



INFORME TÉCNICO

**“ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA VEGETACIÓN AZONAL
HÍDRICA, SECTORES PANTANILLO, VALLE ANCHO, BARROS
NEGROS Y CIÉNAGA REDONDA”**

INFORME FINAL

Preparado por
Biota Gestión y Consultorías Ambientales Ltda.

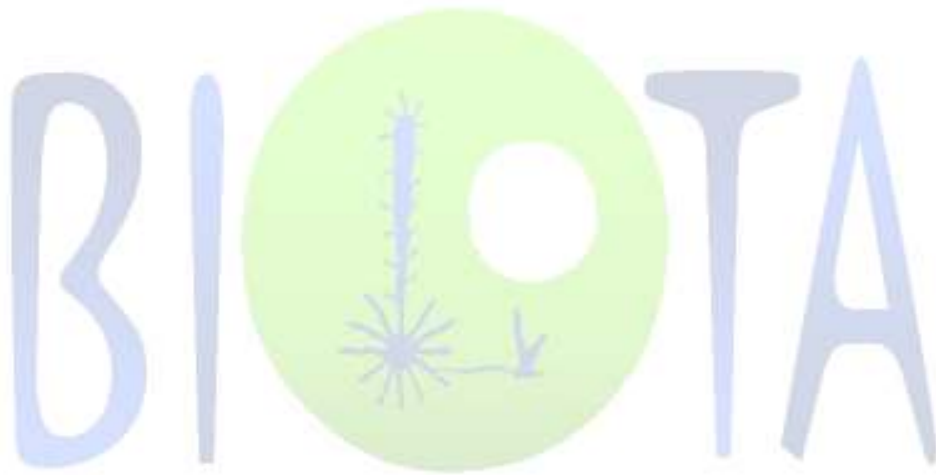
Para
Kinross

Junio de 2015

INFORME TÉCNICO

“ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA VEGETACIÓN AZONAL HÍDRICA, SECTORES PANTANILLO, VALLE ANCHO, BARROS NEGROS Y CIÉNAGA REDONDA”

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. RESUMEN EJECUTIVO	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo general	4
3.2. Objetivos específicos	4
4. EQUIPO TÉCNICO.....	4
5. ÁREA DE ESTUDIO	4
6. METODOLOGÍA	6
6.1. Revisión bibliográfica y antecedentes previos en el área de estudio	6
6.2. Recopilación de imágenes satelitales y obtención de índices de superficie	7
6.3. Determinación del estado de la vegetación azonal hídrica	8
6.4. Identificación de las áreas de cambio en el estado de la vegetación azonal hídrica	9
6.5. Delimitación y sub-división de los humedales	9
7. RESULTADOS.....	10
7.1. Humedal de Pantanillo	10
7.1.1. Delimitación, estimación de la superficie y condición actual de las unidades de vegetación hídrica	10
7.1.2. Análisis multitemporal de la actividad de la vegetación azonal hídrica.....	11
7.2. Humedal de Valle Ancho	12
7.2.1. Delimitación, estimación de la superficie y condición actual de las unidades de vegetación hídrica	12
7.2.2. Análisis multitemporal de la actividad de la vegetación azonal hídrica.....	14
7.3. Humedal de Barros Negros	17
7.3.1. Delimitación, estimación de la superficie y condición actual de las unidades de vegetación hídrica	17
7.3.2. Análisis multitemporal de la actividad de la vegetación azonal hídrica.....	18
7.4. Humedal de Ciénaga Redonda	20
7.4.1. Delimitación, estimación de la superficie y condición actual de las unidades de vegetación hídrica	20
7.4.2. Análisis multitemporal de la actividad de la vegetación azonal hídrica.....	21
7.5. Existencia de posibles procesos de desecamiento a macroescala en la región de Atacama	22
8. CONCLUSIONES.....	24
9. BIBLIOGRAFÍA	25
10. ANEXOS	26

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento corresponde al estudio multitemporal para el período comprendido entre los años 1985 y 2014 de la vegetación azonal hídrica presente en los humedales de Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda mediante el uso de imágenes satelitales y fotografías aéreas de alta resolución. El objetivo es 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. Adicionalmente, se analizó la posible existencia de procesos de desecamiento a macroescala (sector geográfico) que estén afectando a este tipo de vegetación.

