

EN LO PRINCIPAL: RESPONDE TRASLADO; EN EL OTROSÍ: ACOMPAÑA DOCUMENTOS.



SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

XIMENA MATAS QUILODRAN, en representación de Compañía Minera Maricunga (en adelante CMM), sociedad del giro de su denominación, ambos domiciliados en calle Cerro Colorado N°5240, piso 18, Las Condes, en el marco del procedimiento D-014-2015 (en adelante el “procedimiento sancionatorio”) para determinar eventuales responsabilidades y sanciones en contra de mi representada, al Sr. Fiscal Instructor de esta Superintendente del Medio Ambiente, respetuosamente decimos:

Con fecha 24 de julio de 2015, la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante la SMA) dictó la Resolución Exenta N° 7/D-14-2015, la que en su Resuelvo II dispuso la incorporación al expediente del procedimiento sancionatorio el documento denominado “Análisis de la tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada de Villalobos, altiplano Región de Atacama” (referido por esta SMA como “Informe SAG Vega Villalobos 2014”).

Tomando en consideración la inexistencia de justificación dentro de la referida resolución de la SMA respecto a la mencionada incorporación, ésta fue objetada por mi representada por medio de su escrito de fecha 13 de agosto de 2015, debido principalmente a: a) el informe versaba respecto de una zona que no guarda ninguna relación hidrológica, hidrogeológica ni geográfica con el área de influencia del proyecto Refugio de titularidad de mi representada; y b) el hecho que CMM no ha realizado ninguna actividad en el mencionada Quebrada de Villalobos.

Con fecha 23 de octubre de 2015, la SMA dictó la Resolución Exenta N° 11/D-14-2015, la cual, en su Considerando 4° responde tácitamente nuestro requerimiento de justificación respecto a la incorporación del Informe SAG Vega Villalobos 2014 presentado con fecha 13 de agosto, señalando lo que sigue: *“basta decir que el Informe incorporado al expediente sancionatorio mediante la Res Ex. N°7/Rol D-14-2015, es un informe que versa sobre el comportamiento de la actividad foto sintética en el sector de la vega Villalobos, la cual se encuentra cercana al sector del Corredor Biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, sobre el cual han recaído los impactos ambientales no previstos que han sido objeto de cargos. En atención a ello, dicho informe puede entregar luces respecto de la acreditación de los hechos materia de cargos, así como de la veracidad de las defensas expuestas por Compañía Minera Maricunga en sus descargos”* (lo destacado es nuestro).

Agrega el considerando 9º de la misma resolución “*en virtud de la cercanía que presenta el sector del Corredor Biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda, lugar donde se sitúa el impacto no previsto identificado en la formulación de cargos, y la vega Villalobos, resulta importante para la investigación el contar con un análisis comparativo de los resultados presentados en los dos informes disponibles sobre dichas áreas. Por ello, se hace necesario solicitar al Servicio Agrícola y Ganadero, servicio con competencias en la materia y que además encargó los señalados informes, un pronunciamiento técnico que se refiera a la comparación entre los resultados del Informe SAG Vega Villalobos 2014 y el Informe SAG Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo 2013, en especial respecto a la tendencia vegetacional histórica de las áreas objeto de estudio*”.

La explicación recién transcrita se tradujo en el Resuelvo II de la Res. Ex. N° 11 que dispone oficiar al Servicio Agrícola y Ganadero (en adelante “SAG”), solicitando su pronunciamiento técnico respecto de las siguientes materias: “*Realizar un análisis de las imágenes satelitales disponibles, correspondientes al período más actual no cubierto por el Informe SAG Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo 2013 y el Informe SAG Vega Villalobos 2014, y, utilizando una metodología comparable, analizar la tendencia multitemporal de vegetación del humedal, actualizando de ese modo los resultados de ambos informes*”.

Por su parte como segundo requerimiento solicita la SMA al SAG “*Comparar los resultados presentados en el Informe SAG Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo 2013 con los resultados presentados en el Informe SAG Vega Villalobos 2014, incluyendo los resultados de las actualizaciones solicitadas en el punto anterior, de modo de extraer conclusiones a partir de dicha comparación, en especial respecto a la tendencia histórica de la actividad vegetacional de las zonas objeto de estudio*”.

Como se puede apreciar del análisis de la Resolución Exenta N° 11, a juicio de esta autoridad el sector Quebrada de Villalobos correspondería, dada su “cercanía geográfica” con el área de influencia del proyecto Refugio, a un lugar válido para ser tomado como punto de referencia, situación que, tal como veremos en el desarrollo del presente escrito, no es pertinente, al menos desde una perspectiva técnica y científica.

Por último, con fecha 26 de noviembre de 2015, la SMA dictó la Resolución Exenta N° 13/D-14-2015, que en su resuelvo primero dispuso la incorporación de la respuesta del Servicio Agrícola Ganadero y su Informe Técnico a la solicitud de información realizada por la SMA al expediente del procedimiento sancionatorio (Resolución Exenta N° 11/D-14-2015, remitida mediante Of. Ord. N° 5869/2015, del 23 de noviembre de 2015).

Respecto de los mencionados documentos generados por el SAG, en la misma resolución antes mencionada, la SMA dio traslado a esta parte para formular observaciones por

un plazo inicial de 6 días, el que fuera ampliado por cuatro días más por medio de la Resolución Exenta N° 16/D-14-2015, de fecha 14 de diciembre de 2015 notificada el mismo día.

El mencionado Informe Técnico del SAG arriba a la siguiente conclusión principal: “*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 periodo de un año, mientras que el Sector de Quebrada Villalobos este valor se puede estimar en un 1% y que metodológicamente puede ser atribuible al cambio de resolución espacial de imágenes.*”

Estos 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” (lo subrayado es nuestro).

De esta manera, cumpliendo con lo ordenado por esta Superintendencia, por medio del presente escrito venimos en formular observaciones al Informe Técnico del SAG que pasamos a exponer a continuación y que se refieren a: a) la errónea consideración del Humedal Quebrada de Villalobos como un punto de referencia o “humedal patrón” válido para compararlo con el sector de Barros Negros, y b) los vicios en la metodología utilizada por el SAG para arribar a las conclusiones.

1. Errónea consideración del Humedal Quebrada de Villalobos como un punto de referencia o “humedal patrón” válido para compararlo con el sector de Barros Negros

Tal como hemos señalado precedentemente, la autoridad ha incluido a la Quebrada de Villalobos como “humedal patrón”, bajo el entendido que este no se encuentra afecto a intervenciones antrópicas y con el objeto de utilizarlo como punto de referencia o de comparación con la situación de las otras vegas (Barros Negros). Evidentemente, para tales efectos y fines, es menester que ambos puntos (en este caso, las vegas y humedales) presenten condiciones similares que hagan posible su comparación, y consecuentemente, sea posible desprender de ellas conclusiones válidas y aplicables al caso en particular.

Como se analiza a continuación, ello no acaece en el caso en cuestión, por los argumentos que pasamos a exponer:

1.1. Hidrodinámica y configuración espacial de los humedales

En primer lugar, es importante precisar que desde un punto de vista de configuración espacial, los humedales de Villalobos y Barros Negros (Valle Ancho) no son técnicamente comparables.

La Quebrada Villalobos corresponde a un humedal ubicado en una quebrada lateral tributaria y perpendicular a Ciénaga Redonda, es alargado, se encuentra encajonado presentando tres secciones donde la superior y la inferior tienen características similares al ser anchos y con apozamientos. La sección central es angosta y presenta condiciones de flujo en un canal. Además, presenta un flujo relativamente constante, con una variabilidad mínima en el año (Ver Anexo 1, apartado 2.2.3, página 11).

En cambio, Barros Negros Sur se ubica en una zona lateral baja de la quebrada Ciénaga Redonda, orientado de forma paralela al eje de la quebrada. Es un humedal ancho y amplio donde el agua superficial que aflora tiende a apozarse ampliamente en todo el ancho del humedal. Es importante indicar que en este humedal se identifican dos sectores: Barros Negros Norte y Barros Negros Sur. En el documento de SAG (2015) solo se considera Barros Negros Sur, por lo que para este análisis se considerará solo dicho sector.

La ubicación de los humedales y las características hidrogeológicas principales pueden apreciarse en las Figuras 1 a 4.

Figura 1

Ubicación y Cuenca Aportante Humedal Villalobos

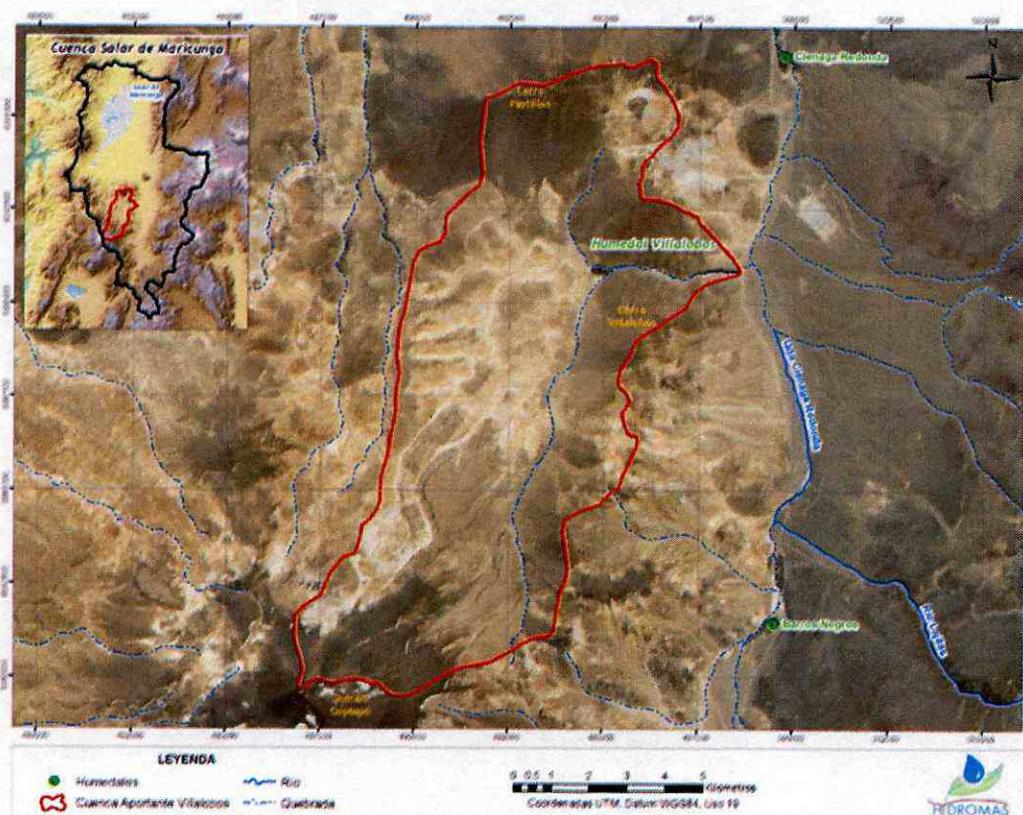


Figura 2

Representación Esquemática Hidrodinámica Humedal Villalobos



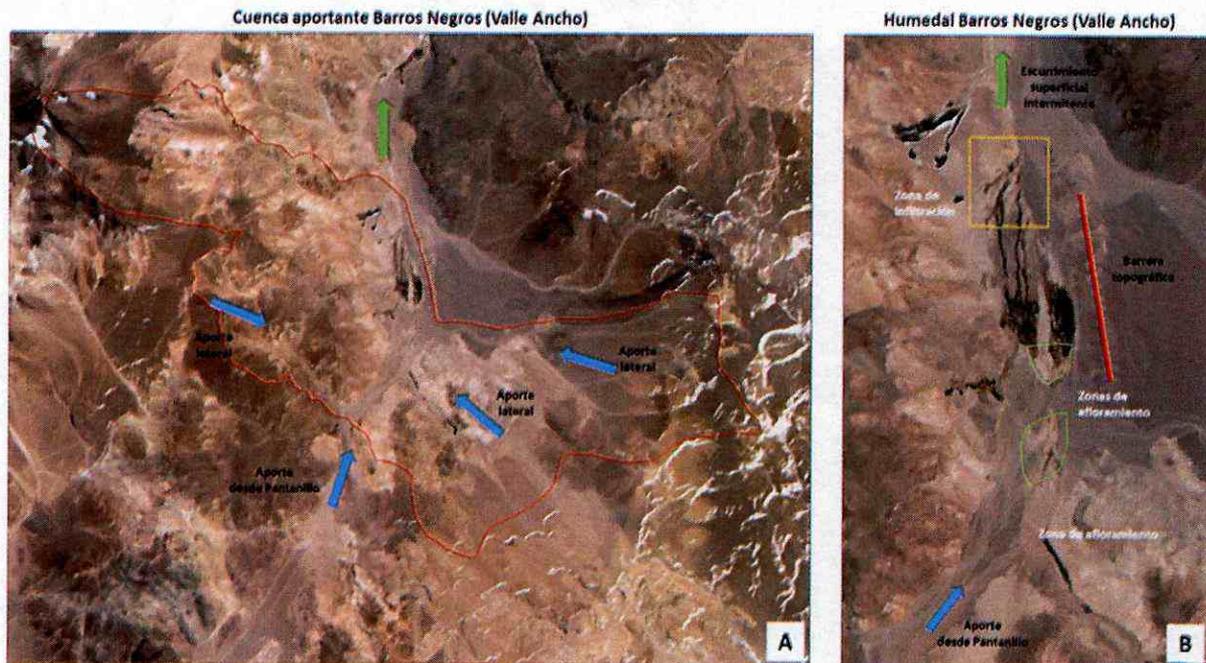
Figura 3

Ubicación y Cuenca Aportante Humedal Barros Negros



Figura 4

Representación Esquemática Hidrodinámica Humedal Barros Negros



Dada la ubicación, configuración espacial y aportes que recibe cada humedal, se puede indicar que la hidrodinámica del humedal Quebrada de Villalobos es completamente diferente a la hidrodinámica de Barros Negros Sur.

1.2. Las características hidrológicas del Humedal Quebrada de Villalobos son distintas de las presentes en el sector Barros Negros

A diferencia de lo que ocurre en el sector Barros Negros, el Humedal Quebrada de Villalobos no es sensible a la cantidad de precipitaciones en la zona, ya que este sistema no responde a las restricciones de agua (años 2013 y 2014), ni tampoco a excesos de agua en épocas del Niño (años 1987, 1997 y 2002). Incluso, se puede observar que las condiciones actuales del humedal (año 2014 con condiciones de muy baja precipitación hasta inicios del año 2015) son mejores que las alcanzadas luego de años tipo “El Niño”, con abundante precipitación (1987, 1997 y 2002).

Por su parte, el Humedal Quebrada Villalobos tiene un requerimiento de agua muy inferior a la oferta de la cuenca por lo que, en general, tiene un exceso de agua y este exceso se moviliza fuera de la quebrada local hacia el valle principal. Este hecho, es decir el exceso de agua en la quebrada Villalobos, se mide en una estación fluviométrica de la Dirección General de Aguas (en adelante “DGA”) localizada en la quebrada misma. De esta forma, si en un año seco hay poca disponibilidad de agua, el humedal Quebrada Villalobos en su conjunto no es sensible a ello, situación que se puede comprobar al aplicar el Índice de Área Foliar, o LAI (por

sus siglas en inglés), que cuantifica la vegetación fotosintéticamente activa, el cual se manifiesta estable, independiente de las precipitaciones. Tampoco hay cambios si el año es muy húmedo (casos años 1987, 1997 y 2002).

