044	0.037	0.040	0.039
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.053	0.056	0.047	0.051	0.044
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.054	0.036	0.030	0.035	0.033
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.115	0.122	0.115	0.107	0.117
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.119	0.125	0.123	0.107	0.124
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.110	0.118	0.109	0.104	0.111
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.095	0.102	0.083	0.085	0.087
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.092	0.092	0.075	0.076	0.081

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Valores SAVI obtenidos para cada cobertura estudiada, intervalo [2010,2015]

PROMEDIO ÍNDICE SAVI			AÑO	2010	2011	2012	2013	2014	2015
			FECHA	14-01-2010	02-02-2011	13-02-2012	15-02-2013	18-02-2014	05-02-2015
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	26	27	28	29	30	31
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.142	0.133	0.155	0.161	0.160	0.142
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.149	0.141	0.165	0.171	0.172	0.152
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.116	0.115	0.130	0.133	0.130	0.115
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.104	0.080	0.097	0.093	0.087	0.076
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.210	0.196	0.231	0.240	0.234	0.210
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.086	0.085	0.099	0.105	0.112	0.093
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.112	0.099	0.114	0.115	0.111	0.103
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.091	0.089	0.096	0.093	0.086	0.082
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.217	0.205	0.235	0.241	0.231	0.215
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.260	0.237	0.276	0.290	0.275	0.249
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.196	0.189	0.216	0.219	0.217	0.207
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.185	0.179	0.200	0.197	0.174	0.159
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.233	0.221	0.245	0.259	0.250	0.232
DESVIACIÓN ESTÁNDAR			AÑO	2010	2011	2012	2013	2014	2015
			FECHA	14-01-2010	02-02-2011	13-02-2012	15-02-2013	18-02-2014	05-02-2015
CODIGO	NOMBRE	PÍXELES	AREA [Ha.]	26	27	28	29	30	31
VA-GEN	Valle Ancho	2505	225.45	0.081	0.075	0.087	0.092	0.092	0.083
VA-Z-N	Valle Ancho – Z. Norte	2093	188.37	0.086	0.078	0.091	0.096	0.096	0.086
VA-Z-O	Valle Ancho – Z. Oeste	146	13.14	0.035	0.034	0.037	0.037	0.034	0.029
VA-Z-S	Valle Ancho – Z. Sur	266	23.94	0.027	0.023	0.030	0.027	0.024	0.022
VA-E-AC	Valle Ancho – Activo	990	89.1	0.082	0.071	0.082	0.088	0.092	0.084
VA-E-SSE	Valle Ancho – Semiseco	819	73.71	0.034	0.037	0.040	0.044	0.050	0.036
VA-E-SE	Valle Ancho – Seco	696	62.64	0.038	0.043	0.046	0.047	0.051	0.048
Pe-C-Pant	Pantanillo	173	15.57	0.030	0.029	0.031	0.028	0.023	0.024
CONTROL	CONTROL	168	15.12	0.112	0.100	0.114	0.121	0.116	0.117
CO-K-Orien	Control Oriente	59	5.31	0.112	0.098	0.115	0.126	0.119	0.130
CO-K-PN	Control Pant. Norte	86	7.74	0.110	0.101	0.112	0.115	0.112	0.112
CO-K-2Po	Control Poniente	23	2.07	0.082	0.078	0.088	0.083	0.082	0.061
Co-S-Vil	Quebrada Villalobos	502	45.18	0.086	0.078	0.082	0.085	0.087	0.082

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

Metodología utilizada para la determinación de la variación de superficie de los distintos estados de la vegetación del humedal Valle Ancho entre los años 2014 y 2015

Tabla de Contenidos

1 Presentación *4*

2 Objetivo *4*

2.1 Objetivo general **4**

2.2 Objetivos específicos **4**

3 Materiales y métodos *4*

3.1 Diseño del análisis **4**

3.2 Materiales **5**

3.2.1 Materiales cartográficos 5

3.2.2 Materiales satelitales 6

3.2.3 Otros materiales 7

3.3 Métodos **7**

3.3.1 Descripción de las categorías estudiadas del humedal Valle Ancho 7

3.3.2 Pre procesamiento de las imágenes satelitales y de los insumos cartográficos vectoriales 8

3.3.3 Método de clasificación supervisada 11

3.3.4 Evaluación de cambios de superficie en el humedal 17

3.3.5 Elementos de apoyo a la interpretación de los resultados 17

4 Resultados *18*

4.1 Clasificación supervisada **18**

4.1.1 Fase de entrenamiento y firmas espectrales 18

4.1.2 Fase de asignación y evaluación de la exactitud del clasificador 21

4.2 Cambios en la superficie del humedal entre noviembre de 2014 y noviembre de 201523

5 Bibliografía *25*

Tablas

Tabla 1. *Características técnicas asociadas a las bandas espectrales del Sensor OLI* 6
Tabla 2. *Parámetros y características espaciales de las imágenes satelitales utilizadas* 7
Tabla 3. *Vértices de área de estudio en coordenadas UTM, WGS 1984, Huso 19 Sur* 9
Tabla 4. *Factores de corrección radiométrica para sensor OLI* 10
Tabla 5. *Resumen de características de las áreas de entrenamiento previo a la extracción de estadísticos descriptivos* 13
Tabla 6. *Ejemplo de matriz de confusión aplicado a las clases utilizadas* 16
Tabla 7. *Resumen de resultados de extracción de áreas de entrenamiento según categoría* 19
Tabla 8. *Matriz de confusión del proceso de clasificación supervisada* 22
Tabla 9. *Estadísticos de exactitud de la clasificación supervisada* 22

Ilustraciones

Figura 1 . *Polígonos digitales de entrenamiento según categorías basadas en CONAF (2015)* 14
Figura 2 . *Clasificación supervisada de estado de la vegetación y clasificación de referencia utilizada* 21
Figura 3 . *Clasificación supervisada del estado de la vegetación del SVAHT Valle Ancho a noviembre de 2015* 24

Expresiones matemáticas

Expresión 1. *Vector de desplazamiento de ajuste espacial fino de cobertura CONAF según banda pancromática de imagen* 8
Expresión 2. *Corrección radiométrica para la obtención de la radiancia por banda* 9
Expresión 3. *Obtención de la reflectancia espectral al tope de la atmósfera* 10
Expresión 4. *Modelo de iluminación solar* 11
Expresión 5. *Algoritmo de corrección topográfica* 11
Expresión 6. *Definición del coeficiente Kappa para efectos operativos en una matriz de confusión* 16
Expresión 7. *Índice Ajustado al Suelo de Vegetación (SAVI) utilizando bandas del sensor OLI* 18

Gráficos

Gráfico 1. *Firmas espectrales escaladas de categorías estudiadas e intervalos de confianza por banda* 20

1 Presentación

El presente Anexo describe los aspectos metodológicos y resultados del un cálculo de las superficies que se encuentran en estado de vegetación seca o semi seca, según el Informe Conaf 2015[1], en el área del corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, basado en imágenes satelitales recientes.

2 Objetivo

2.1 Objetivo general

Calcular la superficie de los distintos estados de la vegetación del humedal Valle Ancho, ubicado en el corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, Región de Atacama durante el año 2015 utilizando técnicas de percepción remota, tomando como referencia la información descrita en el documento "Informe Técnico de Estado de Humedales, Pantanillo y Valle Ancho en la Región de Atacama", Informe CONAF 2015.

2.2 Objetivos específicos

- Generar un procedimiento para la modelación espectral de las categorías referenciales levantadas en Informe CONAF 2015.
- Determinar nivel de exactitud del modelo de clasificación aplicado
- Determinar la superficie de los distintos estados de la vegetación del humedal de Valle Ancho actualizado a la primavera de 2015 en base al modelo de clasificación.