El marco de referencia cartográfico, determinación de la superficie y condición de los distintos humedales, se realizó por medio de la delimitación de unidades mediante fotointerpretación visual de imágenes de alta resolución, usando como apoyo imágenes multiespectrales Landsat (5, 7 y 8) y cartografías de vegetación existentes previamente para las unidades de vegetación azonal hídrica de las áreas de estudio; los distintos humedales fueron sub-divididos en unidades de vegetación homogénea según el grado de actividad o condición de la vegetación actual. La condición de la vegetación actual se determinó en base a los antecedentes técnicos presentados en el “Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2015-8-111 -RCA-IA”, en adelante Informe de Fiscalización Ambiental, el cual forma parte como antecedente del proceso sancionatorio. En este informe se determina la condición actual de los humedales de Pantanillo y Valle Ancho en tres niveles: vegetación seca, vegetación semi-seca y vegetación activa; estos niveles se mantuvieron para esta evaluación según la siguiente equivalencia:

- vegetación seca = sin actividad fotosintética,
- vegetación semi-seca = baja actividad fotosintética y
- vegetación activa = alta actividad fotosintética.

Cabe señalar que para los sectores de Barros Negros y Ciénaga Redonda la condición actual de la vegetación se determinó en base a la cartografía existente usando los tres niveles señalados de manera aproximada, ya que en el documento de referencia no queda explícita la condición precisa, señalándose solo algunas apreciaciones negativas respecto del humedal de Barros Negros.

El estudio multitemporal se basó en el análisis del comportamiento histórico del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en cada una de las unidades de vegetación de los humedales analizados. La obtención de este índice se realizó a partir de un set de imágenes satelitales históricas (30) provenientes de los satélites Landsat (producto SR¹) 5 y 7

¹ SR: “Surface Reflectance High Level Data”, disponibles en el servidor de imágenes *EarthExplorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) del Servicio de Geología de los Estados Unidos (USGS, en su sigla en inglés)

correspondientes a la imagen Landsat *Phat-Row* 233/79 (WRS2²), cuyas fechas de captura corresponden a la temporada de verano (entre enero y marzo), meses que coincide con los máximos niveles de actividad de la vegetación azonal hídrica, entre el periodo 1985 y 2014. A partir de las imágenes del NDVI de cada año se obtuvo el valor promedio de este índice en cada unidad de vegetación usando parcelas de área fija (3.600 m²) dispuestas en número variable según superficie y homogeneidad del índice en cada una de éstas. Los valores de NDVI para cada año fueron tabulados y posteriormente graficados de manera de poder observar la variabilidad y comportamiento del índice a lo largo del tiempo.

Finalmente, se indagó la posible existencia de procesos de desecamiento, a escala regional, que pudiera estar afectando a otras unidades de vegetación azonal hídrica del entorno, analizando el comportamiento de los NDVI. Para esto se incluyeron puntos de control en los cuales también se obtuvieron los valores de NDVI históricos a fin de observar su comportamiento a lo largo del tiempo y determinar, si existiese o no, un decaimiento general del NDVI en estas unidades. El proceso de obtención de estos datos se realizó de manera simultánea a las unidades de vegetación del área de estudio utilizando el mismo set de imágenes de NDVI.

2. INTRODUCCIÓN

Los humedales de Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda se encuentran en la fracción altiplánica de la región de Atacama correspondiente a la cuenca hidrográfica del salar de Maricunga y forman parte del corredor biológico “Pantanillo - Ciénaga Redonda”. Este sector, sumado a la parte baja de las cuencas de la laguna Santa Rosa por el norte y la laguna del Negro Francisco por el sur, conforman el sitio RAMSAR denominado “Complejo lacustre laguna del Negro Francisco y laguna Santa Rosa” (aprobado por la Convención de RAMSAR el 2 de diciembre de 1996).