En las Figuras 5 y 6, incorporadas a continuación, se muestra las variaciones de la pluviometría y escorrentía entre los años 1979 y 2013, medidas en dos estaciones de la DGA, identificando los años de mayor y menor pluviometría. Posteriormente la Figura 7, muestra los valores obtenidos por el índice LAI, destacándose que para los años húmedos (1987-1997 y 2002), estos valores permanecen similares al de los años menos húmedos.

Figura 5

Variación Anual Precipitación Anual en DGA Estación Pastos Grandes

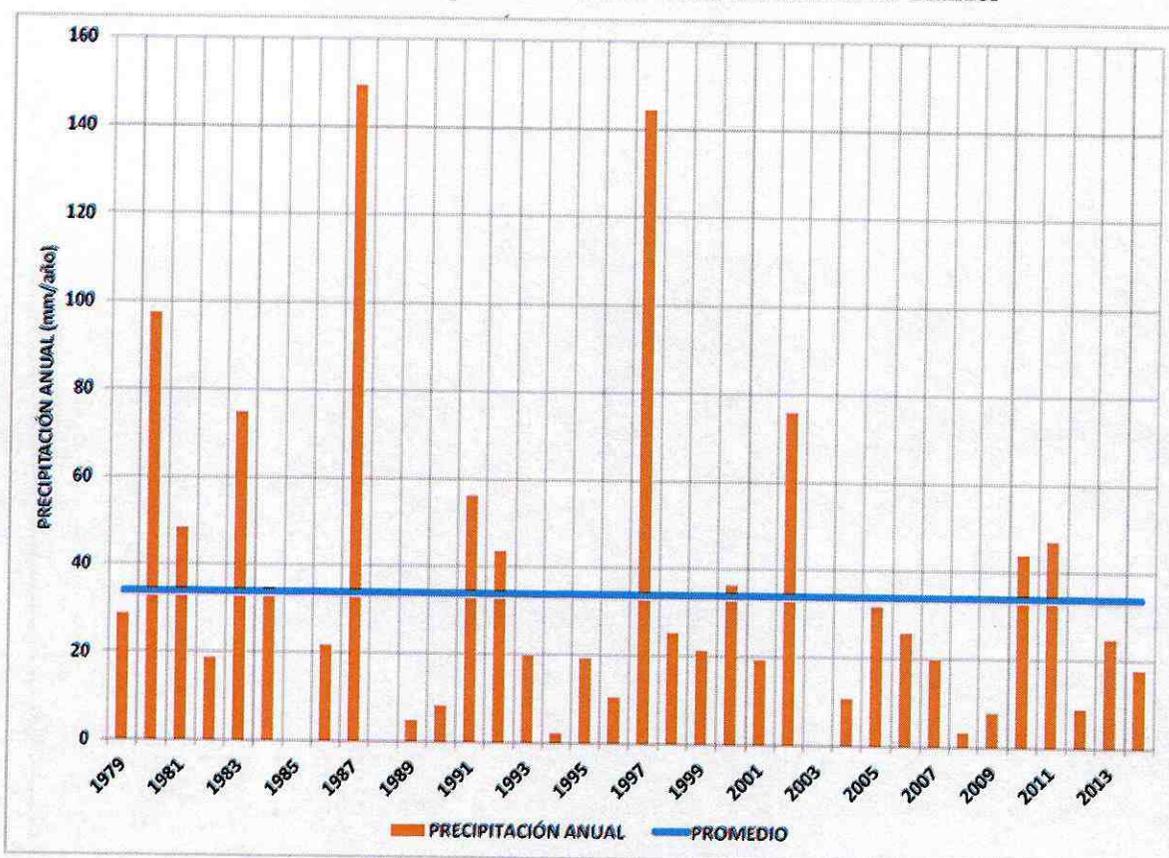


Figura 6

Caudal Medio Anual en Estación DGA Villalobos en Vertedero

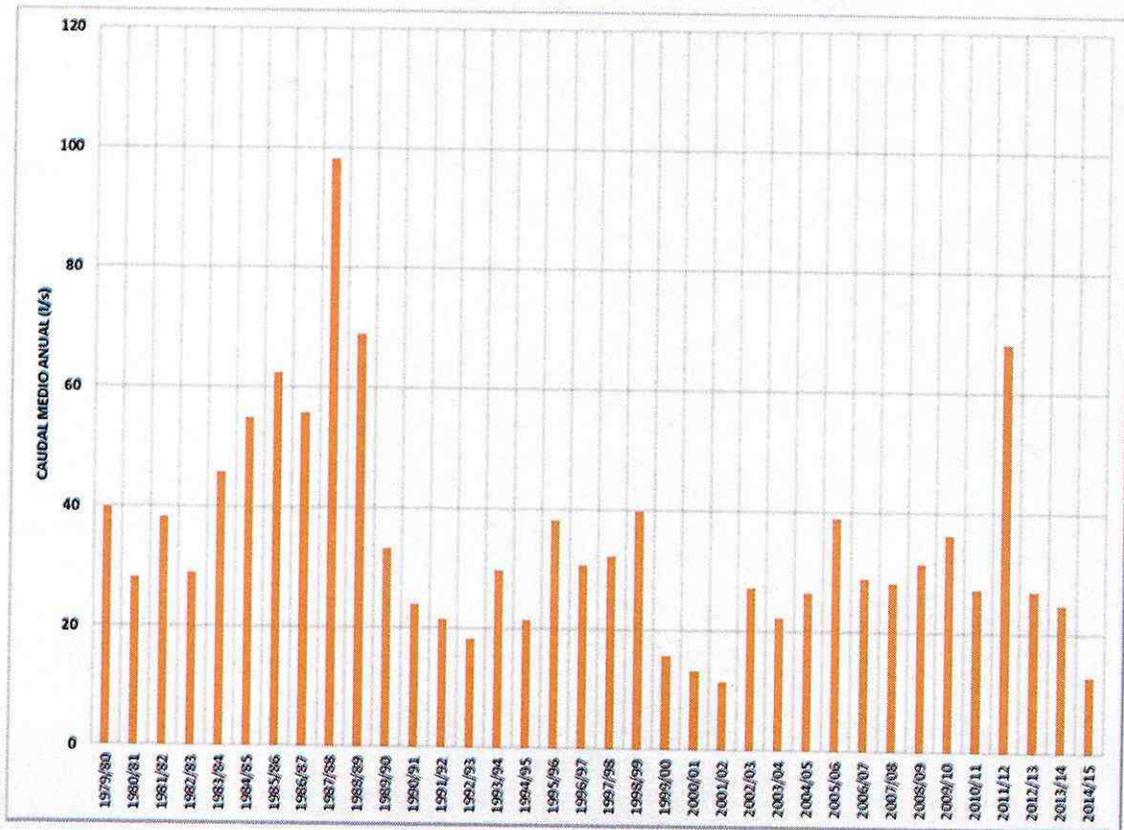
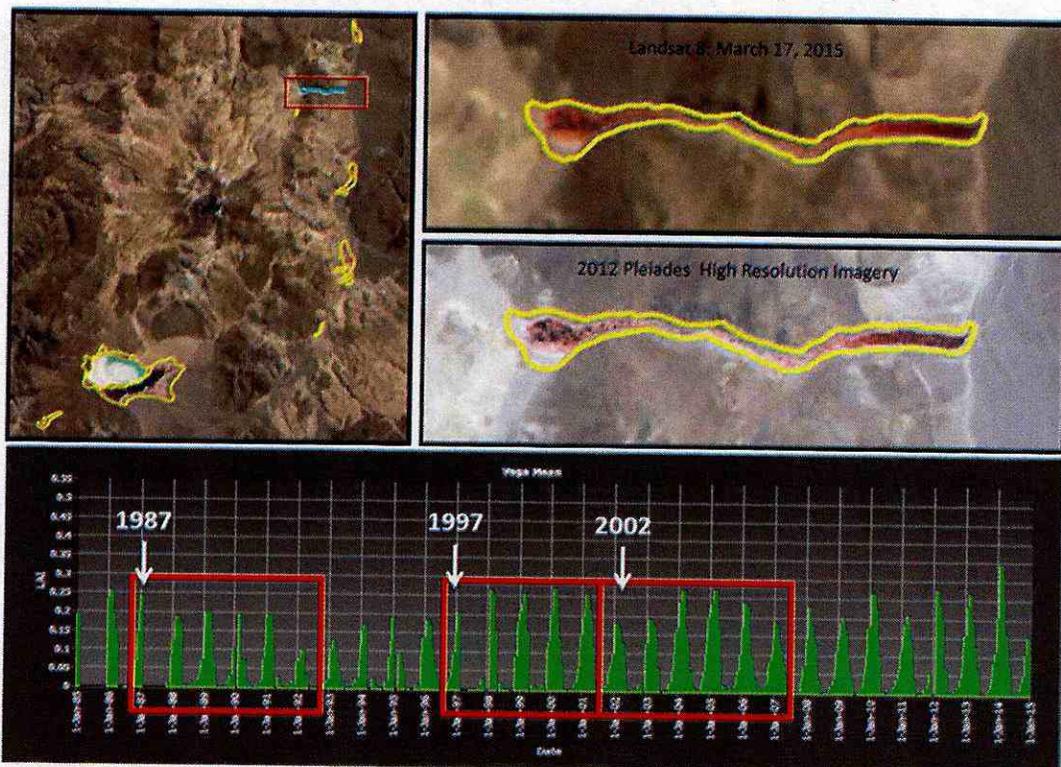


Figura 7

Análisis Multitemporal Índice LAI para Humedal Completo (Promedio)



Nota: La imagen *pleiades* se emplea aquí solo con fines ilustrativos y bajo ninguna circunstancia para efectuar análisis radiométricos ni cálculos de índices vegetacionales.

De acuerdo a lo expuesto precedentemente, es decir, que el humedal Quebrada Villalobos en su conjunto no es sensible a la cantidad de agua disponible y que la hidrodinámica del humedal Quebrada de Villalobos es completamente diferente a la hidrodinámica de Barros Negros Sur solo puede concluirse que, al menos desde una perspectiva técnica, el humedal Quebrada Villalobos no sería representativo de los otros humedales ubicados en el eje de la Quebrada Ciénaga Redonda y no debería considerarse un humedal patrón.

2. Vicios en la metodología utilizada por el SAG para arribar a las conclusiones.

2.1. Utilización de imágenes no comparables

2.1.1. *Utilización de sensores distintos en el análisis del SAG*

Como se puede apreciar del análisis de los distintos estudios efectuados por el SAG, la utilización de imágenes satelitales corresponde a un insumo esencial para sostener y justificar técnicamente las conclusiones arribadas en los mencionados informes.

Las imágenes utilizadas por el SAG no son técnicamente comparables, ni mucho menos permiten arribar a las conclusiones señaladas en su informe. Lo anterior, dado que provienen de distintos sensores los que presentan diversas resoluciones espaciales y espectrales, lo que se traduce en que la signatura (firma o característica) espectral de un pixel puede variar aunque se mantenga constante la cubierta a observar.

El análisis multitemporal requiere que las imágenes a comparar se ajusten geográfica y radiométricamente entre sí; este último factor se refiere a que se debe minimizar la variación entre las imágenes a comparar producto de las diferencias en las condiciones de observación, condiciones atmosféricas y/o calibraciones del sensor utilizado.

Por su parte, en el Informe Técnico SAG no se establece explícitamente que antes de usar las imágenes, haya habido previamente una normalización de las imágenes, proceso técnicamente imprescindible para poder establecer comparaciones y conclusiones a partir de ellas.

Así, el análisis realizado en Barros Negros (Valle Ancho) se basa en la comparación de imágenes de dos sensores distintos que presentan diferencias espectrales y dado que no se indica si se realizaron correcciones geométricas y espectrales de las imágenes, se considera que los valores del índice de vegetación utilizado (SAVI) son inválidos dada la inexistencia de

correcciones necesarias que permitan igualar la magnitud de los valores del índice en cada escena.

Este punto se ve reforzado por el hecho que el propio SAG señala en su documento denominado “Informe SAG Ciénaga Redonda, Barros Negros Pantanillo 2013” que “*no se pueden utilizar imágenes provenientes de distintos sensores en un análisis multitemporal si sus rangos espectrales son distintos ya que los montos de reflectividad no son comparables*”¹.

Lo mismo ocurre con el análisis de Quebrada Villalobos, donde la autoridad reconoce expresamente la diferencia de escala de los sensores utilizados y su influencia sobre el análisis, sin embargo no hace lo mismo respecto de las diferencias espectrales entre los sensores utilizados, lo que según lo anteriormente expuesto, puede distorsionar aún más el análisis de la respuesta de la vegetación mediante índices espectrales (NDVI, SAVI, etc.).

2.1.2. Comparación de diferentes períodos de crecimiento

Por otro lado, las imágenes utilizadas representan periodos diferentes de crecimiento, que no son comparables dado que para la evaluación comparativa en Barros Negros se utilizaron imágenes correspondientes a los meses de abril de 2013 y febrero de 2014, existiendo entre ambas fechas un desfase de más de un mes dentro del ciclo de crecimiento natural del humedal evaluado.

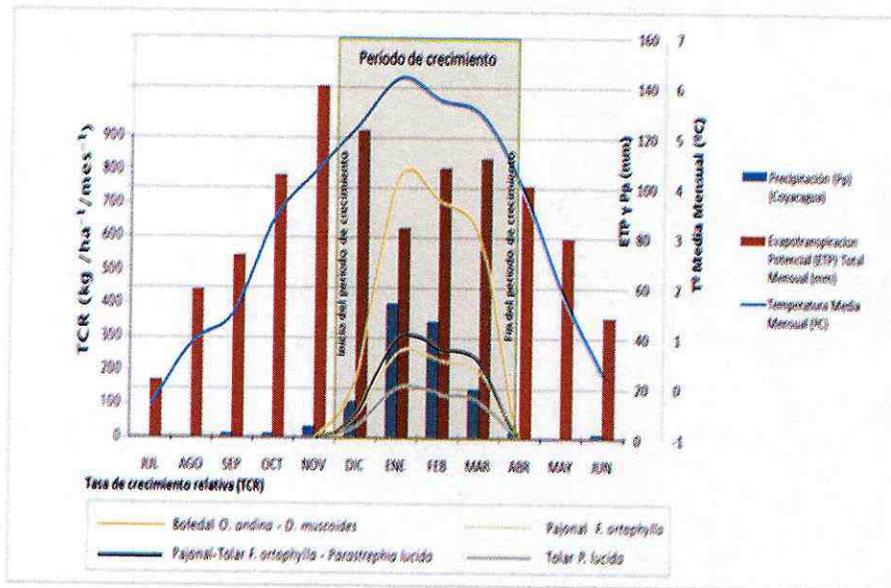
Considerando que el período de crecimiento de los sistemas de vegetación azonal hídrica altoandina ocurre en no más de 6 meses al año, (noviembre a abril aproximadamente, ver gráfico 1), las diferencias de más de un mes en las imágenes, capturan también las diferencias dentro del ciclo de crecimiento de la vegetación, lo que claramente puede resultar significativo al momento de evaluar su estado y evolución en este tipo de sistemas. En este sentido, la literatura recomienda (Chuvieco 2002²) que las imágenes a comparar sean de la misma época del año a fin de aislar o minimizar los cambios producidos por distintos estados fenológicos en las cubiertas vegetales analizadas.

¹ Informe SAG Ciénaga Redonda, Barros Negros Pantanillo 2013, página 11, párrafo 5.

² Chuvieco, E. 2002. Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Ed. Ariel, 2ª Ed.; 586 pp.

Gráfico 1:

Tasa de crecimiento relativa de distintos tipos de praderas altiplánicas y su relación con la temperatura media y precipitación del sector altiplánico*.