3 Materiales y métodos

3.1 Diseño del análisis

Este análisis se encuentra basado en la disponibilidad de información levantada en terreno para un momento determinado, el cual corresponde al estudio Informe CONAF 2015, el cual contó con un trabajo de campo que determinó y georreferenció el estado del humedal Valle Ancho, por lo que

[1] Of. Ord. N°17/2015 de la Corporación Nacional Forestal de Atacama, de fecha 22 de enero de 2015. En dicho oficio se hace referencia al Informe Técnico denominado "Estado de Humedales de Pantanillo y Valle Ancho" de enero de 2015, el cual se acompaña como Anexo.

fue considerado como información de referencia real para el presente trabajo. Además, se consideró la disponibilidad de imágenes satelitales multiespectrales, aplicables a técnicas de clasificación temática de exactitud suficiente y determinable.

Al contar con la información levantada en dos campañas de terreno, a cargo de profesionales del equipo técnico de CONAF, se optó por desarrollar un procedimiento de Clasificación Supervisada (Chuvieco, 2008), el cual consiste en determinar, por medio de la estimación de las firmas espectrales de las superficies cuyas categorías son conocidas[2], un procedimiento de clasificación estadística basada en métodos descritos en la literatura científica, en particular el método de Clasificación por Máxima Probabilidad. Este resultado permite evaluar el nivel de exactitud entre el modelo de clasificación digital respecto a la información de terreno.

Conociendo la exactitud del modelo, es posible aplicar este método a otros momentos del estado del SVAHT, por medio de imágenes satelitales de otras fechas. Para esto se utilizó una imagen del año siguiente (noviembre de 2015), permitiendo evaluar los cambios que ha percibido el SVAHT Valle Ancho en sus distintos estados de superficie, evitando la observación de cambios asociados al ciclo fenológico anual de las espacies del humedal, para finalmente otorgar información relevante que permita evaluar los impactos producidos por la actividad humana en la zona.

3.2 Materiales

A continuación se describen los insumos utilizados para la elaboración del análisis, incluyendo el detalle de las fuentes y características necesarias para la comprensión completa del análisis y su exactitud.

3.2.1 Materiales cartográficos

Para este análisis se utilizó información de referencia del estado del humedal Valle Ancho, con el fin de calcular la exactitud del método de clasificación utilizado. Para esto, se utilizó el levantamiento del estado del humedal generado en terreno en el marco del Informe CONAF 2015, que generó como producto una cobertura digital cartográfica de alta precisión en formato de datos geográficos *Keyhole Markup Language* (*.kml). La cobertura se mostró en Figura 1 del Anexo 1 de la Resolución Sancionatoria.

Cabe reiterar lo señalado en el Anexo 1 de la Resolución Sancionatoria, que el estudio desarrollado por CONAF consideró 4 unidades que componen el humedal Valle Ancho, sin embargo, para el desarrollo de este análisis se contó con la disponibilidad de la cobertura digital de solo 3 de estas unidades, dejando fuera la unidad denominada BN-04-SE-01, ubicada en la zona Sur-Oeste del mismo, y que cubre un área de 7.1 hectáreas, la cual fue clasificada por CONAF como seca para el

[2] Para esto se utilizó una imagen satelital con fecha cercana al momento en que CONAF realiza las campañas de terreno (noviembre de 2014).

año 2014, por lo que no sería posible describir que existe un fenómeno adicional de desecamiento producto del estado de esta unidad.

3.2.2 Materiales satelitales

La información satelital utilizada para la estimación de los distintos tipos de superficies que componen, en una escena determinada, el humedal de Valle Ancho fue obtenida desde la plataforma virtual de la *United States Geological Survey* (USGS)[3], que ofrece diferentes tipos de productos de teledetección de forma gratuita para el estudio de los sistemas naturales.

Desde las plataformas de la USGS se encuentran disponibles las imágenes satelitales de la continuidad del programa Landsat (LDCM), también llamado Landsat 8, que ofrece la posibilidad de adquirir imágenes en la porción visible de espectro electromagnético (Sensor *Operational Land Imager*, en adelante Sensor OLI) e información del espectro infra-rojo (*Thermal Infrared Sensor*, en adelante TIRS). En particular, el programa Landsat provee información de carácter multiespectral útil para la clasificación supervisada de diversas superficies (Chuvieco, 2008). En la ***Tabla 1*** se describen las características espectrales del sensor OLI, utilizado para este fin, y sus resoluciones espaciales.

Tabla 1. Características técnicas asociadas a las bandas espectrales del Sensor OLI

	Banda y denominación	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución espacial (metros)
Satélite Landsat 8 **Sensor: *Operational Land Imager* (OLI)** **Lanzado el 11 de Febrero de 2013.**	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infra-rojo cercano	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromática	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30

Fuente: Elaboración propia en base a USGS (2016)

Para la realización del análisis se utilizaron dos imágenes del satélite Landsat 8, ambas corresponden al cuadrante operacional Fila 233 – Columna 79 de la misión Landsat. En la ***Tabla 2*** se describen los parámetros espaciales y temporales de las imágenes utilizadas. La imagen A corresponde a una fecha cercana a la fecha del levantamiento de estado del Humedal Valle Ancho realizado en terreno por CONAF el 23, 24 y 25 de septiembre de 2014 y el 7, 8 y 9 de octubre de 2014, mientras que la imagen B corresponde a la fecha más cercana al día juliano del año siguiente

[3] Disponible en: http://www.usgs.gov

a la imagen A, con el fin de descartar cambios asociados al ciclo fenológico de las asociaciones vegetales estudiadas en el humedal.

Tabla 2. Parámetros y características espaciales de las imágenes satelitales utilizadas

Área de estudio	Nombre Imagen	Fecha y hora local	Elevación solar (°)	Azimut solar (°)
Humedal Valle Ancho	A: LC82330792014329LGN00	25-11-2014 14:32 hr.	63.797884	81.788206
	B: LC82330792015332LGN00	28-11-2015 14:32 hr.	63.737302	82.724598

Fuente: Elaboración propia en base a metadata de imaginería satelital utilizada

Otro insumo satelital relevante corresponde al Modelo Digital de Elevación (MDE), útil para las correcciones topográficas de las bandas del sensor OLI en el paso de pre-procesamiento. El insumo utilizado corresponde al MDE de alta resolución generado en el marco del proyecto ASTER *Global Digital Elevation Model* (ASTER GDEM)[4].

3.2.3 Otros materiales

Para el procesamiento de los insumos cartográficos y satelitales se utilizó la *suite* de *software* *ArcGis* (ESRI) versión 10.2 y el complemento de herramientas *Spatial Analyst* 10.2 para *ArcGis*.

3.3 Métodos

A continuación se describen los métodos de procesamiento para el desarrollo de una estimación de la variación de superficie de los distintos estados del humedal Valle Ancho entre el 25 de noviembre de 2014 (Imagen A) y el 28 de noviembre de 2015 (Imagen B).

3.3.1 Descripción de las categorías estudiadas del humedal Valle Ancho

Según lo descrito por Informe CONAF 2015 respecto a las categorías de estado generadas en el levantamiento en terreno realizado en la primavera del 2014 se identificaron 3 niveles de estado del Sistema Vegetacional Azonal Hídrico Terrestre Valle Ancho los cuales corresponden a "Activa", "Semi seca" y "Seca", donde:

> Activa: Cuando se presenta humedad en el suelo, existen estructuras aéreas (tallos y hojas) turgentes en distintas tonalidades de verde, además se consideró como activa la presencia de actividad reproductiva a través de flores.
>
> Semi seca: Identificadas cuando existe decoloración, asociada a tonos de color café, para aquellas estructuras que debiesen ser o fueron de color verde, cuando existe escasa

[4] Disponible en: http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp

humedad en el suelo, ausencia de actividad reproductiva a través de flores cuando aplica a la especie.