Con el objetivo de establecer la secuencia cronológica de ocurrencia del proceso de desecamiento que ha ocurrido durante los últimos años en parte de los humedales señalados, y además de establecer la superficie afectada por este proceso, KINROSS ha solicitado a Biota Gestión y Consultorías Ambientales, en adelante Biota, la realización de un estudio multitemporal a través de imágenes satelitales para el período comprendido entre los años 1985 y 2014.

Este estudio incluye el levantamiento cartográfico de detalle de las unidades de vegetación azonal hídricas, el análisis espacio-temporal de la vegetación asociada a los humedales y un análisis comparativo en el tiempo entre las unidades de vegetación presentes en los humedales en estudio y otras unidades de características similares ubicadas en cuencas vecinas.

² WRS2: *Worldwide Reference System*, sistema de notación mundial para productos Landsat.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Estudiar la dinámica temporal de diferentes estados o condición de los sistemas de vegetación azonal hídrica terrestre (SVAHT) presentes en el área geográfica comprendida entre los humedales de Pantanillo y Ciénaga Redonda, en el altiplano de Copiapó (Corredor Biológico), buscando establecer la fecha aproximada en que estos sistemas de vegetación azonal hídrica evidencian un cambio en su condición

3.2. Objetivos específicos

- Elaborar un levantamiento cartográfico detallado de la vegetación azonal hídrica terrestre, según niveles de actividad radiométrica, asociada al “corredor biológico”, con énfasis en los sistemas Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda, que dé cuenta de la superficie y condición actual de las distintas unidades de vegetación.
- Efectuar un análisis espacio-temporal comparativo del grado de actividad de la vegetación azonal hídrica (NDVI), empleando imágenes satelitales (Landsat) durante un período comprendido entre 1985 y 2014.
- Detectar e incluir en el análisis espacio-temporal de la vegetación azonal hídrica otros sectores aledaños en donde se evidencien procesos similares de cambio de la actividad de la vegetación.

4. EQUIPO TÉCNICO

El equipo profesional responsable del presente estudio se compone en su totalidad por profesionales pertenecientes a Biota, a cargo del Sr. Luis Faúndez Yancas, Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Chile.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la porción altiplánica de la región de Atacama, provincia y comuna de Copiapó. Incluye en su totalidad a los humedales de Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros y Ciénaga Redonda. Altitudinalmente los humedales en estudio se ubican desde los 4.250 m s.n.m (humedal de Pantanillo) a los 3.900 (humedal de Ciénaga Redonda). En la Figura 1 se detalla el área de estudio considerada en el presente trabajo.