* Esta figura grafica la situación bioclimática en el altiplano norte de Chile, no obstante representa la tendencia en el altiplano de Atacama, en donde las condiciones biofísicas son aún más restrictivas.

Por último, los niveles de actividad de la vegetación presentes dentro cada humedal son diferentes. Así, el humedal de Barros Negros presenta niveles de actividad que van desde niveles muy bajos en aquellos sectores con escasa vegetación, los cuales además ocupan una importante superficie del humedal, hasta sectores con una alta actividad en aquellas áreas con mayor disponibilidad hídrica; en tanto el humedal de Villalobos corresponde a una unidad relativamente continua y que presenta una alta actividad de la vegetación en gran parte de su extensión dada su alta disponibilidad hídrica lo que lo hace poco comparable con el humedal de Barros Negros y los demás ubicados en el sistema Pantanillo-Ciénaga Redonda.

2.1.3. Comparación de cambios en las cubiertas de vegetación entre los años 2013-2014 en humedales significativos

Con el propósito de mostrar cómo influye en los resultados el realizar las correcciones de los aspectos observados respecto de la metodología, la consultora especializada Biota ha realizado el mismo análisis efectuado y presentado por el informe del SAG, arribando a resultados diferentes, lo que ratifica que no se puede tener por válidas las conclusiones del informe SAG.

Así, realizando un desarrollo adecuado de las metodologías aplicables a este tipo de investigaciones desarrolladas en extenso en el anexo N° 2 de esta presentación³, a partir del análisis de los humedales de Barros Negros (Valle Ancho) y Villalobos se establece que la disminución de la vegetación activa informada por la autoridad en el humedal de Barros Negros (Valle Ancho) con un valor de alrededor de 40 ha no sería tal, sino que se trataría de una variación del 5% (posiblemente la diferencia registrada se deba a las inconsistencias metodológicas detectadas en el análisis).

Por su parte el humedal de Villalobos, contrario a lo que indica el SAG, presenta variaciones en la superficie de la vegetación activa entre los años 2013 y 2014 correspondientes a una disminución del 7,6% en la porción norte y un aumento del 4,2% en la porción sur del humedal, las cuales son muy superiores a las señaladas por dicha autoridad en su informe (alrededor de 1% de disminución de vegetación activa). En ambos casos estas variaciones en superficie de vegetación activa son esperables y pueden tener diversas causas naturales, no correspondiendo necesariamente a la influencia antrópica que sobre ellos se pueda estar ejerciendo.

2.2. Comportamiento heterogéneo del Humedal Quebrada Villalobos

Por otro lado, es posible reconocer diferentes comunidades vegetacionales en sectores específicos de las secciones aguas arriba y aguas abajo del humedal Quebrada Villalobos. En particular, en la sección aguas arriba se tienen comunidades de “Vega” y “Bofedal”, y en la sección de aguas abajo se tiene una comunidad de “Bofedal”.

³ Informe denominado “Revisión del Informe “Análisis Actualizado del Comportamiento de la Vegetación en las Áreas del Corredor Biológico Pantanillo, Ciénaga Redonda y Quebrada Villalobos”, preparado por Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda., Diciembre 2015

Figura 3.2

Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Vega, Sección Aguas Arriba

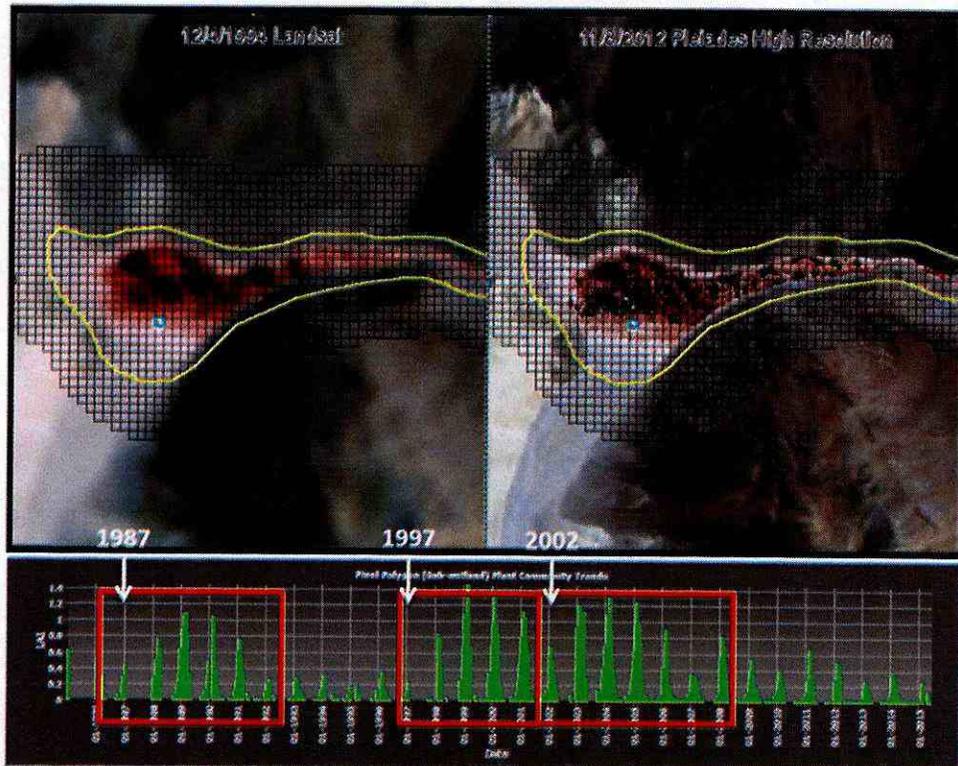


Figura 3.3

Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Bofedal, Sección Aguas Arriba

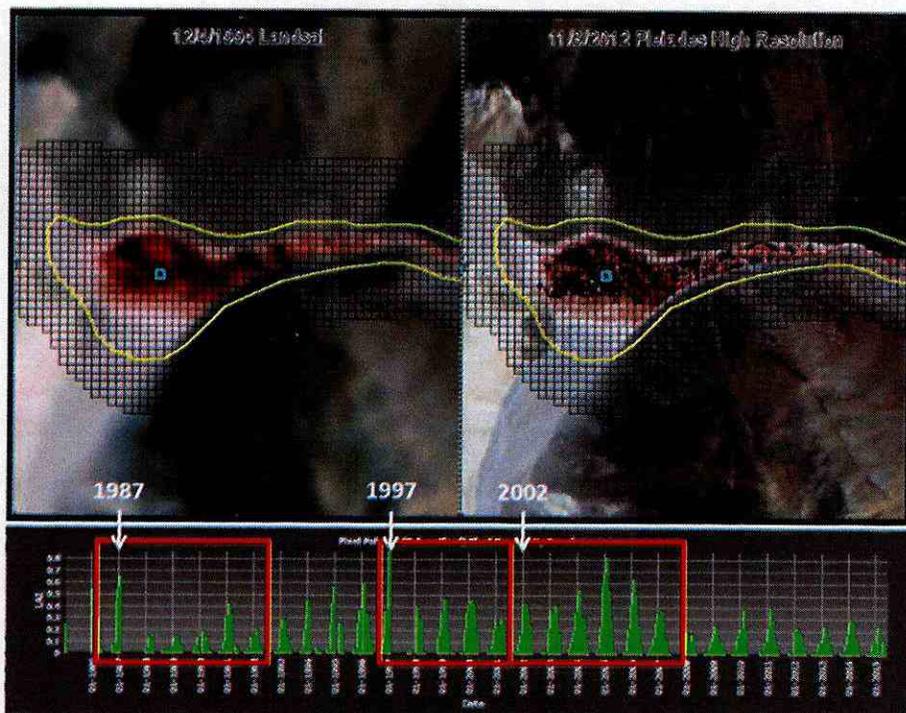
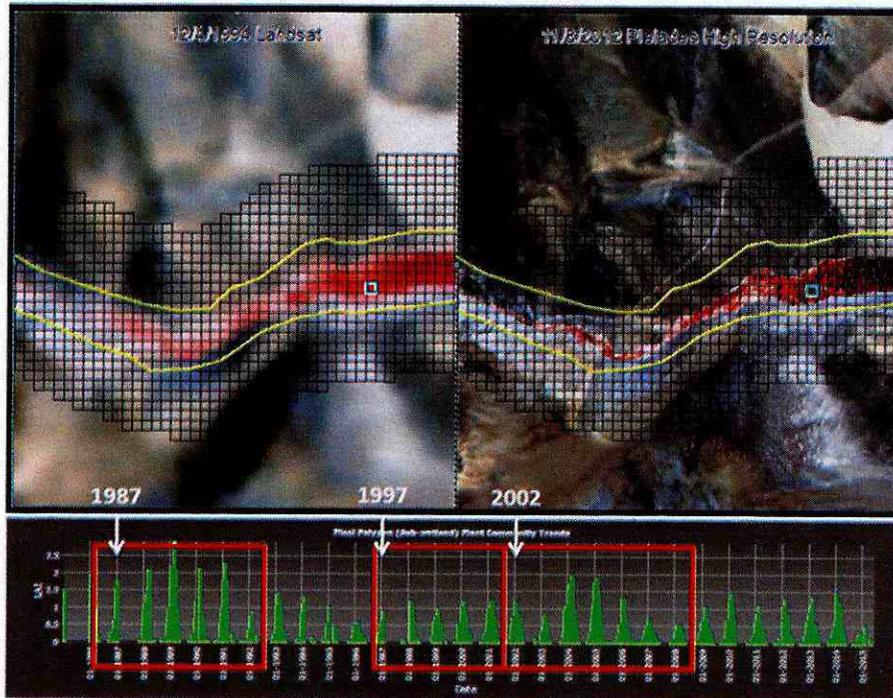


Figura 3.4

Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Bofedal, Sección Aguas Abajo



A partir del análisis multitemporal (30 años) del índice LAI, junto con la estadística pluviométrica y de caudales en Quebrada Villalobos, se tiene que algunas de estas comunidades y sectores específicos del humedal en algunos periodos de tiempo responden de manera directa a las condiciones climáticas (disponibilidad de agua), mientras que otros no lo hacen de igual forma, evidenciando el comportamiento heterogéneo del humedal Quebrada Villalobos. Por lo anterior, 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.

2.3. Horizonte de tiempo considerado es inadecuado

La solicitud de la SMA al SAG consistió en “Realizar un análisis de las imágenes satelitales disponibles, correspondientes al periodo más actual no cubierto por el Informe SAG Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo 2013”. Ello implicaría considerar los años 2012, 2013 y 2014 cuestión que el SAG no realiza limitándose a considerar los años 2013 y 2014 y sin incorporar el análisis de la tendencia histórica de la actividad de la vegetación en las zonas de estudio.

A diferencia de lo solicitado por la SMA, el análisis realizado por el SAG es muy acotado y sólo se centra en lo que ocurre en un período de tiempo específico (2013 y 2014), además de no abordar o considerar las condiciones meteorológicas del período o la disponibilidad de agua en los humedales. Además no incorpora la data histórica de los informes SAG anteriores en su análisis, y por ende no realizó el análisis histórico de los datos

actualizados al año 2014, realizando solo una comparación parcial entre los años 2013-2014, lo que es a todas luces insuficiente para los objetivos buscados.

En efecto, un análisis multitemporal detallado a largo plazo (30 años) del comportamiento del humedal Quebrada Villalobos muestra claramente y sin lugar a dudas que su comportamiento es muy heterogéneo, por lo tanto, tomar como muestra un par de años aislados no es necesariamente representativo del comportamiento del humedal.

3. Conclusiones

En definitiva, se puede concluir lo siguiente:

- Tomando en consideración que el humedal Quebrada Villalobos en su conjunto no es sensible a la cantidad de agua disponible y que la hidrodinámica del humedal Quebrada de Villalobos es completamente diferente a la hidrodinámica de Barros Negros Sur solo puede concluirse que, al menos desde una perspectiva técnica, el humedal Quebrada Villalobos no sería representativo de los otros humedales ubicados en el eje de la Quebrada Ciénaga Redonda y no debería considerarse un humedal patrón.
- El informe analizado presenta debilidades metodológicas que hacen que los resultados obtenidos no puedan ser considerados concluyentes y válidos, debido principalmente a:
 - Que en las comparaciones se emplean diferentes sensores, no dejando claro en el informe si se realizaron las correcciones geométricas, espectrales y la normalización de los valores de las escenas a comparar.
 - Se realizan comparaciones con desfase de fechas, las cuales representan periodos diferentes de crecimiento existiendo entre ambas fechas un desfase de más de un mes dentro del ciclo de crecimiento natural del humedal evaluado, lo que las torna no comparables, y
 - La comparación se realiza entre unidades de vegetación que poseen un comportamiento distinto en términos de la actividad de la vegetación.

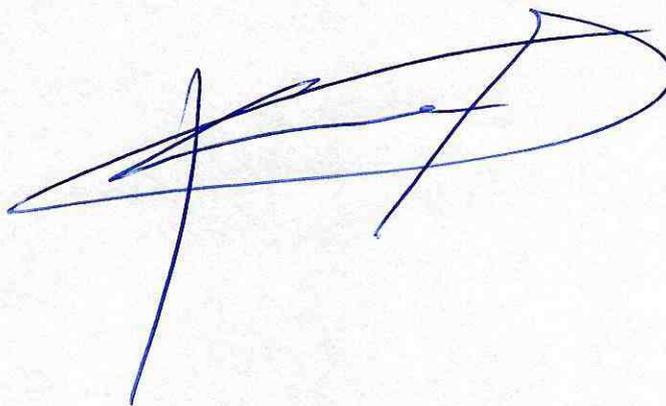
Por este motivo, la conclusión arribada en el mencionado informe no puede ser considerada técnicamente como válida y mucho menos servir de sustento a una potencial sanción a ser aplicada por esta autoridad a mi representada,

Por tanto,

Sírvase Sr. Fiscal Instructor: tener por presentados las observaciones formuladas por esta parte al Informe Técnico presentado por el Servicio Agrícola y Ganadero como respuesta al requerimiento de información realizado por esta Superintendencia, y tomando en cuenta el mérito y suficiencia de los argumentos técnicos señalados, prescinda de los mencionados documentos del SAG en su análisis de las potenciales responsabilidades a ser asignadas a mi representada de las conclusiones arribadas por el Servicio Agrícola y Ganadero por ser estas erróneas desde una punto de vista científico.

En el otrosí: Con miras a otorgar a esta Superintendencia de todos los antecedentes técnicos necesarios que fundamentan las aseveraciones realizadas por esta parte en el presente escrito, acompañamos a éste los siguientes informes técnicos confeccionado por especialistas tanto en temas hidrológicos como en temas de bióticos:

- 1) Anexo N° 1: Memorándum Técnico Humedal Villalobos como Sistema Patrón, preparado por Hidromas, Diciembre 2015.
- 2) Anexo N° 2: Informe denominado “Revisión del Informe “Análisis Actualizado del Comportamiento de la Vegetación en las Áreas del Corredor Biológico Pantanillo, Ciénaga Redonda y Quebrada Villalobos”, preparado por Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda., Diciembre 2015.





INFORME TÉCNICO

REVISIÓN DEL INFORME “ANÁLISIS ACTUALIZADO DEL COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN EN LAS ÁREAS DEL CORREDOR BIOLÓGICO PANTANILLO, CIÉNAGA REDONDA Y QUEBRADA VILLALOBOS”

INFORME FINAL

Preparado por

Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda.

Para

Kinross

Diciembre de 2015

INFORME TÉCNICO**"REVISIÓN DEL INFORME "ANÁLISIS ACTUALIZADO DEL
COMPORTAMIENTO DE LA VEGETACIÓN EN LAS ÁREAS DEL CORREDOR
BIOLÓGICO PANTANILLO, CIÉNAGA REDONDA Y QUEBRADA
VILLALOBOS"****INFORME FINAL**

Empresa Ejecutora: Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda.