Seca: Identificadas con individuos muertos a nivel de estructuras aéreas y secas a nivel de sus raíces o en estado de descomposición. En cuanto a los colores, se las identificó con tonalidades mixtas de café y amarillo, dependiendo de las especies.

3.3.2 Pre procesamiento de las imágenes satelitales y de los insumos cartográficos vectoriales

3.3.2.1 Homologación de insumos

En esta etapa se preparan los datos de entrada mencionados en el ítem de Insumos con el fin de estandarizar las coberturas, a nivel de estructura lógica y formato y a nivel espacial, evitando así errores operativos e incongruencias en el desarrollo de las clasificaciones y el análisis posterior. Los pasos realizados para esta homologación se focalizaron en homologación de formatos, extensión del análisis, sistema de referencia espacial, ajuste espacial de coberturas, resolución espacial y métodos de *resampling*. La secuencia de procesos realizada a los insumos se compone de los siguientes:

1. Transformación de datos cartográficos vectoriales a formato ESRI *Shapefile* (*.shp)
2. Se determinó y procesaron los insumos al sistema de coordenadas proyectadas UTM, *Datum* WGS 1984, Huso 19 Sur.
3. Ajuste espacial fino de coberturas vectoriales respecto a banda pancromática (resolución espacial de 15 m.) de los set de imágenes utilizados (proceso detallado en ***Expresión 1*** y Figura 3 del Anexo 1 de la Resolución Sancionatoria).
4. Extracción de píxeles de coberturas raster según área de estudio (ver ***Tabla 1***).
5. *Resampling* de cobertura de referencia y del Modelo Digital de Elevación (MDE) a resolución espacial de 30 metros, en relación a la resolución espacial de los insumos satelitales utilizados de la misión Landsat 8 (ver Figura 4 del Anexo 1 de la Resolución).
6. Extracción de los píxeles con valores cero ($Value \geq 0$) y saturados ($Value \leq 31373$).
7. Generación de máscara auxiliar para la automatización del proceso de pre procesamiento.

Expresión 1. Vector de desplazamiento de ajuste espacial fino de cobertura CONAF según banda *pancromática de imagen*

$$\Delta\vec{r} = -24.684\vec{\imath}\,[m] - 46.701\vec{\jmath}[m]$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Vértices de área de estudio en coordenadas UTM, WGS 1984, Huso 19 Sur

Vértice	X [m]	Y [m]
Vértice 1	490119.4647	7000110.43
Vértice 2	505359.4647	7000110.43
Vértice 3	490119.4647	6957990.43
Vértice 4	505359.4647	6957990.43

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2 Obtención de la *reflectancia* corregida

Los siguientes pasos describen las etapas de pre procesamiento de las bandas de las imágenes satelitales utilizadas para obtener la *reflectancia* por banda con el fin de realizar la clasificación supervisada sobre la base de valores estandarizados por superficie. Cabe señalar que este procedimiento es un requisito toda vez que se realiza un análisis espacial por medio de sensores remotos pasivos cuya observación depende de la iluminación solar que es devuelta desde las superficies estudiadas al sensor (Chuvieco, 2002).

3.3.2.2.1 Corrección radiométrica

Este procedimiento se utilizó para obtener la *radiancia* por banda a partir de los valores expresados en niveles digitales (DN) entregados por el distribuidor de imágenes. Para esto se utilizó la ***Expresión 2***.

Expresión 2. Corrección radiométrica para la obtención de la radiancia por banda

$$\rho\lambda' = M_L * Q_{cal} + A_L \left[\frac{Watts}{m^2 * srad * \mu m}\right]$$

Fuente: USGS, 2015

Donde:

$\rho\lambda'$ = *Radiancia* espectral (al tope de la atmósfera, TOA)
M_L = Factor de re-escala multiplicativo *radiancia*
A_L = Factor de re-escala aditivo *radiancia*
Q_{cal} = Valor calibrado del pixel (DN)

Los valores de corrección radiométrica utilizados corresponden a los publicados en las metadata de las imágenes utilizada, las cuales se describen en la

Tabla 4.

Tabla 4. Factores de corrección radiométrica para sensor OLI

	M_L	A_L
Banda 1	1.29E-02	-64.42643
Banda 2	1.32E-02	-65.97345
Banda 3	1.22E-02	-60.79397
Banda 4	1.03E-02	-51.2649
Banda 5	6.27E-03	-31.37156
Banda 6	1.56E-03	-7.80182
Banda 7	5.26E-04	-2.62963

Fuente: Elaboración propia en base a Metadatos de Imágenes Utilizadas

3.3.2.2.2 Obtención de la *reflectancia* espectral al tope de la atmósfera

En base a la información disponible de los ángulos de elevación solar en las metadatas de ambas imágenes (ver ***Tabla 2***) es posible obtener la *reflectancia* espectral al tope de la atmósfera utilizando la ***Expresión 3***.

Expresión 3. Obtención de la reflectancia espectral al tope de la atmósfera

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{sen\,(\theta_e)}$$

Fuente: USGS, 2015

Donde:

$\rho\lambda$ = *Reflectancia* espectral (al tope de la atmósfera, TOA)
$\rho\lambda'$ = *Radiancia* espectral (al tope de la atmósfera, TOA)
θ_e = Ángulo de elevación solar (°)

3.3.2.2.3 Corrección topográfica

Para el desarrollo de la clasificación topográfica es necesario que las distintas superficies de una misma clasificación se encuentren corregidas topográficamente, con el fin de que el ángulo de incidencia del sol no genere errores de interpretación de la *reflectancia* espectral de las superficies. Para esta corrección se utilizan los valores de azimut y la elevación solar, y los valores del MDE que permiten obtener la pendiente y la orientación de la pendiente del terreno. Para

corregir topográficamente una superficie se requiere contar con un modelo de iluminación dado por el coseno del ángulo de incidencia solar (basado en la Ley de Lambert, descrita por Verhoeven (1996)), para esto se utilizó la ***Expresión 4*** descrita por Colbi (1991).

Expresión 4. Modelo de iluminación solar

$$Cos(i) = Cos(\theta_s) * Cos(\theta_n) + Sen(\theta_s) * Sen(\theta_n) * Cos(\phi_s - \phi_s)$$

Fuente: Colbi, 1991

Donde:

$Cos(i)$ = Coseno ángulo de incidencia
θ_s = Ángulo cenital solar
θ_n = Pendiente de la superficie
ϕ_s = Azimut solar
ϕ_n = Orientación de la superficie

Luego, con esta información es posible aplicar el algoritmo de corrección topográfica propuesto por Teillet *et al.*, (1982) representado en la siguiente ***Expresión 5***.

Expresión 5. Algoritmo de corrección topográfica

$$\rho'\lambda = \rho\lambda \left[\frac{Cos(v) + \frac{b}{m\prime}}{Cos(i) + \frac{b}{m\prime}} \right]$$

Fuente: Teillet et al., 1982

Donde:

ρ'_λ = *Reflectancia* corregida topográficamente

ρ_λ = *Reflectancia* obtenida en base a la ***Expresión 3***

$Cos(v)$ = Coseno para una superficie horizontal

$Cos(i)$ = Valor del modelo de iluminación obtenido en base a la ***Expresión 4***

$b\ y\ m'$ = Valores obtenidos de la regresión lineal $\rho_\lambda = m'Cos(i) + b$, usando mínimos cuadrados entre la *reflectancia* de cada banda espectral y el modelo de iluminación

3.3.3 Método de clasificación supervisada

A continuación se describen los procedimientos realizados para el desarrollo de la clasificación de superficies supervisada de las tres categorías generadas por Informe CONAF 2015 mediante

técnicas de percepción remota. Los resultados asociados a esta etapa permiten contar con un modelo de clasificación de exactitud determinable apto para la realización de estudios de comportamiento temporal de las categorías desarrolladas, posibilitando, en este caso la determinación de los cambios de superficie del estado del humedal Valle Ancho.