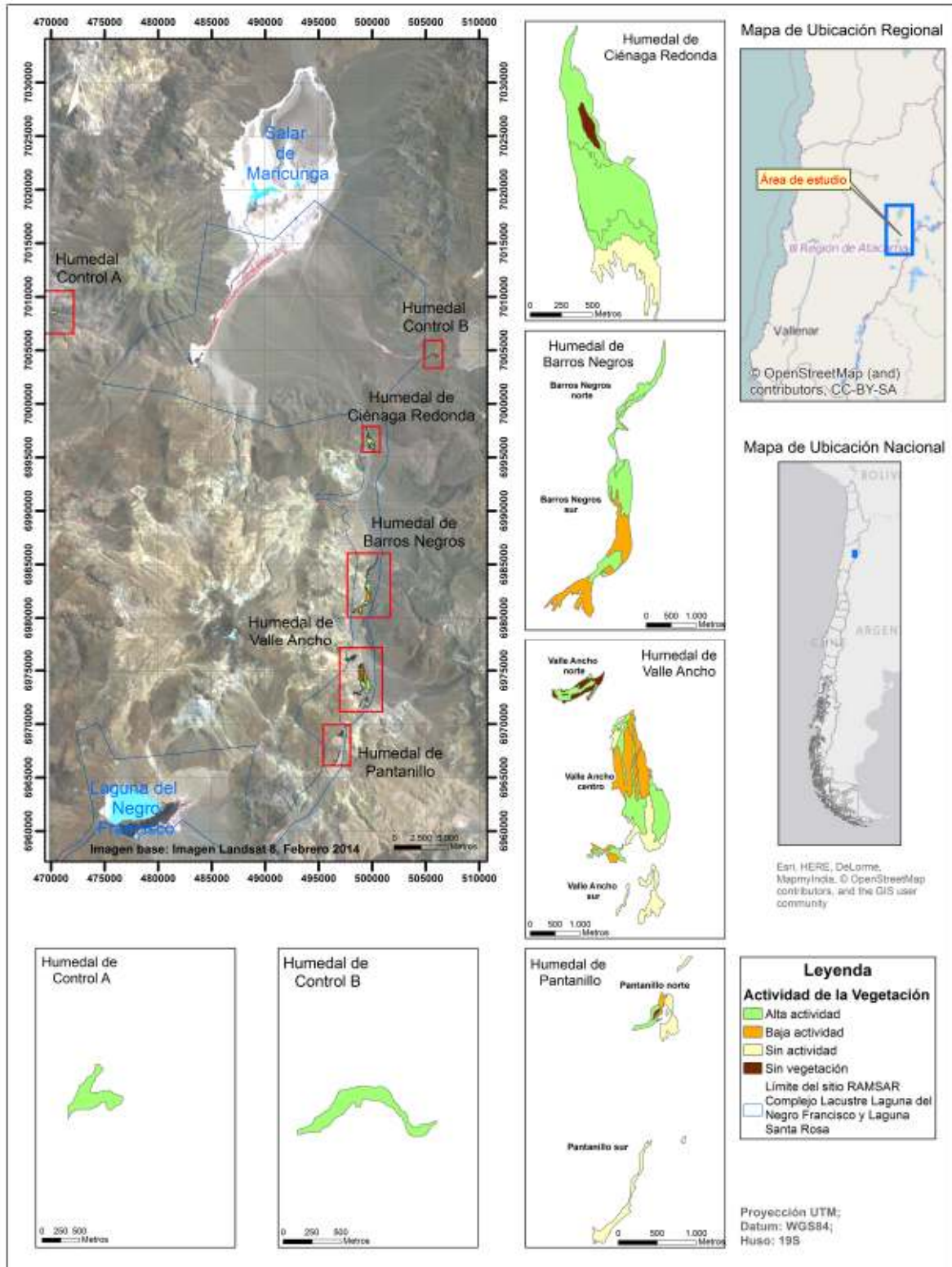


Figura 1: Localización de los humedales de Pantanillo, Valle ancho, Barros Negros, Ciénaga Redonda y humedales de control, región de Atacama.

6. METODOLOGÍA

6.1. Revisión bibliográfica y antecedentes previos en el área de estudio

Como parte desarrollo de este estudio se realizó una recopilación de la información disponible para el área de estudio, considerando, entre otros, los documentos técnicos presentados en el informe de fiscalización, elaborados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Se incluyó, además, la revisión de trabajos técnicos referidos al análisis multitemporal en base a imágenes satelitales de sectores con vegetación azonal hídrica y la información técnica referente a la vegetación presente en el área de estudio. A este respecto se pueden mencionar, principalmente, los siguientes documentos:

Informe de fiscalización ambiental, inspección ambiental proyecto minero Refugio, DFZ-2015-8-III-RCA-IA, Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), Gobierno de Chile. Autor Patricio Walker Huyghe (división de fiscalización).