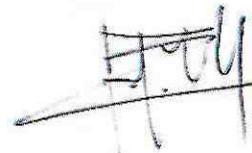
Domicilio: Miguel Claro 1224, Providencia.

Representante legal: Patricio Bobadilla Z.

Encargado del Estudio: Luis Faúndez Y. Director de Proyectos.

Equipo Técnico: Luis Faúndez Y.

Miguel Escobar V.



Responsable Técnico

Luis Faúndez Yancas

Ingeniero Agrónomo

RUN 7.651.519-0

INDICE DE CONTENIDOS

1.- REVISIÓN DE LA RESPUESTA A LA RES. EX. N°11/D-14-2015 POR PARTE DEL SAG.	4
1. 1- Tipos de imágenes utilizadas.	4
1.2- Temporalidad de las imágenes utilizadas.	6
1.3. Niveles de Actividad de la Vegetación presente en cada humedal	7
2.- EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS HUMEDALES DE "BARROS NEGROS" (VALLE ANCHO) Y VILLALOBOS.	8
2.1. Resultados	8
Humedal de Barros Negros (Valle Ancho)	8
Humedal de Villalobos	11

Biota ha revisado el informe "Análisis Actualizado del Comportamiento de la vegetación en las áreas del Corredor Biológico Pantanillo, Ciénaga Redonda y Quebrada Villalobos", elaborado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) en respuesta a la consulta realizada por la Superintendencia de Medio Ambiente formulada a través de la Res. Ex. N°11/D-14-2015, en el marco del proceso de sanción iniciado por esta última.

1.- Revisión de la Respuesta a la Res. Ex. N°11/D-14-2015 por parte del SAG.

Como resultado de la revisión del referido informe de actualización del análisis multitemporal de los sectores Ciénaga Redonda, Barros Negros Pantanillo y Villalobos, es posible indicar que este contiene errores metodológicos que invalidan las conclusiones generadas a partir de ellos, y que estos errores radican en el tipo de imagen utilizada para el análisis multitemporal y en la fecha de comparación de las mismas.

A continuación se presenta el análisis de estos aspectos:

1. 1- Tipos de imágenes utilizadas.

Para el análisis multitemporal de Valle Ancho (incluido en el sector de Barros Negros) y Quebrada Villalobos se utilizaron imágenes provenientes de distintos sensores que presentan distinta resolución espacial y espectral. De acuerdo con Chuvieco (2002¹) el análisis multitemporal requiere que las imágenes a comparar se ajusten geográficamente y radiométricamente entre sí; este último factor se refiere a que se debe minimizar la variación entre las imágenes a comparar producto de las diferencias en las condiciones de observación, condiciones atmosféricas y/o calibraciones del sensor, estos tres factores pueden afectar la signatura (firma o característica) espectral de un pixel aunque se mantenga constante la cubierta a observar. Se hace necesario realizar un proceso de normalización de las imágenes que permita su comparación, sobre todo si provienen de sensores distintos. Este proceso no se menciona en el informe emanado por la autoridad, por lo tanto no se conoce si ha sido realizado.

En el análisis del humedal de Barros Negros (Valle Ancho) se utilizaron imágenes provenientes de la constelación de satélites RapidEye (abril 2013) e imágenes provenientes de la constelación SPOT 7 (febrero 2014), ambos tipos de imágenes presentan una serie de diferencias entre las que destacan las resolución espacial y rango espectral de cada uno de ellos, en el Cuadro 1 se muestran las características principales de los sensores utilizados en el análisis, se agregan también las características técnicas de las imágenes *Pleiades* utilizada en el humedal de Villalobos.

¹ Chuvieco, E. 2002. Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Ed. Ariel, 2ª Ed.; 586 pp.

Cuadro 1: Especificaciones comparativas de los sistemas SPOT 7², RapidEye³ y Pleiades⁴.

Característica	SPOT 7	RapidEye	Pleiades
Resolución espacial	1,5 m	5 m	Pancromático: 0,5 m Multiespectral: 2 m
Rango espectral			
Pancromático	450-745 nm	No posee	470-830 nm
Azul	450-520 nm	440-510nm	430-550 nm
Verde	530-590 nm	520-590 nm	500-620 nm
Rojo	625-695 nm	630-985 nm	590-710 nm
Red-edge	No posee	690-730 nm	No posee
NIR	760-890 nm	760-850 nm	760-890 nm

Fuente: elaboración propia a partir de la especificaciones técnicas de cada sensor.

En el cuadro anterior se puede observar que existen diferencias espaciales entre ambos sensores que determinan un distinto grado de sensibilidad con que una misma cubierta vegetal es evaluada por cada sensor. Más relevante aún son las diferencias espectrales que poseen cada una de las bandas que componen la imagen resultante de cada satélite, estos valores diferenciales por muy pequeños que sean inciden directamente sobre los valores de banda que puede tener un pixel en particular en cada una de las imágenes en un momento determinado, esto se complejiza más aun si los valores de las distintas bandas de cada imagen se usan de manera combinada tal como es el caso de los índices de vegetación que corresponden a una operación algebraica entre bandas de una misma escena. Eventualmente, se podría hacer un análisis multitemporal con imágenes provenientes de dos sensores distintos, para lo cual las escenas a utilizar deberían ser corregidas geométrica y espectralmente, lo que significa que se debe asegurar que se está situado en la misma zona para ambas fechas, y que la variable que se esta comparando esté en la misma escala de medida (Chuvieco 2002⁵).

Así, el análisis realizado en Barros Negros (Valle Ancho) se basa en la comparación de imágenes de dos sensores distintos que presentan diferencias espectrales y dado que no se indica si se realizaron correcciones geométricas y espectrales de las imágenes, se considera que los valores del índice de vegetación utilizado (SAVI) son inválidos si no se han realizado las correcciones necesarias que permitan igualar la magnitud de los valores del índice en cada escena, además el **propio SAG señala en su Informe SAG Ciénaga Redonda, Barros Negros Pantanillo 2013 que no**

² http://www2.geo-airbusds.com/files/pmedia/public/r12785_9_spot6-7_ficha_tecnica.pdf

³ http://www.geosoluciones.cl/documentos/rapideye/RapidEye_Mosaic_Product_Specifications_ES.pdf

⁴ <http://www.imagine-it.cl/web/index.php/imagenes-satelitales/2013-11-19-17-13-00/pleiades>

⁵ Chuvieco, op cti.

se pueden utilizar imágenes provenientes de distintos sensores en un análisis multitemporal si sus rangos espectrales son distintos ya que los montos de reflectividad no son comparables (Informe SAG Ciénaga Redonda, Barros Negros Pantanillo 2013, página 11, párrafo 5).

Lo mismo ocurre con el análisis de Quebrada Villalobos, donde además la autoridad reconoce la diferencia de escalas de los sensores utilizados y su influencia sobre el análisis, sin embargo no hace lo mismo respecto de las diferencias espectrales entre los sensores utilizados lo que, según lo anteriormente expuesto, puede distorsionar aún más el análisis de la respuesta de la vegetación mediante índices espectrales (NDVI, SAVI, etc.).

Producto de lo anterior, es que el análisis entregado por la Autoridad presentaría inconsistencias metodológicas, en relación con los requisitos de las imágenes para el desarrollo de un análisis multitemporal, que invalidan los resultados obtenidos.

1.2- Temporalidad de las imágenes utilizadas.

Para la evaluación comparativa en Barros Negros (Valle Ancho) se utilizaron imágenes correspondientes a los meses de abril de 2013 y febrero de 2014, existe entre ambas fechas un desfase de poco más de un mes dentro del ciclo de crecimiento natural del humedal evaluado. Considerando que el período de crecimiento de los sistemas de vegetación azonal hídrica altoandina ocurre en no más de 6 meses al año, noviembre a abril aproximadamente (ver gráfico 1), las diferencias de más de un mes en las imágenes, captura también las diferencias dentro del ciclo de crecimiento de la vegetación, lo que claramente puede resultar significativo al momento de evaluar su estado y evolución en este tipo de sistemas. La Literatura recomienda (Chuvieco 2002⁶) que las imágenes a comparar sean de la misma época del año a fin de aislar o minimizar los cambios producidos por distintos estadios fenológicos en las cubiertas vegetales analizadas.

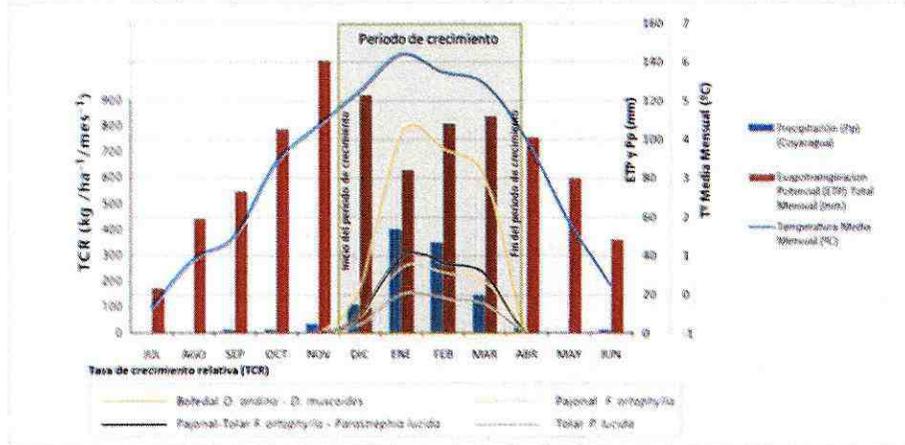
En el gráfico 1 se muestra la relación entre la temperatura, precipitación y la tasa de crecimiento relativa de distintos tipos de praderas y matorrales del tipo hídrico presentes en la zona altiplánica del país, en cual fue elaborado a partir de la recopilación de antecedentes climáticos (CNR - CIREN, 2007)⁷, y el modelo de crecimiento de distintas praderas altiplánicas presentado por Castellaro (2005)⁸.

⁶ Chuvieco, op cti.

⁷ CNR - CIREN, 2007. Cálculo y cartografía de la evapotranspiración potencial en Chile, informe final. Comisión Nacional de Riego (CNR) – Centro de información de recursos naturales (CIREN). 14 pp más anexos.

⁸ Castellaro G., 2005. Manejo nutritivo de la vicuña en condiciones de pastoreo. En: Galaz J. & Gonzáles G. (Eds.). Técnicas para el Manejo Productivo de la Vicuña (Vicugna vicugna Molina, 1782) en Chile. Corporación Nacional Forestal (CONAF) – Fundación para la Innovación Agraria (FIA), pág. 230.

Gráfico 1: Tasa de crecimiento relativa de distintos tipos de praderas altiplánicas y su relación con la temperatura media y precipitación del sector altiplánico.



Caso similar se registra en el análisis desarrollado en quebrada Villalobos, donde, junto con utilizar distintos sensores y con diferente resolución espacial y espectral, tal como se explicó precedentemente, hay una diferencia entre las imágenes RapidEye (abril 2014) y Pleiades (noviembre 2012) las cuales corresponden temporalmente al término y al inicio del período de actividad de la vegetación en el humedal y que concuerdan con períodos de baja actividad de la misma, tal como se puede apreciar en el ejemplo mostrado en el gráfico 1.

1.3. Niveles de Actividad de la Vegetación presente en cada humedal

Otro detalle no menos importante es que la comparación se realiza entre humedales que presentan niveles de actividad de la vegetación muy distintos. Así, el humedal de Barros Negros (Valle Ancho) presenta niveles de actividad que van desde niveles muy bajos en aquellos sectores con escasa vegetación, los cuales además ocupan una importante superficie del humedal, presenta también sectores con una alta actividad en aquellas áreas con mayor disponibilidad hídrica, mientras que el humedal de Villalobos corresponde a una unidad relativamente continua y que presenta una alta actividad de la vegetación en gran parte de su extensión dada su alta disponibilidad hídrica lo que lo hace poco comparable con el humedal de Barros Negros (Valle Ancho) y los demás ubicados en el sistema Pantanillo-Ciénaga Redonda.

En definitiva, se puede concluir que el análisis efectuado por la Autoridad presenta debilidades metodológicas que hacen que los resultados obtenidos no puedan ser considerados concluyentes, debido principalmente a que en las comparaciones se emplean diferentes sensores, no dejando claro en el informe si se realizaron las correcciones geométricas, espectrales y la normalización de los valores de las escenas a comparar, además se realizan comparaciones con desfase de fechas y la comparación se realiza entre unidades de vegetación que poseen un comportamiento distinto en términos de la actividad de la vegetación.

2.- Evaluación comparativa de los humedales de "Barros Negros" (Valle Ancho) y Villalobos.

Considerando lo anterior, con el propósito de estudiar la dinámica de estos sistemas y verificar los resultados de la autoridad, Biota ha realizado una evaluación temporal de los humedales de Barros Negros (Valle Ancho) y Villalobos que busca medir el estado de la vegetación en dos fechas distintas para posteriormente contrastar ambas fechas; los datos a evaluar se han obtenido en momentos en que la superficie terrestre presente estados similares, a fin de minimizar las diferencias producidas por el cambio temporal de la cubierta vegetal y se ha utilizado el mismo sensor con las respectivas correcciones, utilizando como parámetros de comparación unidades de vegetación homologas entre sí, en términos del tipo de vegetación y sus propiedades.

Se procedió a evaluar el estado de la vegetación mediante el cálculo del índice de vegetación NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada) en ambos humedales utilizando dos imágenes provenientes del satélite Landsat 7 (sensor ETM+, producto SR) capturadas en el mes de febrero de cada año con fechas 15-02-2013 y 18-02-2014 respectivamente.

Este análisis tiene como propósito corroborar si los resultados obtenidos por la Autoridad (informe SAG), en términos de la variación de la superficie de vegetación activa, son coincidentes o no.

2.1. Resultados

A diferencia de lo presentado en el "Estudio Multitemporal de la Vegetación Azonal Hídrica, Sectores Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda" (Biota 2015), acompañado en los descargos presentados por Compañía Minera Maricunga, el presente análisis permite cuantificar en términos de superficie el estado de la vegetación y la variación interanual que la vegetación activa presentó entre ambas temporadas, segregando entre vegetación activa y áreas sin vegetación (vegetación seca o de baja actividad y suelo desnudo), estableciendo para ello un valor umbral del NDVI. Se utilizó un valor umbral de NDVI de 0,18⁹ que representa el límite entre la vegetación seca o de baja actividad, y la vegetación activa en el humedal de Barros Negros (Valle Ancho) según los resultados obtenidos en Biota, 2015. Se utilizó este mismo valor para segregar la vegetación en el humedal de Villalobos, y de este modo poder comparar ambas áreas, los resultados del análisis interanual para ambos humedales se presentan a continuación.

Humedal de Barros Negros (Valle Ancho)

En este humedal, para un valor umbral del NDVI (Landsat SR) de 0,18 se tiene una superficie de vegetación activa¹⁰ para el año 2013 de 108,72 ha, mientras que el año 2014 presenta una superficie de 103,5 ha, lo que equivale a una disminución del 4,8% de la superficie de vegetación activa entre ambas temporadas (ver cuadro 2), lo que no se equipara en ningún caso con lo señalado por la Autoridad, quien afirma que en este humedal existe una disminución de alrededor de un 40% de la superficie de vegetación activa. En la figura 2 se muestra la comparación entre las

⁹ Este valor representa el promedio de los valores máximos obtenidos para la vegetación con baja actividad o vegetación seca en el informe Biota, 2015.