Este método se fundamenta en el conocimiento que se tienen sobre las categorías de superficie que se busca modelar y las respuestas que estas superficies generan por su *reflectancia*, de este modo es importante destacar que cada píxel del humedal, utilizando las primeras 7 bandas del sensor OLI, genera 7 niveles de información paralelos, generando una función de 7 dimensiones por píxel, que perfila el concepto de firma espectral del píxel. Lo anterior sirve para el diseño del método de clasificación, ya que cada categoría que se busque clasificar posee un conjunto de píxeles, cada uno con su función de 7 dimensiones, las que serán semejantes en tanto la superficie modelada sea lo más homogénea posible, generando una familia de firmas parecidas, las que se pueden sintetizar en una firma media con determinados niveles de covarianza entre bandas, que otorgan exactitud y representatividad al método.

3.3.3.1 Fase de entrenamiento supervisado y obtención de firmas espectrales de las categorías del humedal Valle Ancho

Esta etapa del procedimiento de clasificación supervisada tiene como objetivo registrar el comportamiento espectral de las categorías de clasificación deseadas para luego incorporarlas a la fase de asignación. Según Chuvieco (2002) la calidad de esta etapa está altamente determinada por el criterio del investigador, ya que existen diversas acciones para la designación de área de entrenamiento, las que deben ajustarse a las realidades y necesidades del investigador.

Usualmente la fase de entrenamiento para una clasificación supervisada se realiza a través de la elaboración de polígonos de entrenamiento que recojan áreas virtualmente homogéneas por medio de composiciones en falso color (en estructura RGB), de este modo se presume visualmente que lo observado en la composición representa de forma óptima la superficie que se desea clasificar, este método es bastante útil cuando las categorías abordan superficies claramente diferenciables por su estructura geométrica y alta diferenciación de colores, sin embargo, en el caso de estudios de calidad y estado de la vegetación este método es susceptible a interpretaciones ambiguas.

Para solucionar este problema se utilizó la información cartográfica homologada generada por Informe CONAF 2015, donde se generó la cobertura digital de estado clasificado de la vegetación según las categorías de Activo, Semi seco y Seco (Figura 4 del Anexo 1 de la Resolución Sancionatoria). Esta cobertura, al estar desarrollada en base a trabajo de campo con un método publicado y apropiado, se considerará como información de referencia verdadera para la designación de superficies de entrenamiento. Se consideró que los bordes entre categoría pueden generar ruido en las firmas finales, por lo que consideró como criterio evitar los bordes entre categorías con una margen de entre 5 y 30 metros. De este modo las áreas de entrenamiento fueron digitalizadas como polígonos según se puede apreciar en la Figura 1. Se generaron 19 polígonos representados en 1746 píxeles para colectar las firmas de 3 categorías, para la

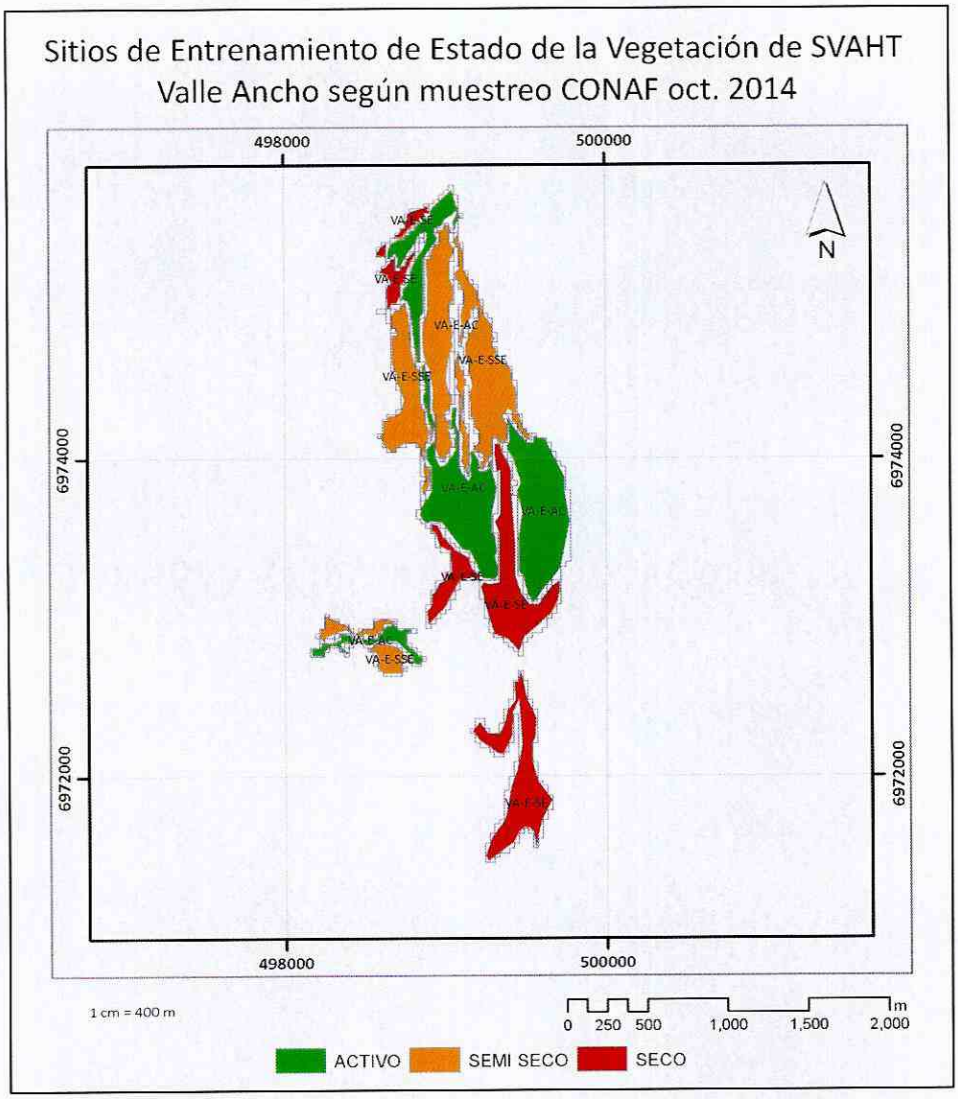
extracción y síntesis de estos datos en firmas espectrales se procedió a unir los polígonos de una misma categoría, generando 3 polígonos de múltiples partes según se evidencia en la ***Tabla 5***.

Tabla 5. Resumen de características de las áreas de entrenamiento previo a la extracción de estadísticos descriptivos

	Categorías		
	Activo (Código 01)	Semi seco (Código 02)	Seco (Código 03)
Número de polígonos	5	8	6
Número de píxeles de extracción	656	602	488

Fuente: Elaboración propia

Figura 1 . *Polígonos digitales de entrenamiento según categorías basadas en CONAF (2015)*



Fuente: Elaboración propia

3.3.3.2 Fase de asignación y proceso de clasificación de las categorías SVAHT Valle Ancho utilizando el método de máxima probabilidad

3.3.3.2.1 Firmas espectrales

En base a las áreas de entrenamiento descritas en el punto anterior corresponde desarrollar el reconocimiento espectral de las distintas categorías de interés para luego aplicar el algoritmo de clasificación a seleccionado, donde se asignará cada píxel a una categoría determinada por medio del valor de las *reflectancias* corregidas por banda y para cada píxel (Chuvieco, 2002).