Análisis de la tendencia histórica de vegetación azonal hídrica sector Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo. Altiplano región de Atacama. Ejecutado por AGROSIG para el Servicio Agrícola Ganadero (SAG Central - DIPROREN). Licitación ID: 612-73-LE13, Noviembre de 2013.

Análisis de la tendencia histórica de vegetación azonal hídrica sector Quebrada Villalobos. Altiplano región de Atacama. Ejecutado por AGROSIG para el Servicio Agrícola Ganadero (SAG Central - DIPROREN). Licitación ID: 612-11-LE14. DRP SC 16, Noviembre de 2014.

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 mediante Ordinario N°2335 de fecha 31/12/2014, respecto a aclarar la situación referida a la vega Pantanillo.

En la recopilación de información técnica específica del área de estudio se consideraron los trabajos de levantamiento de información y monitoreo de vegetación realizados por la consultora Biota, en el marco de las evaluaciones realizadas para el proyecto Lobo Marte de KINROSS, trabajo en el cual se realizó un levantamiento cartográfico de la vegetación azonal hídrica que compone cada uno de los humedales. Se incluyen además los antecedentes entregados en el informe de revisión de antecedentes disponibles y plan de recuperación para la vegetación azonal hídrica del sector de Pantanillo, elaborado por Biota para Compañía Minera Maricunga en el marco del estudio "Programa de recuperación de la vegetación azonal hídrica sector Pantanillo, Altiplano de Copiapó, región de Atacama" del año 2013.

6.2. Recopilación de imágenes satelitales y obtención de índices de superficie

La ejecución del estudio consideró la utilización de 30 imágenes satelitales históricas provenientes de los satélites Landsat 5, 7 y 8, correspondientes a los sensores TM, ETM+ y OLI, respectivamente, estando la totalidad del área de estudio contenida en la imagen Landsat *Phat-Row 233/79* (WRS2). Estas imágenes fueron descargadas desde el servidor de imágenes *EarthExplorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) del Servicio de Geología de los Estados Unidos (USGS). Las fechas de captura de las imágenes seleccionadas corresponden a la temporada de verano (periodo entre enero y marzo) entre los años 1985 y 2014. Las imágenes corresponden al producto “*Surface Reflectance High Level Data*” (SR) el cual posee un nivel de procesamiento y corrección a valores de reflectancia a nivel de superficie terrestre que les permite ser utilizadas directamente sin previa corrección luego de su descarga.

Adicionalmente al set de imágenes *Landsat*, se utilizó un set de imágenes de alta resolución provenientes de la plataforma IKONOS correspondientes a los años 2008 y 2009 las cuales fueron utilizadas principalmente en la delimitación y ajuste de las unidades de vegetación del área de estudio. También se tuvo disponibles fotografías aéreas en color verdadero capturadas en los meses de agosto y septiembre del año 2014 y, más en detalle, se utilizó una imagen específica para el humedal de Pantanillo de mayo del 2015. El set de imágenes satelitales se detalla en el Anexo 1.

A partir de estas imágenes se calculó el Índice de Vegetación Normalizado (*Normalized Vegetation index* o NDVI) para los 30 años analizados. Este índice conforma la información base del análisis multitemporal siendo éste el índice más usado en teledetección por su sencillez de cálculo, a diferencia de otros índices que poseen una formulación más compleja y que no ha sido demostrado que supongan una mejora notable cuando se trata de apreciar parámetros que describen vegetación (Santa Olalla *et al.*, 2005). Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula según Chuvieco (2002).

$$NDVI_{(i)} = \frac{\rho_{(i)IRC} - \rho_{(i)R}}{\rho_{(i)IRC} + \rho_{(i)r}}$$

Donde:

$\rho_{(i)IRC}$: Reflectividad del píxel (i) en la banda del infrarrojo cercano.
 $\rho_{(i)r}$: Reflectividad del píxel (i) en la banda del rojo.