¹⁰ Superficie de vegetación activa, este valor depende directamente del valor umbral de NDVI utilizado y puede presentar diferencias respecto a la superficie de vegetación presentado en otros estudios referentes a este humedal.

imágenes de los años 2013 y 2014. Esto puede parecer un cambio de superficie significativa, que podría apuntar en el sentido que señala la autoridad, respecto a descartar un efecto global y dejar de manifiesto un efecto producto de una actividad externa al sistema (extracción hídrica, por ejemplo). Sin embargo, si se observa en la misma figura, los humedales laterales (hacia el O y NO) al sistema Valle Ancho, la vegetación activa también presenta una reducción de superficie.

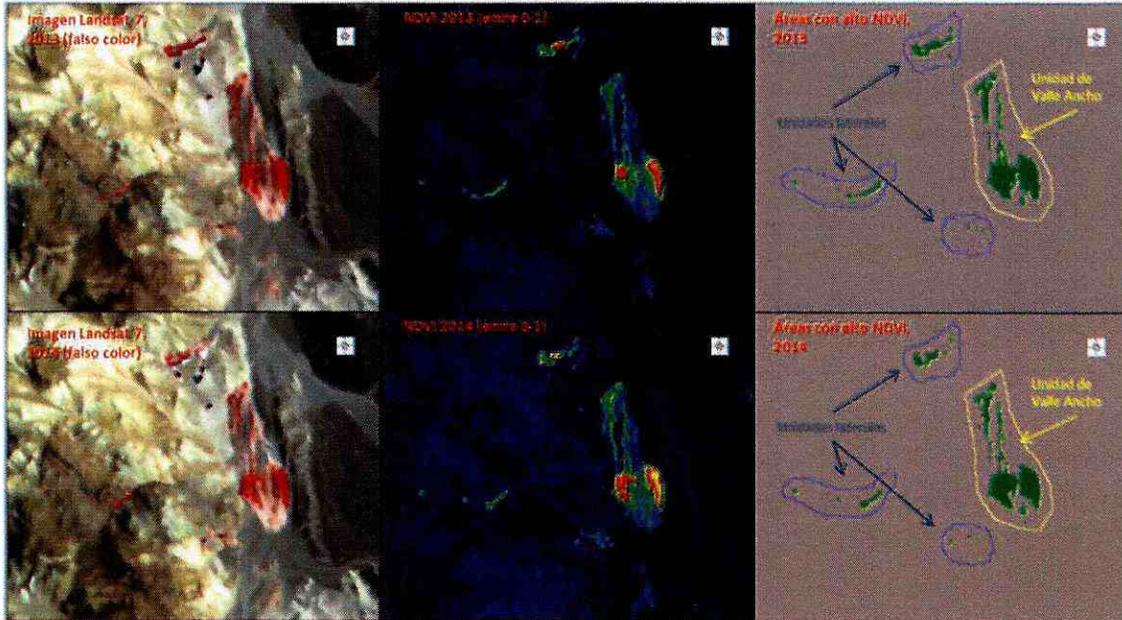
Cuadro 2: Superficie y variación inter anual de la vegetación activa en el humedal de Barros Negros (Valle Ancho) y unidades laterales para los años 2013 y 2014 (valor umbral NDVI (Landsat SR) NDVI=0,18).

Zona	Clase NDVI	Superficie anual vegetación activa [ha] (valor umbral NDVI = 0,18)			
		2013	2014	Diferencia en [ha]	% Variación
Valle ancho	NDVI (0.18 - 1)	108,72	103,5	-5,22	-4,8
Unidades laterales	NDVI (0.18 - 1)	26,82	25,47	-1,35	-5,0

Estos sistemas laterales, si bien pequeños en extensión, se encuentran en una posición topográfica, al menos en términos de cuenca espacial, más relacionada con el humedal de Valle Ancho que el humedal de Villalobos, el cual se pretende emplear como control para establecer el funcionamiento natural de estos sistemas en el área.

En estos casos existe una diferencia entre 2013 y 2014 de 1,35 ha, lo que equivale a una disminución del 5% de la superficie de la vegetación activa en estos sectores, este porcentaje es similar al observado en el humedal de Barros Negros (Valle Ancho) en el punto anterior.

Figura 2: Imagen Landsat 7 (RGB 432), NDVI e imagen parcializada entre áreas con vegetación y sin vegetación activa con un valor umbral del 0,18 NDVI para los años 2013 y 2014 humedal Barros Negros (Valle Ancho).



Fuente: elaboración propia

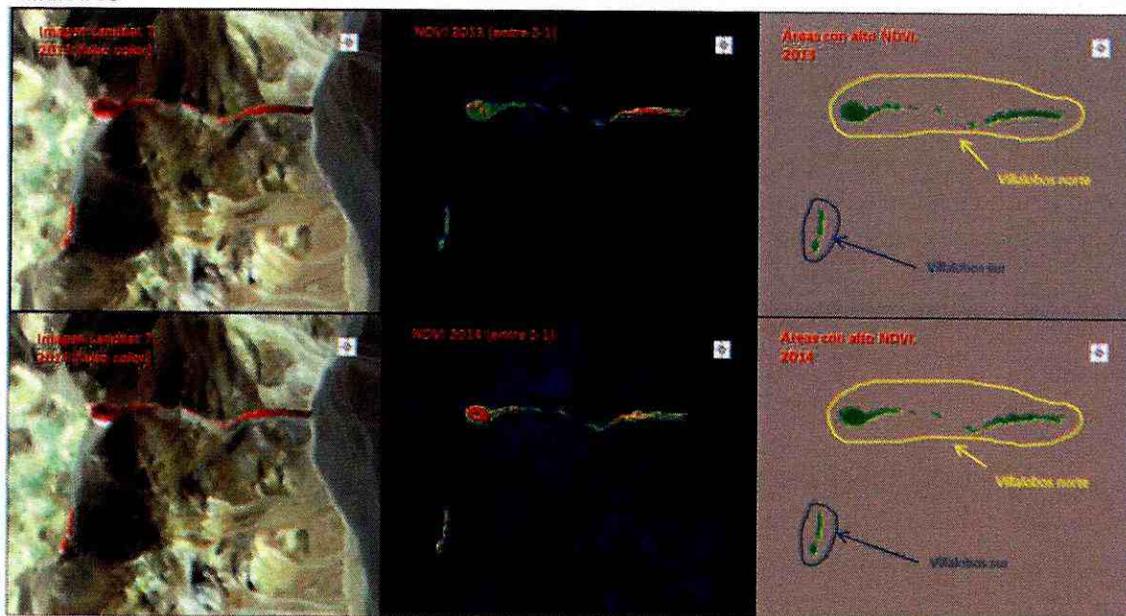
Humedal de Villalobos

De manera similar al sector de Barros Negros (Valle Ancho), el humedal de Villalobos presenta variaciones en la superficie de vegetación activa entre la temporada 2013 y 2014, tal como se puede observar en el cuadro 3 la porción norte del humedal (ver figura 3) presenta para un valor umbral del NDVI (Landsat SR) de 0,18 una superficie de vegetación activa de 45,9 ha mientras que en el año 2014 presenta una superficie de 42,4 ha lo que corresponde a una disminución de 3,5 ha equivalentes al 7,6% de la superficie de vegetación activa siendo este valor muy superior al registrado en el humedal de Barros Negros (Valle Ancho) y es contrario a lo que señala la autoridad quien afirma que en este sector prácticamente no hay variación en la vegetación, en la porción sur por su parte se observa un aumento de 0,27 ha equivalentes a un 4,2% de la superficie situación que aumenta de cierta forma la variabilidad del sistema de vegetación Villalobos ya que se registran áreas con disminución en la actividad de la vegetación y otras áreas en la cual aumenta .

Cuadro 3: Superficie y variación inter anual de la vegetación activa en el humedal de Villalobos Norte y Sur para los años 2013 y 2014 (valor umbral NDVI (Landsat SR) NDVI=0,18).

Zona	Clase NDVI	Superficie anual vegetación activa [ha] (valor umbral NDVI = 0,18)			
		2013	2014	Diferencia en [ha]	% Variación
Villalobos norte	NDVI (0.18 - 1)	45,9	42,39	-3,51	-7,6
Villalobos sur	NDVI (0.18 - 1)	6,39	6,66	0,27	4,2

Figura 3: Imagen Landsat 7 (RGB 432), NDVI e imagen parcializada entre áreas con vegetación y sin vegetación activa con un valor umbral del 0,18 NDVI para los años 2013 y 2014 humedal de Villalobos



Fuente: elaboración propia

Finalmente a partir del análisis de los humedales de Barros Negros (Valle Ancho) y Villalobos se establece que la disminución de la vegetación activa informada por la autoridad en el humedal de Barros Negros (Valle Ancho) con un valor de alrededor de 40 ha no es tal, sino que se trataría de un variación del 5%, y posiblemente la diferencia registrada se deba a las inconsistencias metodológicas detectadas en el análisis, por su parte el humedal de Villalobos, contrario a lo que indica la Autoridad, presenta variaciones en la superficie de la vegetación activa entre los años 2013 y 2014 correspondientes a una disminución del 7,6% en la porción norte y un aumento del 4,2% en la porción sur del humedal las cuales son muy superiores a las señaladas por la autoridad en su informe (alrededor de 1% de disminución de vegetación activa), en ambos casos estas variaciones en superficie de vegetación activa son esperables y pueden tener diversas causas naturales, no correspondiendo necesariamente a la influencia antrópica que sobre ellos se pueda estar ejerciendo.



MEMORANDUM TÉCNICO HUMEDAL VILLALOBOS COMO SISTEMA PATRÓN

INFORME Rev 1

Preparado para

Compañía Minera Maricunga (CMM)
Una empresa Kinross

18 de Diciembre de 2015

Preparado por
HIDROMAS LTDA

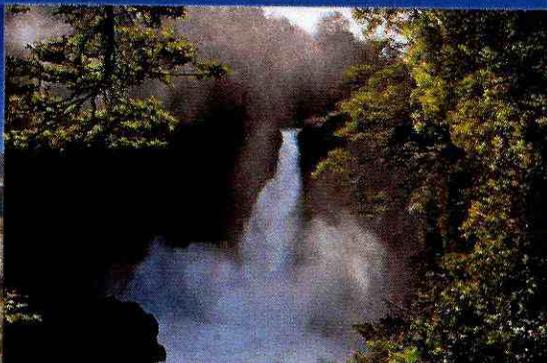


TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PARTE A – HUMEDAL QUEBRADA VILLALOBOS NO ES REPRESENTATIVO.....	1
2.1 Sensibilidad del humedal a la cantidad de agua disponible.....	1
2.2 Hidrodinámica, ubicación y configuración espacial de los humedales.....	6
2.2.1 <i>Quebrada Villalobos</i>	6
2.2.2 <i>Barros Negros (Valle Ancho)</i>	9
2.2.3 <i>Comparación entre humedales</i>	11
2.3 Conclusiones Parte A.....	13
3. PARTE B – COMENTARIOS ANÁLISIS SAG (2015).....	13

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Variación Anual Precipitación Anual en DGA Estación Pastos Grandes
Figura 2.2	Caudal Medio Anual en Estación DGA Villalobos en Vertedero
Figura 2.3	Análisis Multitemporal Índice LAI para Humedal Completo (Promedio)
Figura 2.4	Ubicación y Cuenca Aportante Humedal Villalobos
Figura 2.5	Representación Esquemática Hidrodinámica Humedal Villalobos
Figura 2.6	Ubicación y Cuenca Aportante Humedal Barros Negros (Valle Ancho)
Figura 2.7	Representación Esquemática Hidrodinámica Humedal Barros Negros (Valle Ancho)
Figura 3.1	Análisis Multitemporal Índice LAI para Humedal Completo (Promedio)
Figura 3.2	Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Vega, Sección Aguas Arriba
Figura 3.3	Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Bofedal, Sección Aguas Arriba
Figura 3.4	Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Bofedal, Sección Aguas Abajo

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo solicitado por Ximena Matas, de KINROSS, se presentan antecedentes que se han elaborado para mostrar que el humedal Quebrada Villalobos no es un sistema que pueda ser considerado como representativo de los humedales a lo largo de Quebrada Ciénaga Redonda.

En particular, para una mejor presentación de los antecedentes, este memorándum se ha organizado en dos partes:

- Parte A: se presentan las razones por las cuales el humedal Quebrada Villalobos no sería representativo de los otros humedales en la Quebrada Ciénaga Redonda.
- Parte B: adicionalmente, se analiza que la comparación realizada por SAG de la situación del humedal Quebrada Villalobos, sólo en los años 2013 y 2014, no es suficiente para caracterizar que no es afectada por condiciones de precipitación.

2. PARTE A – HUMEDAL QUEBRADA VILLALOBOS NO ES REPRESENTATIVO

2.1 Sensibilidad del humedal a la cantidad de agua disponible

El Servicio Agrícola y Ganadero (SGA) ha realizado el informe “Análisis Actualizado del Comportamiento de la Vegetación en las Áreas del Corredor Biológico Pantanillo – Ciénaga Redonda y Quebrada Villalobos” (2015)¹ y en el indica que durante los años 2013 y 2014 el humedal Quebrada Villalobos se ha mantenido estable, mientras que en el mismo período el humedal Barros Negros ha tenido un desecamiento de cerca del 40% de su superficie.

Lo anterior lleva al SAG a indicar que “la influencia del clima no es un factor relevante para el comportamiento de la vegetación tomando como área testigo el humedal 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”.

Para contrastar lo indicado por SAG, se utiliza información generada a partir de un análisis multitemporal de imágenes satelitales desarrollado por Formation Environmental (2015) para un periodo de 30 años (1985 a 2015) cuyo objetivo, en términos generales, ha sido entender los cambios naturales en la vegetación de los humedales en el Corredor Biológico Pantanillo – Ciénaga Redonda, así como determinar los potenciales cambios debido al bombeo del campo de pozos Pantanillo. Todo esto también ha sido desarrollado para ser comparado con el informe “Análisis de la Tendencia Histórica de

¹ Informe generado en respuesta a Res. Ex. N° 11/D-14-2015 de la Superintendencia del Medio Ambiente

Vegetación Azonal Hídrica sector Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo. Altiplano Región de Atacama” de SAG (2013).

En el trabajo desarrollado se utiliza el índice de Área Foliar, o LAI en inglés, ya que resulta el método más apropiado para la cuantificación de la actividad vegetal en el tiempo. El índice LAI es el más adecuado ya que es una medida directa de la vegetación fotosintéticamente activa. Además, es el índice adecuado para comprender el objetivo declarado del SAG: " Identificar zonas con mayor tasa de cambio (sea ésta positiva o negativa) asociado a superficie e índice de vigor o verdor de las diferentes formaciones vegetacionales.". Adicionalmente, se considera un análisis de cada humedal por completo, con valores promedios de LAI, y un análisis por comunidades vegetacionales de cada humedal.