De este modo es necesario extraer el valor medio de cada categoría y para cada banda, además de conocer la covarianza entre bandas para categoría, generando la información que posteriormente ingresará al algoritmo de clasificación, este proceso genera como resultado las firmas espectrales, cuyo resultado se expone en el numeral 4.1.1 de este anexo.

3.3.3.2.2 Clasificación supervisada por Método de Máxima Probabilidad

En base a la literatura es posible identificar distintos mecanismos para la implementación de la clasificación supervisada, los más frecuentes son el Clasificador por mínima distancia (no paramétrico), Clasificador por paralelepípedos (no paramétrico) y el Clasificador por máxima probabilidad (paramétrico), sin embargo los dos primeros suelen generar imprecisiones asociadas a solapamientos en la clasificación y píxeles sin clasificar, estos errores son más frecuentes cuando las distintas clases son relativamente semejantes (Bense, 2007). En el caso de este análisis es predecible el hecho de que las clases generen firmas espectrales relativamente parecidas, por el hecho de que las 3 clases corresponden a estados de la vegetación, a ese respecto el método más recomendable corresponde al Clasificador de Máxima Probabilidad, el que se describe a continuación.

El Clasificador por Máxima Probabilidad (*maximum likelihood*) suele ser el más empleado para la clasificación supervisada de superficies debido a su alta capacidad de diferenciar coberturas cuyas firmas espectrales tienden a tener elementos residuales en común, este algoritmo considera las dispersión interna de cada categoría como una distribución de probabilidad normal distinta, donde cada píxel a clasificar tiene una probabilidad de estar en una categoría según la banda que se analiza, de este modo, el clasificador asigna el píxel a la clase más probable evaluando cada banda (Bense, 2007).

Este método además posee la ventaja de que genera un proceso de clasificación nítido, es decir, que un píxel sólo puede ser asignado a una clase (Gómez *et al.*, 2003), resultando mejor para efectos de una clasificación donde se trabaja sobre la base de categorías cerradas.

3.3.3.3 Determinación del nivel de exactitud de la clasificación

A continuación se describen los métodos para la estimación los distintos tipos de error residual necesarios para conocer la exactitud alcanzada mediante la aplicación del método.

3.3.3.3.1 Matriz de confusión

La matriz de confusión, matriz de error o de contingencia, es la herramienta de análisis más usual para estimar la exactitud de entre datos de realidad y los resultados de un modelo de clases discretas. Consiste en ordenar los resultados de la clasificación y los de la verdad de referencia (CONAF) entorno a una matriz de n filas y n columnas, donde n corresponde al número de categorías utilizadas (***Tabla 6***). En esta matriz de insertan los píxeles asociados a cada categorías y en base a esto se pueden obtener distintos estadísticos de evaluación de la exactitud.

Tabla 6. Ejemplo de matriz de confusión aplicado a las clases utilizadas

VERDAD TERRESTRE (PIXELES)					
CLASE	No clasificado	Activo	Semi seco	Seco	TOTAL
No clasificado					
Activo					
Semi seco					
Seco					
TOTAL					

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.3.2 Estadísticos de exactitud

Exactitud global: Refleja la exactitud general del procedimiento, sin detallar la exactitud del clasificador para categoría, se determina en base a la razón entre la suma de los píxeles exitosamente clasificados para las n categorías respecto al total de píxeles sometidos a la clasificación.

Exactitud del usuario: Genera un valor de exactitud para las n categorías utilizadas, de modo que indica la fracción de cada clase que ha sido correctamente clasificado. Se define como la razón entre los píxeles correctamente clasificados y el total de píxeles que se asignaron a esa categoría. También suele reflejarse como "Comisión" y corresponde a (1- exactitud del usuario) a cada categoría.

Exactitud del productor: Genera un valor de exactitud para las n categorías utilizadas, de modo que indica la calidad de la clasificación en base a los píxeles de referencia. Se define como la razón entre los píxeles correctamente clasificados y el total de píxeles que originalmente pertenecían a esa categoría. También suele reflejarse como "Omisión" y corresponde a (1 – exactitud del productor) para cada categoría.

El coeficiente kappa (K) permite evaluar el acuerdo entre la imagen clasificada y la verdad de terreno, definiendo la exactitud de la clasificación, respecto a una clasificación al azar por píxel, su definición matemática se puede observar en la ***Expresión 6***.

Expresión 6. Definición del coeficiente Kappa para efectos operativos en una matriz de confusión

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^{n} x_{ii} - \sum_{i=1}^{n} (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{n} (x_{i+} * x_{+i})}$$

Fuente: Bense, 2007

Donde:

n = Número de filas o columnas en la matriz de confusión.

x_{ii} = Observación del valor situado en la fila i y la columna i.

x_{i+} = Total de observaciones en la columna i.

x_{+i} = Total de observaciones en la fila i.

N = Total de observaciones ingresadas en la matriz de confusión.

3.3.4 Evaluación de cambios de superficie en el humedal

Para evaluar los cambios en las superficie del humedal se realizaron varios tipos de análisis, considerando que el resultado del procesamiento de las imágenes A y B genera una expresión geográfica de la distribución de las categorías de estado de la vegetación por medio de mapas, es posible analizar los patrones de cambio de categorías y desarrollar inferencias sobre las potenciales causas de dichos cambios. Por otro lado el resultado procesado de ambas imágenes genera como producto una clasificación agrupada de píxeles (expresables en unidades de superficie) para cada una de las categorías, de modo que es posible calcular con un nivel determinado de precisión la superficie asociada a cada categoría y para momento así como también es posible estimar cual fue el destino de las superficies estimadas para el año 2014 un año después.

3.3.5 Elementos de apoyo a la interpretación de los resultados

Con el fin de verificar el comportamiento de los resultados obtenidos por la clasificación supervisada basado en las categorías generadas por Informe CONAF 2015, se utilizó el Índice Ajustado al Suelo de Vegetación (*Soil-adjusted Vegetation Index*, SAVI), el cual es útil para comparar la intensidad de la actividad de la vegetación (Huete, 1988).

Cabe señalar que este índice pertenece a una familiar de índices destinados a contrastar la actividad de la vegetación, sin embargo, se ha optado por el uso de SAVI, en lugar de otros índices como el NDVI, por ser un indicador que busca minimizar el efecto de las variaciones en las propiedades ópticas del suelo en la respuesta espectral de la capa vegetacional (Gilabert *et al.*,2002), sobre todo donde la porción de suelo descubierto es relevante en el área de estudio (superficie de categoría Seca, en este caso). Gracias a este índice se adiciona un factor de corrección "L" que neutraliza las variaciones observadas producto del sustrato.

Este índice utiliza las bandas espectrales asociadas al espectro del "Infra rojo cercano" (banda 5, sensor OLI) y el espectro del "rojo" (banda 4, sensor OLI), el factor "L" es variable según el área de estudio, sin embargo, generalmente se aplica un factor de corrección con un valor de 0.5 cuando se trata de áreas de estudio con vegetación de densidad intermedia (Gilabert *et al.*, 2002), como es el caso de los parches de vegetación activa en el SVAHT Valle Ancho. En base a lo descrito por Huete (1988) el índice SAVI está dado por la ***Expresión 7***.

Expresión 7. Índice Ajustado al Suelo de Vegetación (SAVI) utilizando bandas del sensor OLI

$$SAVI = \frac{\rho'_{\lambda 5} - \rho'_{\lambda 4}}{\rho'_{\lambda 5} + \rho'_{\lambda 4} + L} * (1 + L)$$

Fuente: Elaboración propia basada en Huete (1988)

Donde:

$SAVI$ = Valor del Índice Ajustado al Suelo de Vegetación para cada píxel.