A partir de las imágenes del NDVI de cada año se obtuvo el valor promedio de este índice en cada unidad de vegetación usando parcelas “radiométricas” de área fija (3.600 m²) dispuestas en número variable según superficie y homogeneidad del índice en cada una de éstas. Los valores de NDVI para cada año fueron tabulados y posteriormente graficados de manera de poder observar la variabilidad y comportamiento del índice a lo largo del tiempo. En la Figura 2 se muestra la

disposición de las parcelas utilizadas en la obtención de los valores del NDVI en cada unidad de vegetación.

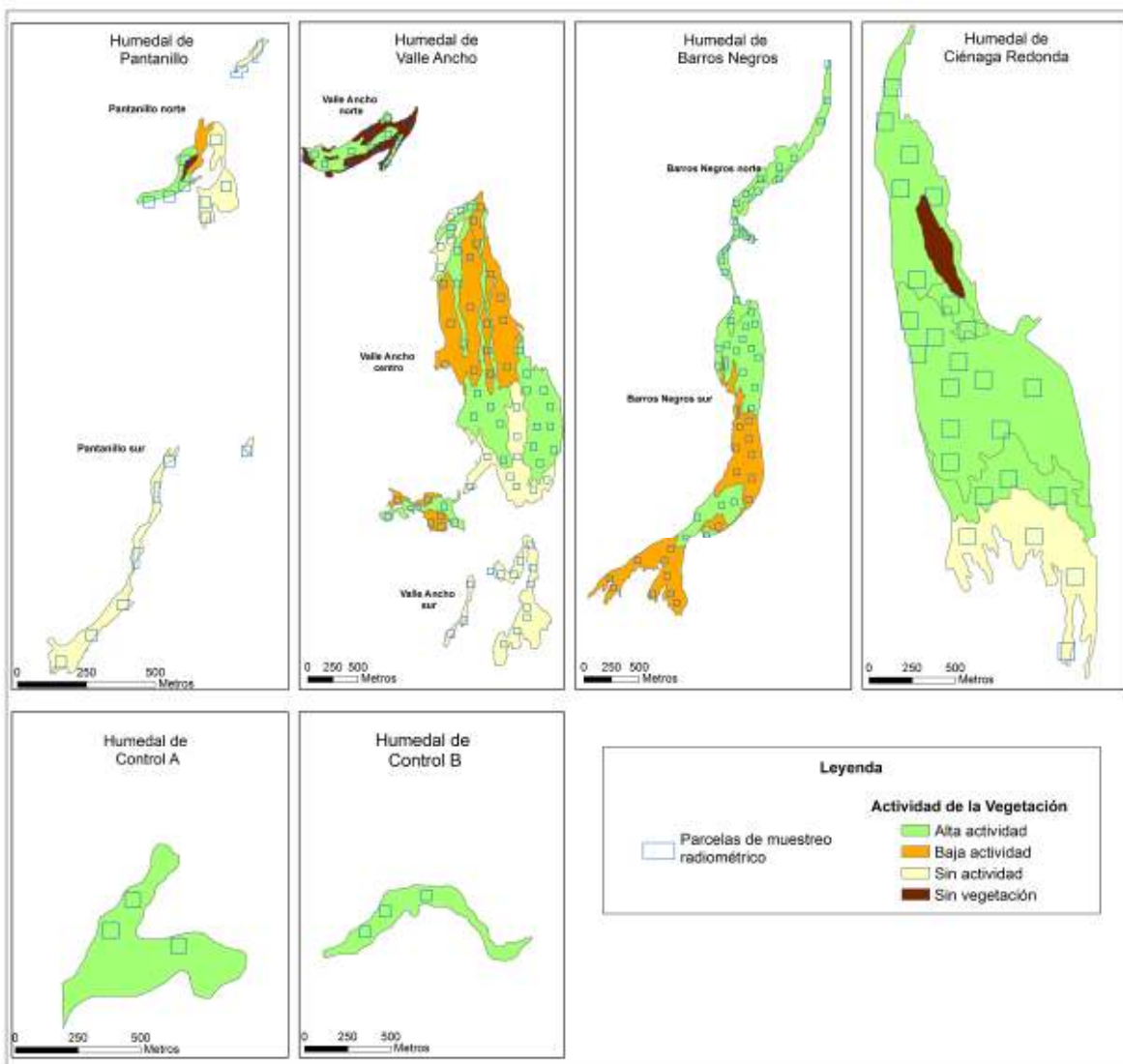


Figura 2: Distribución de las parcelas de muestreo radiométricas en los humedales de Pantanillo, Valle Ancho, Barros Negros, Ciénaga Redonda y humedales de control, región de Atacama.

6.3. Determinación del estado de la vegetación azonal hídrica

El estado actual o condición de la vegetación presente en los distintos humedales se determinó, para los humedales de Pantanillo y Valle Ancho, siguiendo las categorías presentadas en el informe de fiscalización en tres niveles: vegetación seca, semi-seca y activa. Estos niveles se utilizaron para este análisis según la siguiente equivalencia:

- Vegetación seca = sin actividad fotosintética
- Vegetación semi-seca = baja actividad fotosintética

- Vegetación activa = alta actividad fotosintética

Cabe señalar, que en el informe de fiscalización no hay un análisis del estado de la vegetación para los humedales de Barros Negros y Ciénaga Redonda, señalándose solo algunas apreciaciones cualitativas respecto del humedal de Barros Negros. Por esta razón, la condición actual de la vegetación en estos sectores se determinó en base a cartografía existente usando los tres niveles señalados anteriormente, en base a los valores del NDVI observados.

6.4. Identificación de las áreas de cambio en el estado de la vegetación azonal hídrica