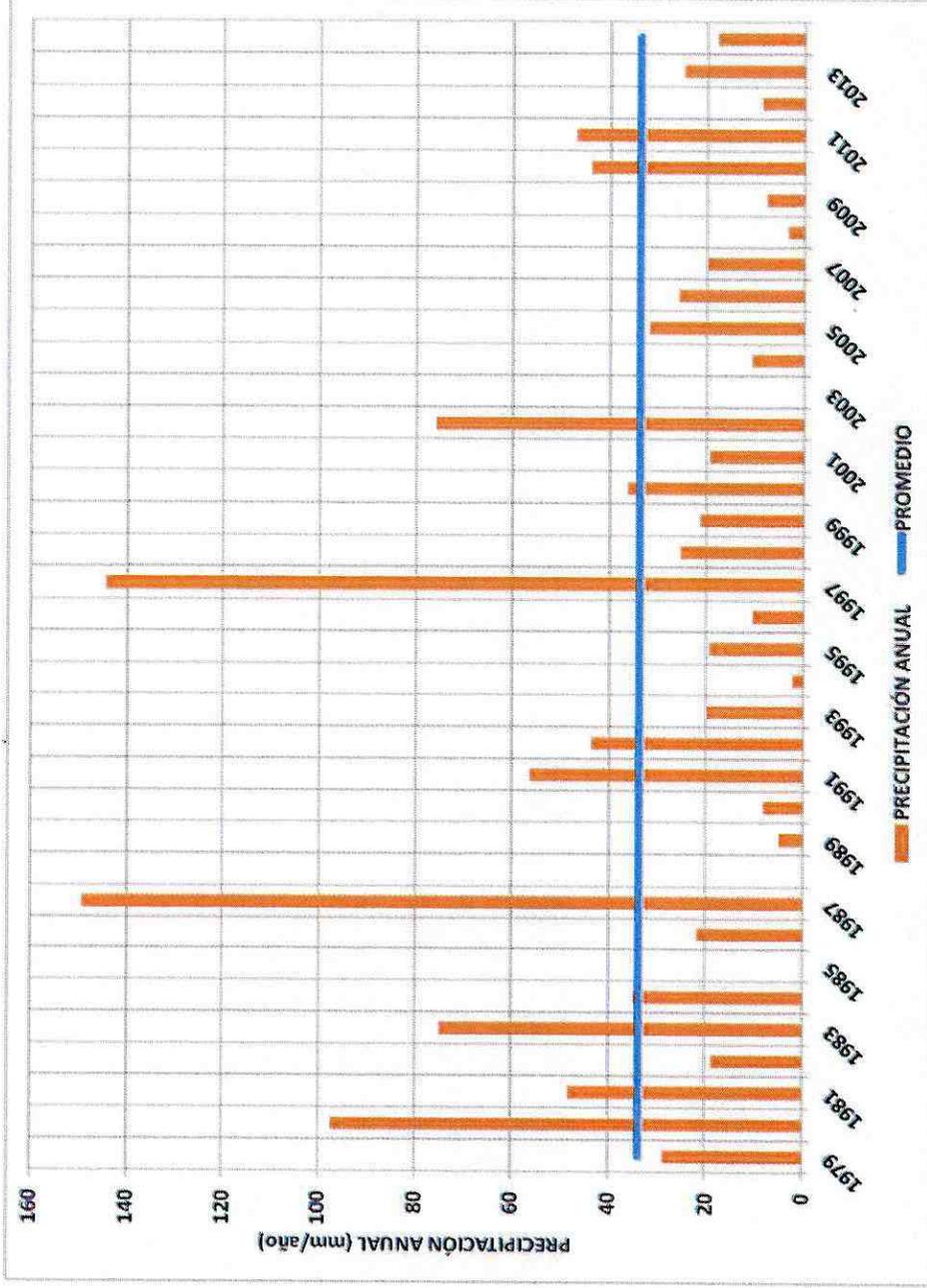
Los principales resultados del análisis multitemporal se han analizado en conjunto con las precipitaciones y caudales en el área de estudio y la ocurrencia del fenómeno de “El Niño” en Chile. En particular, los años 1987, 1997 y 2002 han sido años con presencia de “El Niño” en nuestro país, años con alta pluviosidad y mayor disponibilidad de agua, lo que se evidencia en la variación de la precipitación anual en la estación Pastos Grandes (Quebrada de Paipote, 2.260 msnm), la más cercana al humedal Quebrada Villalobos (Figura 2.1). Además, la mayor disponibilidad de agua en el humedal se evidencia en los caudales medidos en la estación DGA Villalobos en Vertedero (Figura 2.2).

El análisis realizado, utilizando el índice LAI promedio para el conjunto del humedal Villalobos, indica que este sistema no responde a las restricciones de agua (años 2013 y 2014), ni tampoco a excesos de agua en épocas del Niño (años 1987, 1997 y 2002), como se observa en la Figura 2.3. Incluso, observando la misma figura, se tiene que las condiciones actuales del humedal (año 2014) son mejores que las alcanzadas luego de años tipo “El Niño”, con abundante precipitación (1987, 1997 y 2002).

Lo analizado mostraría que el humedal Quebrada Villalobos tiene un requerimiento de agua muy inferior a la oferta de la cuenca por lo que, en general, tiene un exceso de agua y este exceso se moviliza fuera de la quebrada local hacia el valle principal. Este hecho, es decir, el exceso de agua en la quebrada Villalobos, se mide en una estación fluviométrica de la Dirección General de Aguas (en adelante “DGA”) localizada en la quebrada misma. De esta forma, si en un año seco hay poca disponibilidad de agua, el humedal Quebrada Villalobos en su conjunto no es sensible a ello, en términos que su índice LAI se mantiene estable, independiente de las precipitaciones. Tampoco hay cambios si el año es muy húmedo (casos años 1987, 1997 y 2002).

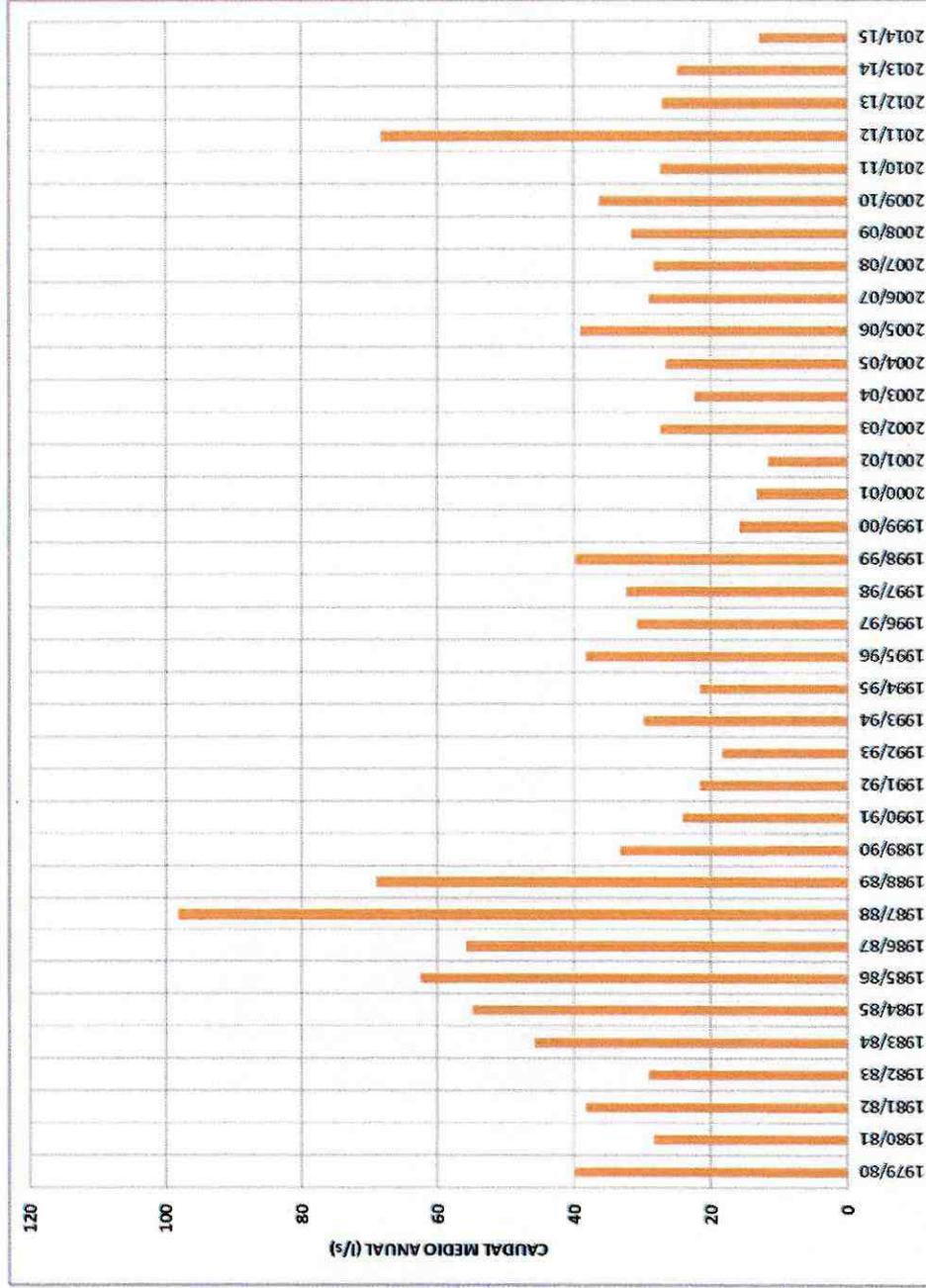
Por todo lo indicado anteriormente, ***el humedal Quebrada Villalobos en su conjunto no es sensible a la cantidad de agua disponible.***

Figura 2.1
Variación Anual Precipitación Anual en DGA Estación Pastos Grandes



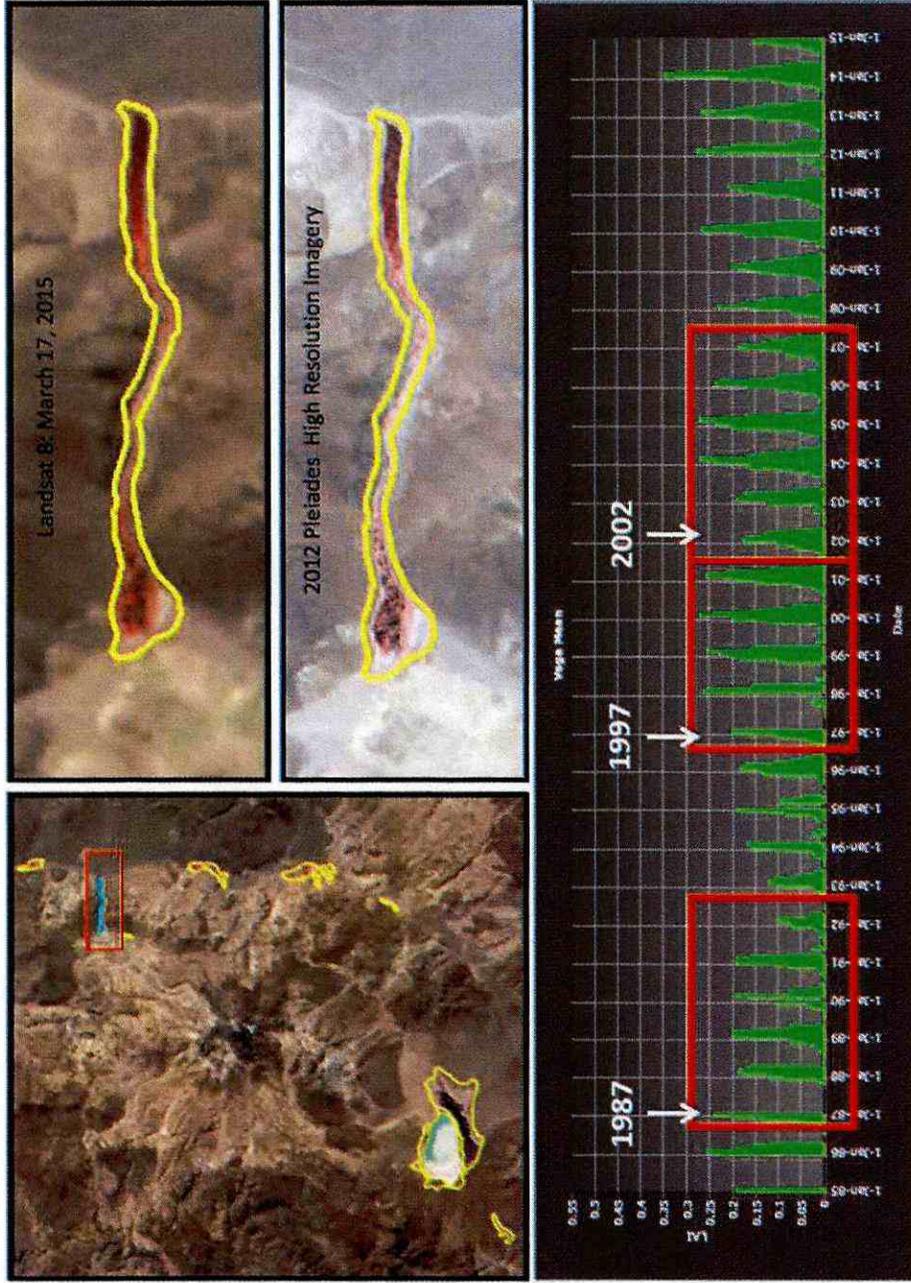
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.2
Caudal Medio Anual en Estación DGA Villalobos en Vertedero



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.3
Análisis Multitemporal Índice LAI para Humedal Completo (Promedio)



Fuente: Formation Environmental (2015)

2.2 Hidrodinámica, ubicación y configuración espacial de los humedales

En este apartado se describen la hidrodinámica y la configuración espacial de los humedales Quebrada Villalobos y Barros Negros (Valle Ancho) para concluir respecto a sus similitudes y/o diferencias con el objetivo de validar o no el uso de Quebrada Villalobos como humedal patrón.

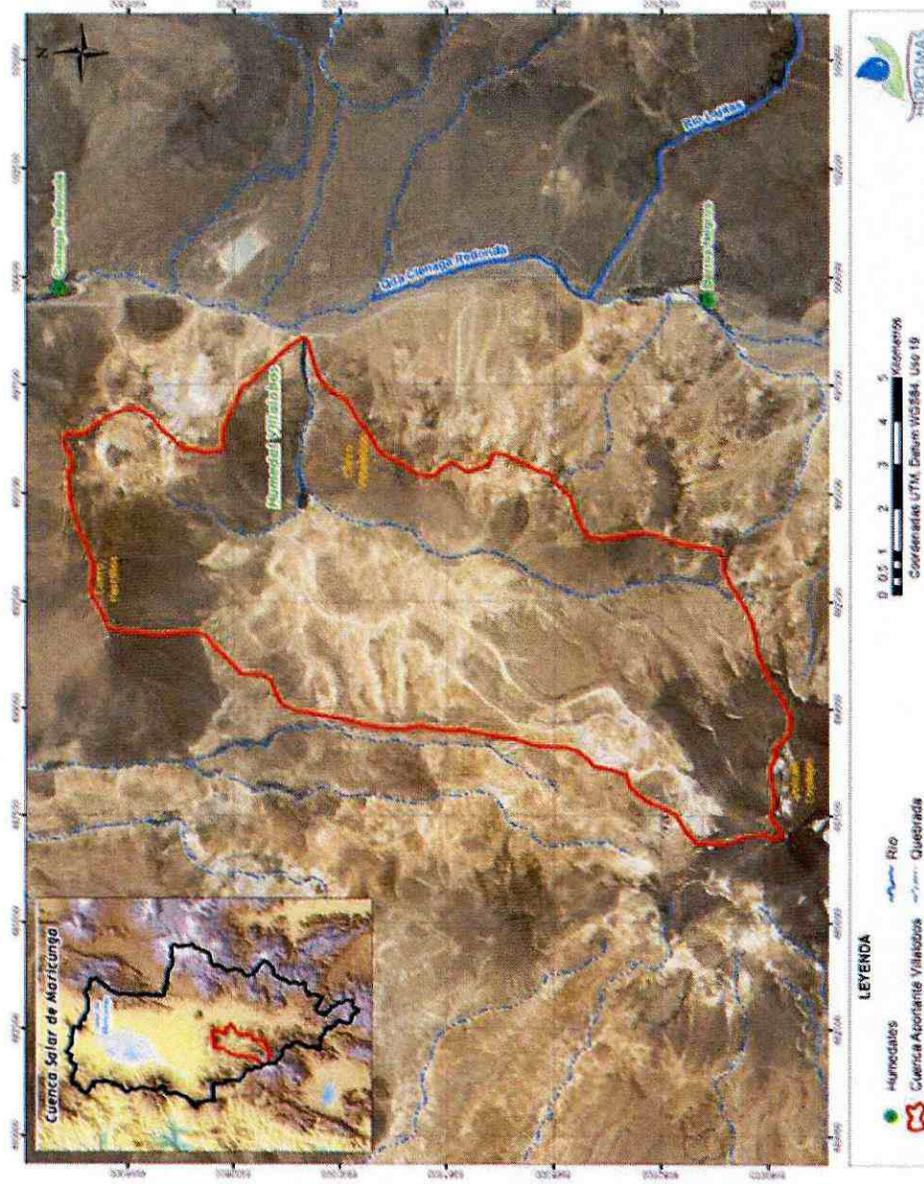
2.2.1 Quebrada Villalobos

El humedal Quebrada Villalobos corresponde a uno de los tributarios de la subcuenca Ciénaga Redonda, dentro de la cuenca del Salar de Maricunga y, en términos generales, debe su existencia a la descarga de aguas subterráneas en un valle lateral relativamente angosto. Se ubica en la quebrada del mismo nombre, tiene forma alargada, con una extensión aproximada de 4.1 km, orientación oeste – este y es casi perpendicular a la quebrada Ciénaga Redonda. Tiene una cuenca aportante de 98,4 km² aproximadamente, la que está definida principalmente por el volcán Copiapó y los cerros Pastillos y Villalobos. (Figura 2.4). La elevación promedio de la vega es 4.036 msnm y su pendiente topográfica es de 1,8%.