$\rho'_{\lambda 5}$ = *Reflectancia* corregida topográficamente (***Expresión 5***) de la banda 5 (sensor OLI)

$\rho'_{\lambda 4}$ = *Reflectancia* corregida topográficamente (***Expresión 5***) de la banda 4 (sensor OLI)

L = Factor de corrección ($L = 0.5$) aplicado al caso de estudio

4 Resultados

A continuación se detallan los resultados asociados a la exactitud de la implementación del método de procesamiento de las imágenes satelitales, destinado a la obtención de una estimación de la variación de las categorías de superficie entre el año 2014 y el año 2015. Los otros resultados son presentados en el cuerpo de la Resolución Sancionatoria.

4.1 Clasificación supervisada

4.1.1 Fase de entrenamiento y firmas espectrales

En base al diseño de las áreas de entrenamiento descritas en el numeral 3.3.3.1 se obtuvieron los valores descriptivos de los grupos de píxeles según categoría, los que se expresan en la ***Tabla 7***. Cabe señalar que los valores de *reflectancia* media, desviación estándar y covarianza entre bandas se encuentran escalados 100 veces con el fin de preservar la información de los valores decimales relevantes.

Examinando los valores de covarianza se observa que todos los análisis entre bandas para una misma categoría son de valor > 0 y, en general, lejanos de 0 lo que indica un alto nivel de dependencia entre bandas para cada una de las 3 categorías estudiadas.

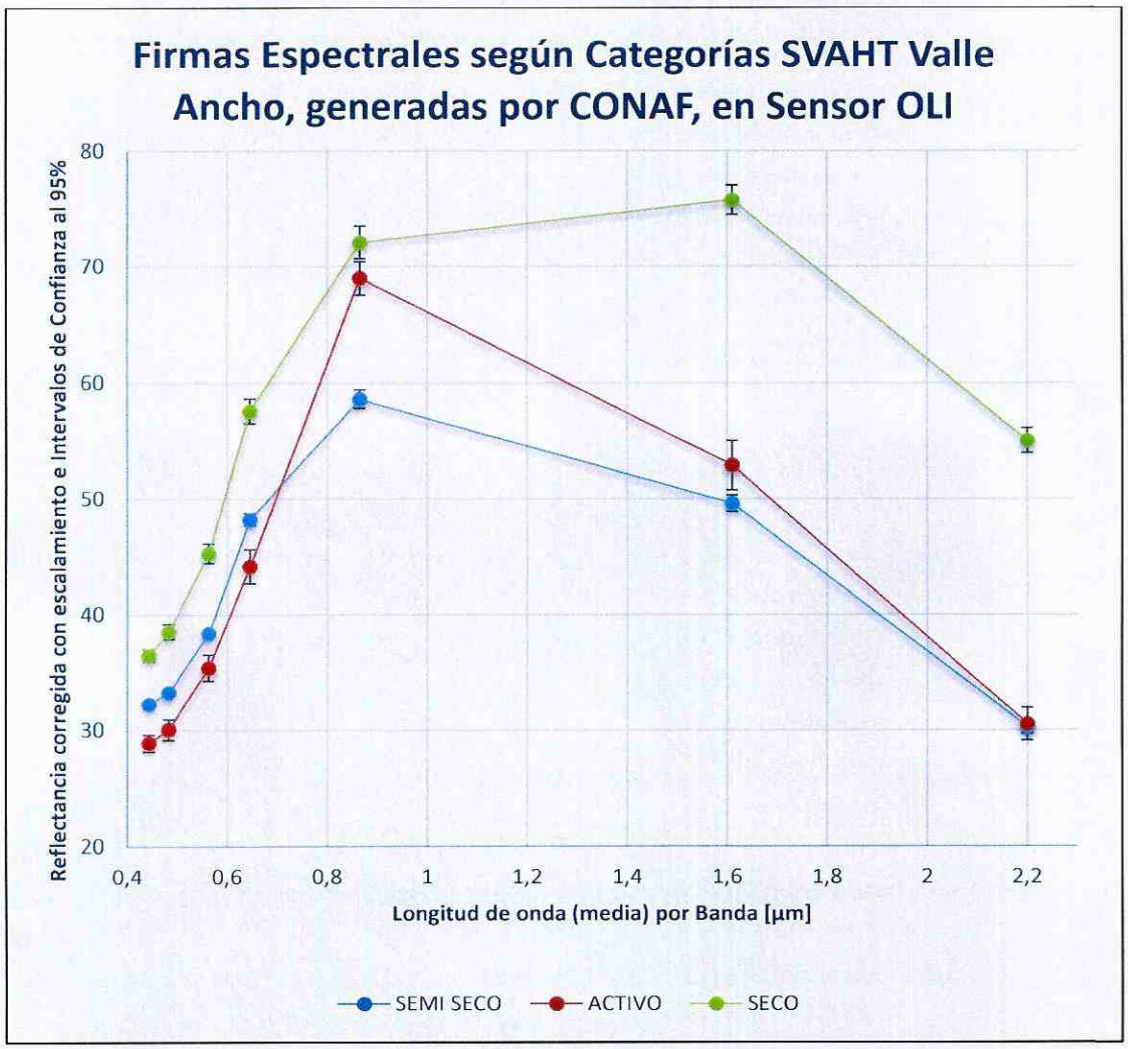
Tabla 7. Resumen de resultados de extracción de áreas de entrenamiento según categoría

Categoría: Vegetación Activa	**Número de píxeles**	**656**						
	Banda	**B. 1**	**B. 2**	**B. 3**	**B. 4**	**B. 5**	**B. 6**	**B. 7**
	Valor medio	28.85	30.03	35.38	44.13	68.95	52.85	30.49
	Intervalos de confianza (95%)	0.74	0.89	1.13	1.48	1.44	2.14	1.41
	Covarianzas banda 1	93.16	111.61	140.43	181.52	167.81	250.72	164.88
	Covarianzas banda 2		134.28	169.27	219.61	204.46	303.80	199.26
	Covarianzas banda 3			216.56	282.22	261.53	388.77	253.71
	Covarianzas banda 4				371.29	341.73	507.94	330.17
	Covarianzas banda 5					354.10	502.72	326.10
	Covarianzas banda 6						777.35	508.59
	Covarianzas banda 7							336.53
Categoría: Vegetación Semi seca	**Número de píxeles**	**602**						
	Banda	**B. 1**	**B. 2**	**B. 3**	**B. 4**	**B. 5**	**B. 6**	**B. 7**
	Valor medio	32.26	33.27	38.37	48.22	58.62	49.57	30.25
	Intervalos de confianza (95%)	0.25	0.30	0.40	0.53	0.78	0.73	0.57
	Covarianzas banda 1	9.67	11.45	13.77	16.58	18.58	21.55	15.84
	Covarianzas banda 2		14.12	17.79	21.91	27.11	26.88	18.13
	Covarianzas banda 3			25.12	32.14	43.43	36.50	21.49
	Covarianzas banda 4				43.13	59.66	49.22	27.67
	Covarianzas banda 5					96.03	64.76	28.47
	Covarianzas banda 6						83.75	57.58
	Covarianzas banda 7							50.08
Categoría: Vegetación Seca	**Número de píxeles**	**488**						
	Banda	**B. 1**	**B. 2**	**B. 3**	**B. 4**	**B. 5**	**B. 6**	**B. 7**
	Valor medio	36.49	38.53	45.28	57.59	72.08	75.76	55.00
	Intervalos de confianza (95%)	0.25	0.30	0.40	0.53	0.78	0.73	0.57
	Covarianzas banda 1	33.77	41.62	53.44	65.57	79.54	52.95	20.20
	Covarianzas banda 2		52.01	67.57	83.27	104.38	68.09	23.30
	Covarianzas banda 3			90.24	111.71	144.04	91.28	26.74
	Covarianzas banda 4				139.39	180.79	116.38	35.18
	Covarianzas banda 5					257.06	169.01	44.86
	Covarianzas banda 6						210.73	143.12
	Covarianzas banda 7							150.82

Fuente: Elaboración propia

En base a la información de la ***Tabla 7*** y con el objetivo de analizar gráficamente la calidad de los resultados de la extracción de las firmas espectrales durante la fase de entrenamiento se exponen los resultados de este procedimiento en el ***Gráfico 1***.