En cuanto al origen de las aguas en la Villalobos, la cuenca de drenaje aguas arriba del humedal incluye en el extremo sur ladera norte del Volcán Copiapó. El volcán alcanza una elevación de aproximadamente 6.000 m, y por lo tanto recibe mayor precipitación que las elevaciones más bajas de la cuenca de drenaje del humedal. El deshielo de las laderas del volcán y las zonas de mayor elevación de la cuenca generan escorrentía de agua superficial y gran recarga del sistema de agua subterránea. Esta agua fluye hacia el centro del valle y luego converge hacia el borde oeste o límite superior del humedal, donde también convergen otros brazos de drenaje. Dado que en este punto el basamento rocoso aflora, resulta también el afloramiento de agua subterránea para generar agua superficial y la creación del área aguas arriba del humedal.

Este humedal contiene un sistema de vegas que se presentan a lo largo de su extensión, la que consiste en tres secciones o segmentos: aguas arriba, centro y aguas abajo, conectando la cuenca de drenaje Villalobos a la cuenca de drenaje Ciénaga Redonda. En términos generales, los tres segmentos representan área de descarga de agua subterránea (aguas arriba), a través del flujo (centro) y recarga de agua subterránea (aguas abajo) dentro del sistema de flujo Villalobos. Los segmentos superior e inferior se caracterizan por ser anchos y con empozamientos de agua, a diferencia del segmento central donde la vega se angosta y donde se pueden observar condiciones de flujo en un canal (Figura 2.5).

Figura 2.4
Ubicación y Cuenca Aportante Humedal Villalobos



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.5
Representación Esquemática Hidrodinámica Humedal Villalobos



Fuente: Elaboración propia

La sección aguas arriba es caracterizada como una área de descarga de agua subterránea, por el afloramiento del basamento rocoso subyacente de baja permeabilidad, y la reducción de espesor de la arena y grava aluvial superior. Esta condición geológica tiene el efecto de forzar el agua subterránea desde los sedimentos aluviales a la superficie, donde forma el área de la vega y luego fluye principalmente a través del agua superficial hacia el este en la sección central.

La sección central está caracterizada como un valle estrecho, erosionado e inciso dentro del basamento rocoso con un delgado revestimiento de sedimento aluvial. El flujo en la sección central es principalmente como flujo de agua superficial, donde además se ubica la estación fluviométrica de la DGA, en el borde este de esta sección. Los caudales varían anualmente de un mínimo, al final del verano y principios de otoño, a un flujo mayor, en primavera tras el deshielo. La gran área de la cuenca de drenaje aguas arriba actúa para atenuar este flujo superficial para tener un flujo relativamente constante todo el año con sólo variabilidad limitada. Hay flujo de agua subterránea limitado en esta estación debido a la baja permeabilidad del basamento rocoso subyacente y el espesor limitado de arena y grava permeable.

La sección aguas abajo está caracterizada como un área de recarga de agua subterránea, con infiltración desde la vega hacia sistema de grava aislada subyacente que aflora y luego hacia el acuífero aluvial principal de arena y grava que se encuentra en la Quebrada Ciénaga Redonda.

2.2.2 *Barros Negros (Valle Ancho)*

El humedal Barros Negros (se mantiene nombre utilizado por SAG, pero este humedal corresponde a Valle Ancho) es uno de los humedales ubicados en la Quebrada Ciénaga Redonda, dentro de la cuenca del Salar de Maricunga y, en términos generales, debe su existencia al afloramiento de aguas subterráneas del flujo sur – norte proveniente desde la cabecera de la subcuenca de Ciénaga Redonda. Además, es el humedal que se ubica inmediatamente al norte del humedal Pantanillo y del campo de pozos de CMM, a 7 km de distancia aproximadamente. Tiene una cuenca aportante de 135,9 km² aproximadamente, la que está definida principalmente por el volcán Copiapó, el portezuelo Valle Ancho Norte, la cuenca aportante al humedal Pantanillo en el sur y la cuenca aportante al humedal Barros Negros por el norte (Figura 2.6).

Es importante indicar que en este humedal se identifican dos sectores: Barros Negros Norte y Barros Negros Sur (Figura 2.6). En el informe SAG (2015) solo se considera Barros Negros Sur, por lo que para este análisis se considerará solo dicho sector. Así, Barros Negros Sur tiene forma ovalada, una superficie de 117,8 ha, se ubica en un sector lateral (costado oeste) de la Quebrada Ciénaga Redonda y tiene orientación sur-norte, casi paralela al eje de la quebrada. Su longitud máxima (sur – norte) es de 3.000 m y su ancho máximo (oeste – este) es de casi 1.000 m y tiene una inclinación promedio de 1 %.

Figura 2.6
Ubicación y Cuenca Aportante Humedal Barros Negros (Valle Ancho)



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al origen de las aguas en la Barros Negros Sur, el principal aporte es el flujo subterráneo pasante desde la cuenca de Pantanillo, el cual aflora en el límite sur del humedal para generar agua superficial y permitir el desarrollo vegetacional. Los aportes laterales de escorrentía superficial son escasos y están determinados por pluviosidad en la cuenca. Como Barros Negros sur no recibe el aporte de escorrentía superficial desde la ladera del volcán Copiapó, es muy bajo el aporte del resto de laderas, principalmente por estar a menor elevación y por ende generar menos aporte.

En la vista A de la Figura 2.7 se destaca en rojo la cuenca aportante al humedal Barros Negros. Además, se indican los aportes que recibe el humedal, destacando el aporte desde la cuenca del humedal Pantanillo y el aporte de quebradas laterales. Se puede observar que en el costado este del humedal hay una barrera topográfica que no permitiría el aporte lateral directo desde las quebradas laterales adyacentes por el este. En la vista B de la Figura 2.7 se puede observar con más detalle la extensión del humedal, la barrera topográfica mencionada, las zonas de afloramiento e infiltración, así como la zona de llegada del aporte desde Pantanillo y la salida aguas abajo hacia Barros Negros.

Al ubicarse Barros Negros Sur en un sector lateral de la quebrada Ciénaga Redonda, por lo general, su oferta de agua es limitada. El aporte por escorrentía superficial es bajo y su principal aporte es el flujo subterráneo pasante desde la cuenca del humedal Pantanillo, la que se ubica en la cabecera de Ciénaga Redonda y cuya oferta de agua es muy dependiente de la hidrología. Por lo mismo, en un año seco es más sensible a la falta de agua, y por lo tanto a afectarse, sin necesariamente estar asociados a una reducción del caudal debido al efecto el bombeo en el campo de pozos Pantanillo.

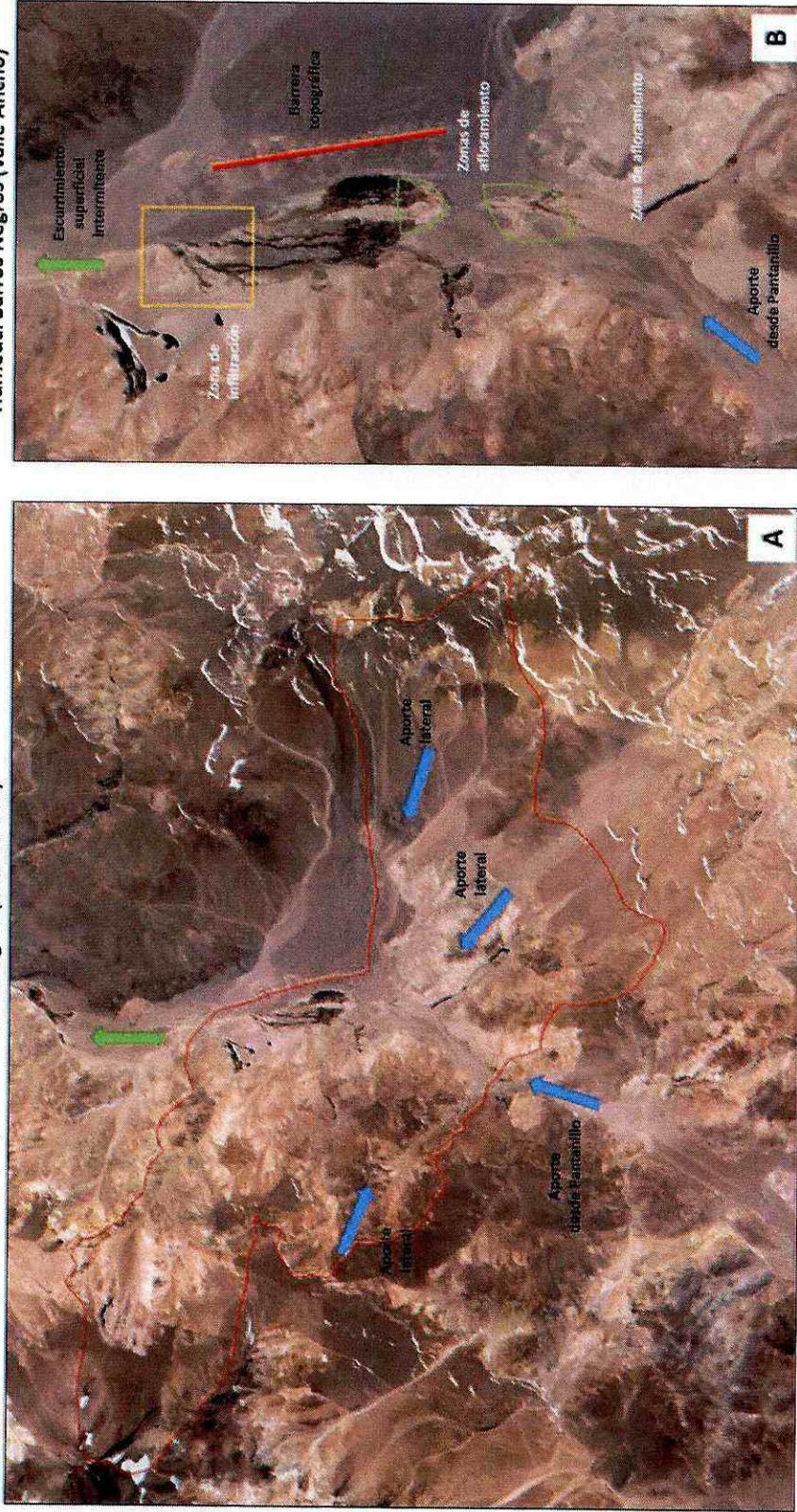
2.2.3 Comparación entre humedales

En el caso de Quebrada Villalobos se tiene un humedal ubicado en una quebrada lateral tributaria y perpendicular a Ciénaga Redonda, es alargado, se encuentra encajonado presentando tres secciones donde la superior y la inferior tienen características similares al ser anchos y con apozamientos y la sección central es angosta y presenta condiciones de flujo en un canal. Además, presenta un flujo relativamente constante, con una variabilidad mínima en el año². En cambio, Barros Negros Sur se ubica en una zona lateral baja de la quebrada Ciénaga Redonda, orientado de forma paralela al eje de la quebrada, es un humedal ancho y amplio donde el agua superficial que aflora tiende a apozarse ampliamente en todo el ancho del humedal.

Dada la ubicación, configuración espacial y aportes que recibe cada humedal, se puede indicar que **la hidrodinámica del humedal Quebrada de Villalobos es completamente diferente a la hidrodinámica de Barros Negros Sur.**

² Anexo-II-1, Línea Base Hidrogeológica e Hidrológica Lobo Marte y Modelo Hidrogeológico Ciénaga Redonda, EIA Reinicio y Expansión del Proyecto Lobo Marte

Figura 2.7
Representación Esquemática Hidrodinámica Humedal Barros Negros (Valle Ancho)
Cuenca aportante Barros Negros (Valle Ancho)



Fuente: Elaboración propia

2.3 Conclusiones Parte A

Dado que el humedal Quebrada Villalobos en su conjunto no es sensible a la cantidad de agua disponible y que la hidrodinámica del humedal Quebrada de Villalobos es completamente diferente a la hidrodinámica de Barros Negros Sur, solo puede concluirse que, al menos desde una perspectiva técnica, ***el humedal Quebrada Villalobos no sería representativo de los otros humedales ubicados en el eje de la Quebrada Ciénaga Redonda y no debería considerarse un humedal patrón.***

3. PARTE B – COMENTARIOS ANÁLISIS SAG (2015)

Adicionalmente, se revisa la comparación realizada por el SAG (2015) de la situación del humedal Quebrada Villalobos ya que se considera que el análisis es muy acotado y sólo se centra en lo que ocurre en un período de tiempo específico (2013 y 2014), sin abordar o considerar las condiciones meteorológicas del período o la disponibilidad de agua en los humedales.

Un análisis detallado del comportamiento del humedal Quebrada Villalobos muestra que su comportamiento es muy heterogéneo, por lo tanto es necesario analizar más que sólo un par de años aislados.

Lo anterior se evidencia analizando los resultados del estudio multitemporal de imágenes satelitales realizado por Formation Environmental (2015), en particular los resultados del índice LAI para el humedal completo y sectores específicos del humedal, junto con la estadística pluviométrica (Figura 2.1) y de caudales en Quebrada Villalobos (Figura 2.2).

Para el caso del humedal completo o situación promedio (Figura 3.1), se tiene que éste no responde a la gran disponibilidad de agua en épocas de “El Niño” (cuadros rojos) ya que se espera que el índice LAI tenga valores máximos en dichos periodos, lo cual no ocurre. Incluso en años con menor precipitación al promedio histórico, destacando el año 2014, las condiciones promedio del humedal son incluso mejores a las observadas en los años tipo Niño identificados. Así, en términos generales, se puede indicar que el humedal completo (o promedio) no responde de manera directa a las condiciones climáticas que determinan la disponibilidad de agua.

Para el caso de un sector específico, correspondiente a la comunidad “Vega” en la sección de aguas arriba del humedal (Figura 3.2), se tiene que luego de años húmedos con presencia de “El Niño”, hay una respuesta directa de la vegetación a la mayor cantidad de agua.