Gráfico 1. Firmas espectrales escaladas de categorías estudiadas e intervalos de confianza por banda



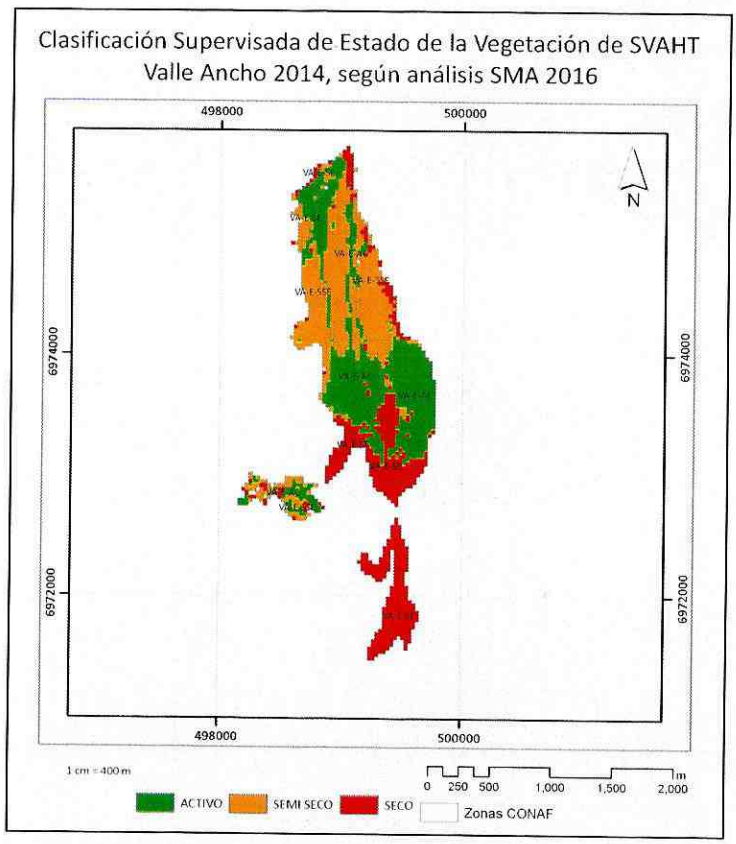
Fuente: Elaboración propia

En este gráfico es posible observar que, si bien, las categorías poseen formas y valores de *reflectancia* cercanos, lo que puede perjudicar la exactitud del método, los valores de los intervalos de confianza entre categorías (con una certeza del 95%) no tienden a solaparse, salvo en la banda 7 en las categorías de Activo y Semi seco. Esto da cuenta que existen diferencias en la expresión espectral de las categorías de superficies estudiadas suficientes, en general, para desarrollar una clasificación supervisada con resultados confiables.

4.1.2 Fase de asignación y evaluación de la exactitud del clasificador

En la Figura 2 se exponen los resultados de la clasificación supervisada en colores y se puede observar su relación con los límites entre categorías señalados por Informe CONAF 2015 en forma de líneas, observando ambas coberturas es posible identificar que el clasificador conservó gran parte de los resultados de referencia generando pequeñas zonas de variación asociada casi exclusivamente a los bordes entre categorías y los límites terrestres del humedal, sin embargo se puede destacar que el clasificador preservó la geometría de la distribución de las clases, incluso en aquellas zonas cuya clase no representaba más de un píxel de grosor. En base a estos resultados (visuales) se valida la calidad del método utilizado, correspondiendo analizar la exactitud del clasificador en términos estadísticos.

Figura 2 . Clasificación supervisada de estado de la vegetación y clasificación de referencia utilizada



Fuente: Elaboración propia

4.1.2.1 Matriz de confusión y análisis de exactitud

En la ***Tabla 8*** se exponen los resultados de contingencia de la clasificación realizada donde se comparan los píxeles asignados en base al catastro en terreno de CONAF (columnas) y los resultados asociados a la clasificación por máxima probabilidad utilizando una imagen satelital de un momento cercano al trabajo de campo (filas).

Tabla 8. Matriz de confusión del proceso de clasificación supervisada

	VERDAD TERRENO (PIXELES)				
CLASE	No clasificado	Activo	Semi seco	Seco	Total
No clasificado	6	0	0	0	6
Activo	0	811	69	91	971
Semi seco	0	107	691	52	850
Seco	0	72	59	553	684
Total	6	990	819	696	2511

Fuente: Elaboración propia

A esta matriz se le calcularon los valores de los estadísticos de exactitud referidos en el punto 3.3.3.3.2 con el fin de objetivar la precisión del método implementado y así conocer la pertinencia de su uso como clasificador multitemporal para calcular la variación superficie un año después, conociendo la precisión de los resultados obtenidos.

Tabla 9. Estadísticos de exactitud de la clasificación supervisada

EXACTITUD GLOBAL	
= 81.84%	
EXACTITUD DEL USUARIO	
ACTIVO	= 83.52%
SEMISECO	= 81.29%
SECO	= 80.85%
EXACTITUD DEL PRODUCTOR	
ACTIVO	= 81.92%
SEMISECO	= 84.37%
SECO	= 79.45%
COEFICIENTE KAPPA	
= 72.91%	

Fuente: Elaboración propia

Evaluando los resultados de exactitud de la ***Tabla 9*** se observa que el valor de la Exactitud Global es 81.84% y las exactitudes del usuario y del productor tienen como máximo 84.37% (Exactitud del

Productor categoría Semi seco) y un mínimo de 79.45% (Exactitud del productor categoría Seco), esto indica un alto nivel de homogeneidad en la precisión por categoría, evidenciando que todas las categorías presentan niveles parecidos de exactitud, simplificando la interpretación posterior de los resultados. En tanto el índice *Kappa* resultó en un 72.91% lo que sugiere que la clasificación logró una precisión del 72.91% mejor que la resultante de una asignación aleatoria de las categoría a los píxeles.

Evaluando la fuerza de acuerdo de la clasificación supervisada, expresada por los estadísticos de exactitud, se destaca que según Landis y Koch (1977, citado por Arenas *et al.*, 2011) el valor *Kappa* se considera sustancial cuando oscila entre 61% y 80%, implicando una evaluación positiva para el índice de *Kappa* obtenido por esta clasificación (72.91%). Por otro lado, según Foody (2002, citado por Arenas *et al.*, 2011) el valor recomendable para inferir la calidad de la precisión global no debe ser menor a 85%, estándar que se encuentra 3,16% por encima del valor obtenido en este procedimiento, de este modo es necesario evaluar internamente la precisión del productor (1-Omisión por categoría) y del usuario (1-Comisión por categoría), evitando la inclusión de las categorías que se encuentren por debajo del 70% (Thomlinson *et al.*, 1999, citado por Arenas *et al.*, 2011), estándar que se encuentra por debajo de todas las categorías estudiadas.

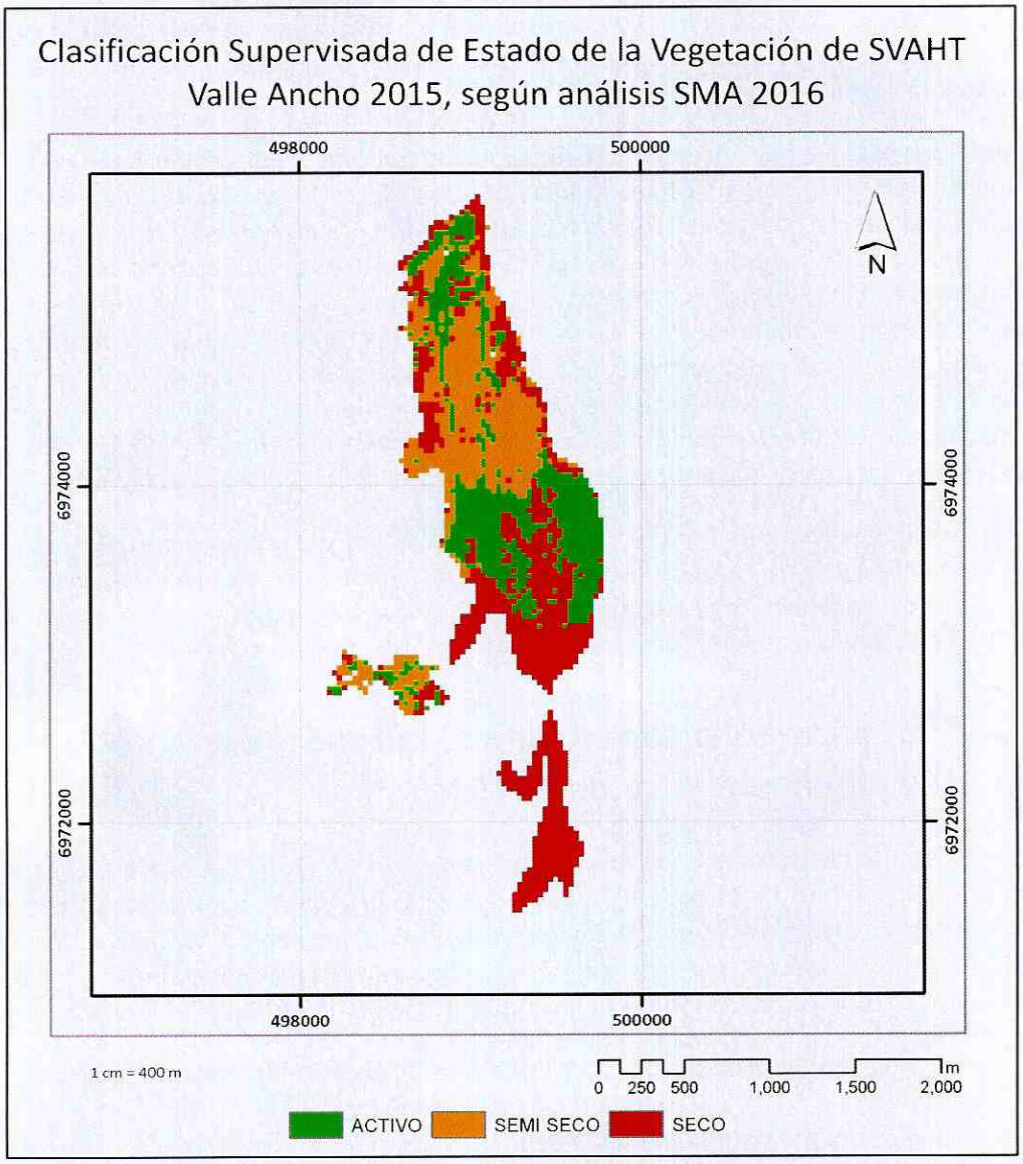
En base a esta evaluación es posible indicar que, si bien es deseable contar con una exactitud global levemente mayor a la obtenida (3.16% menor al estándar considerado), cada categoría representa valores suficientes de exactitud para discriminar las categorías seleccionadas para este estudio (Vegetación Activa, Semi Seca y Seca).

4.2 Cambios en la superficie del humedal entre noviembre de 2014 y noviembre de 2015

En base los resultados descritos en los puntos anteriores es posible establecer como se han desarrollado los cambios en la superficie del humedal Valle Ancho, para esto se desarrolló una nueva clasificación correspondiente a la imagen B del mes de noviembre del año 2015 (Figura 3 y ***Tabla 2***) utilizando una escena correspondiente al año siguiente a la imagen A y que cumple con todos los requisitos de comparación pertinentes para estudiar de este modo el fenómeno:

- Ambas imágenes corresponden al mismo sensor (Sensor OLI montado sobre el satélite Landsat 8).
- Se realizaron los pre-procesamientos correspondientes para hacer comparables la *reflectancia* de cada banda, pasos que se describen en el método.
- Se utilizaron las mismas firmas espectrales por categoría, considerando el valor medio por banda, la desviación estándar por banda y la covarianza entre bandas para ambas escenas.
- Fechas de evaluación corresponden a días julianos por año cercanos, minimizando así las perturbaciones de medición asociadas al ciclo fenológico anual de las especies que componen el SVAHT Valle Ancho (Imagen A corresponde al 25-11-2014 14:32 hr. e imagen B corresponde al 28-11-2015 14:32 hr., es decir 3 días julianos anuales de diferencia).

Figura 3 . Clasificación supervisada del estado de la vegetación del SVAHT Valle Ancho a noviembre de 2015



Fuente: Elaboración propia

De este modo se cuenta con dos imágenes clasificadas que muestran las categorías descritas y cuyas diferencias de superficie permiten, con un nivel conocido de exactitud, una evaluación cualitativa y cuantitativa de los fenómenos de desecación, degradación o recuperación del humedal Valle Ancho entre los años 2014 y 2015.

5 Bibliografía

Arenas, S., Haeger, J.F., & Jordano, D. (2011). Aplicación de técnicas de teledetección y GIS sbre imágenes Quickbird para identificar y mapear individuos de peral silvestre (Pyrus bourgeana) en bosque esclerófilo mediterráneo. *Revista de Teledetección, 35*, 55-71.

Bense, T. (2007). Introducción a la Percepción Remota. *Sextas Jornadas de Educación en Percepción Remota en el Ambito del Mercosur y Primeras Uruguayas sobre el mismo tema.* Montevideo: SELPER, Capítulo Uruguay.

Chuvieco, E. (2002). *Teledetección Ambiental.* Barcelona, España: Ariel Ciencias.

Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio.* Barcelona, España: Ariel Ciencias.

Colby, J. (1991). Topographic Normalization in Rugged Terrain. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 57(5)*, 531-537.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2015). *Informe Técnico de Estado de Humedales, Pantanillo y Valle Ancho en la Región de Atacama.* Ordinario N°017 del 21/01/2015 de la Corporación Nacional Forestal, que responde a la solicitud de pronunciamiento realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, Región de Atacama, Chile.

Gilabert, M., González-Piqueras, J., García-Haro, F.J., & Meliá, J. (2002). A generalized soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment, 82(2-3)*, 303-310.

Gómez, D., Montero, J., Yáñez, J., & Poidomani, C. (2003). Modelos de clasificación difusa para Teledetección. *27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, ISBN 84-8409-955-5* , págs. 3723-3729. Lleida, España.

Huete, A. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment, 25(3)*, 295-309.

Teillet, P., Guindon, B., & Goodenough, D. (1982). On the slope-aspect correction of multispectral. *Canadian Journal of Remote Sensing, 8(2)*, 1537-1540.

United States Geological Survey (USGS). (8 de Agosto de 2015). *Using the USGS Landsat 8 Product.* Obtenido de http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php

United States Geological Survey (USGS). (15 de enero de 2016). *Frequently Asked Questions about the Landsat Missions.* Obtenido de http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

Verhoeven, J. W. (1996). Glossary of terms used in photochemistry (IUPAC Recommendations 1996). *Pure and Applied Chemistry, 68, Issue 12*, 2251. doi:10.1351/pac199668122223