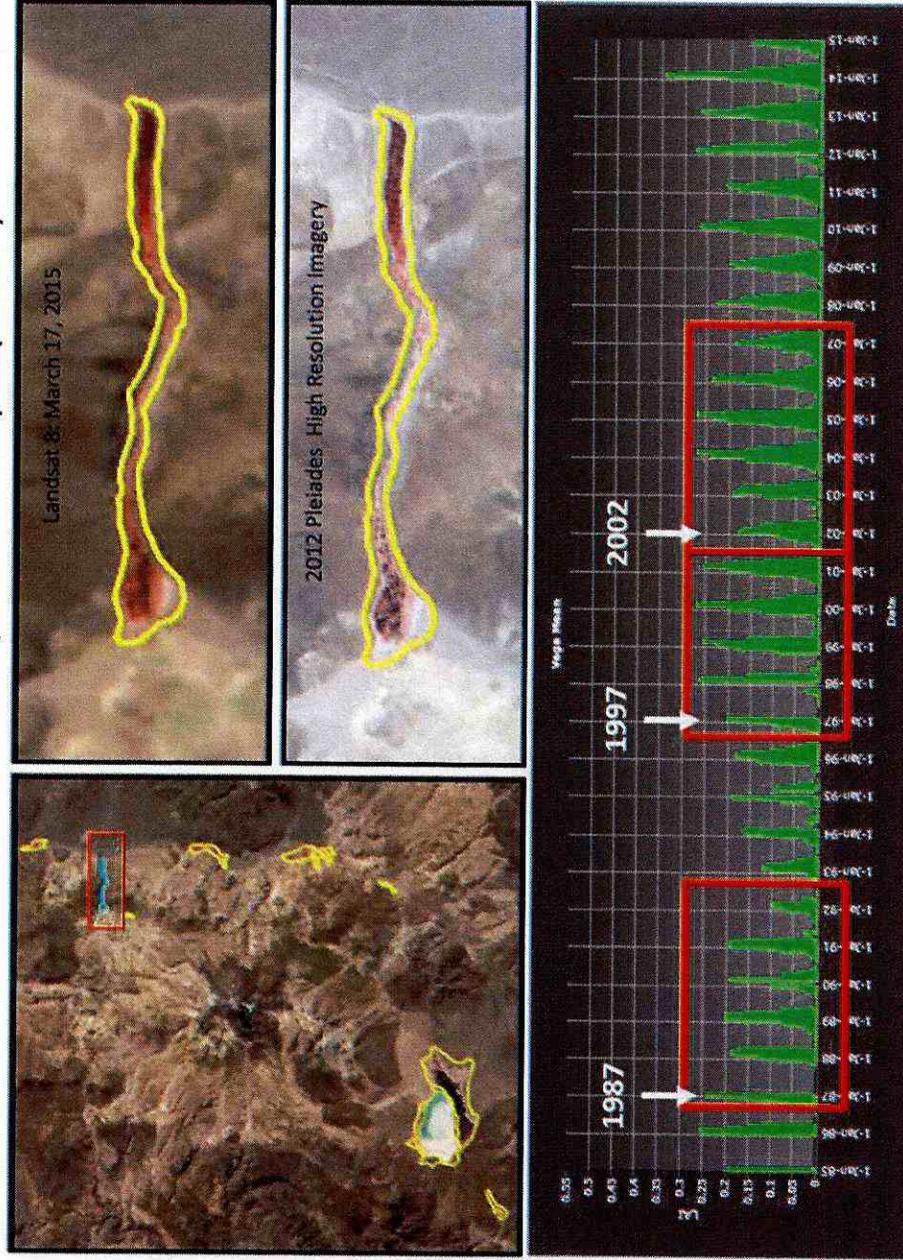
En el caso específico de la comunidad “Bofedal” en la sección de aguas arriba (Figura 3.3), la respuesta de la vegetación a la mayor disponibilidad de agua es un tanto disímil ya que muestra efectos para los

eventos de 1987 y 1997, no así para 2002. Se observa una cierta regularidad en la respuesta de la vegetación desde 2008 en adelante.

En cuanto al caso específico de la comunidad "Bofedal" en la sección de aguas abajo (Figura 3.4), la respuesta de la vegetación a los eventos de "El Niño" también son diferentes entre eventos. En el evento de 1987 la respuesta es alta, en el segundo es más bien baja y en el tercero vuelve a subir la respuesta. Se observa además que desde 2008 a 2013 la respuesta de la vegetación es medianamente regular, comparable con el comportamiento post evento de "El Niño" en 1997.

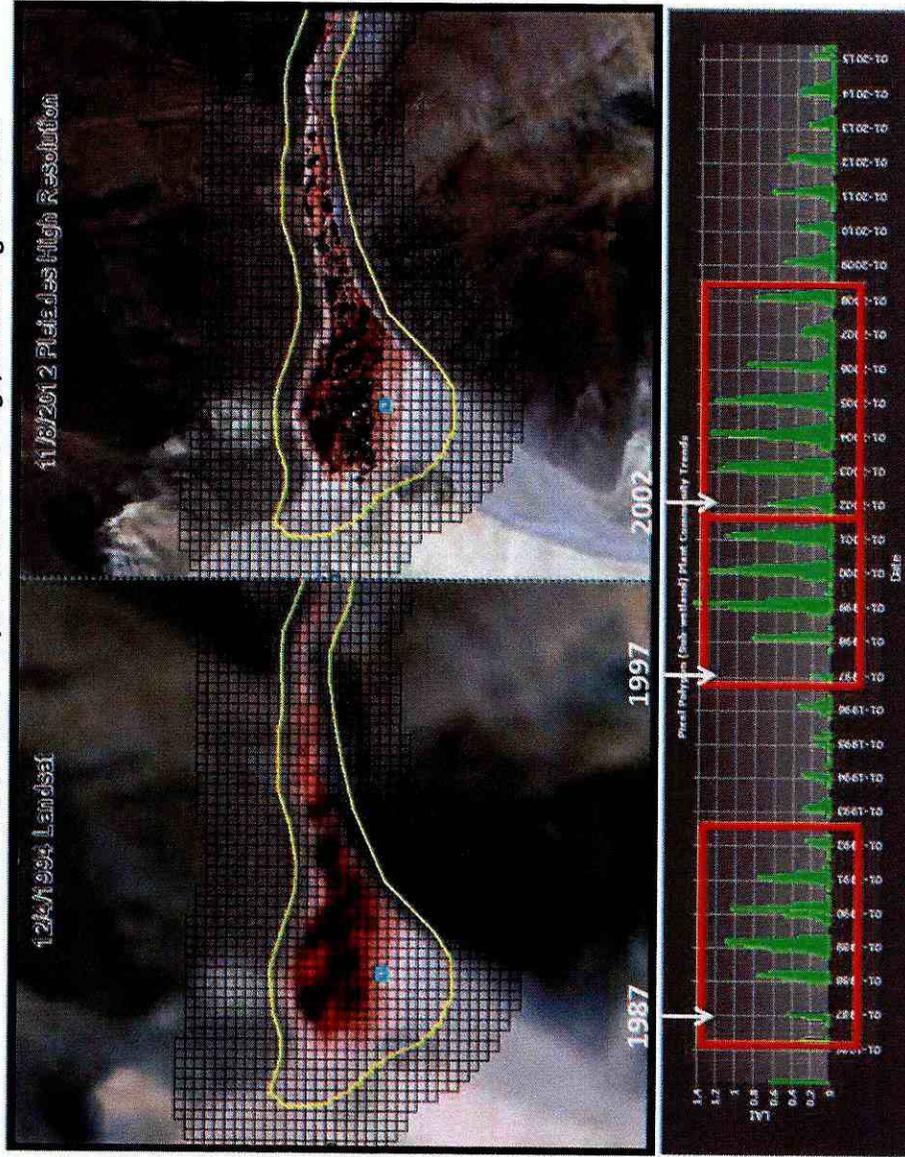
En definitiva, a partir del análisis multitemporal (30 años) del índice LAI, junto con la estadística pluviométrica y de caudales en Quebrada Villalobos, se tiene que algunas de estas comunidades y sectores específicos del humedal en algunos periodos de tiempo responden de manera directa a las condiciones climáticas (disponibilidad de agua), mientras que otros no lo hacen de igual forma, evidenciando el comportamiento heterogéneo del humedal Quebrada Villalobos. Por lo anterior, 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.

Figura 3.1
Análisis Multitemporal Índice LAI para Humedal Completo (Promedio)



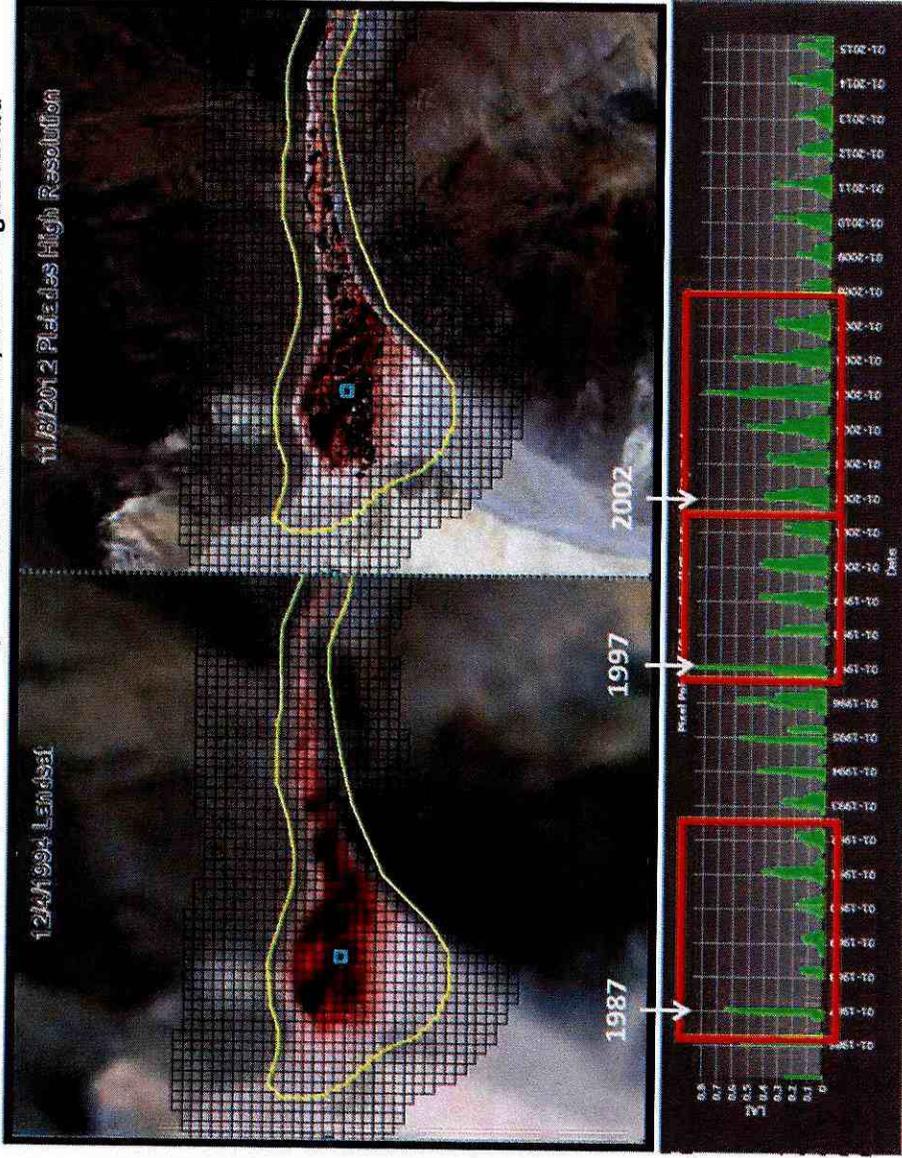
Fuente: Formation Environmental (2015)

Figura 3.2
Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Vega, Sección Aguas Arriba



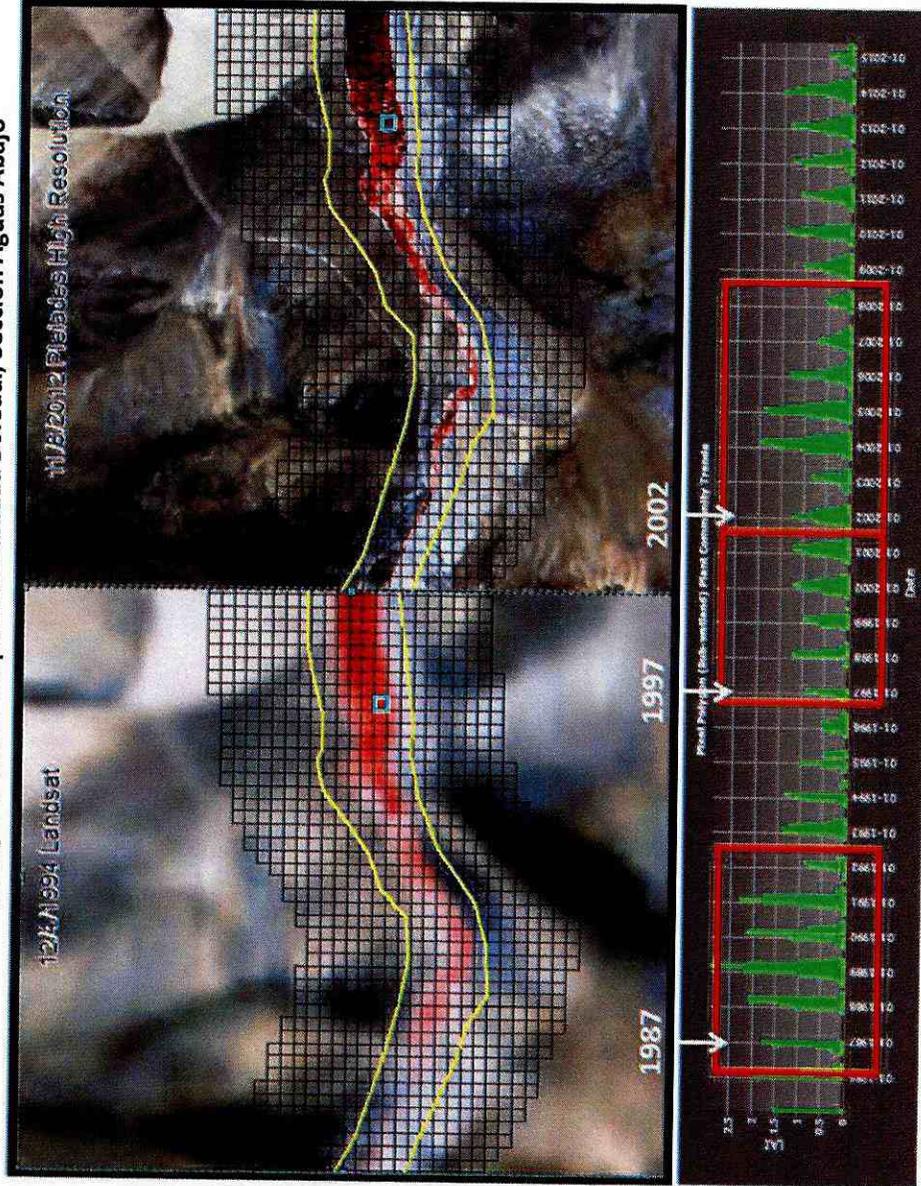
Fuente: Formation Environmental (2015)

Figura 3.3
Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Bofedal, Sección Aguas Arriba



Fuente: Formation Environmental (2015)

Figura 3.4
Análisis Multitemporal Índice LAI para Comunidad Bofedal, Sección Aguas Abajo



Fuente: Formation Environmental (2015)