El proceso de detección de las áreas de cambio de la vegetación azonal hídrica se desarrolló mediante la generación de una “imagen de cambio”, obtenida a partir de la diferencia algebraica entre el NDVI del año 2014 y el NDVI de 1985, con lo que se obtiene una imagen de diferencia del NDVI entre ambas fechas y que entrega información de los sectores de vegetación que aumentaron o disminuyeron su actividad al año 2014 respecto del año 85. Esta imagen permitió identificar y espacializar áreas en las cuales han ocurrido cambios en los valores del NDVI, tanto dentro como fuera de los humedales analizados. Esta información fue utilizada en la localización de las parcelas de muestreo espectral, con particular interés en aquellas áreas relacionadas con la pérdida o detrimento de la vegetación.

6.5. Delimitación y sub-división de los humedales

La delimitación de las unidades de vegetación azonal se efectuó utilizando como base, la cartografía de vegetación realizada en la línea de base de los monitoreos de vegetación levantados para el proyecto “Lobo-Marte” específicamente para los humedales de Ciénaga Redonda y Barros Negros. Esta cartografía fue ajustada utilizando las imágenes satelitales de alta resolución de la plataforma IKONOS de los años 2008 y 2009 y fotografías aéreas más recientes disponibles para estas zonas (año 2014).

En el caso de los humedales de Pantanillo y Valle Ancho, la delimitación y sub-división de estos sectores se realizó siguiendo la delimitación presentada en el informe de fiscalización en las figuras 14 y 16 de dicho documento, con el fin de contrastar con las mismas unidades fiscalizadas. De igual forma se designaron los distintos humedales según lo presentado en la figura 3 del informe de fiscalización respecto a la ubicación de los humedales del corredor biológico Pantanillo-Ciénaga Redonda.

7. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados para cada uno de los sectores en estudio.

7.1. Humedal de Pantanillo

7.1.1. Delimitación, estimación de la superficie y condición actual de las unidades de vegetación hídrica

La zona denominada como humedal de Pantanillo, según el Informe de Fiscalización Ambiental, involucra 7 unidades de vegetación distribuidas en dos sectores (norte y sur) y poseen una superficie total de 21,8 ha (incluye una unidad del tipo no vegetación de 0,5 ha en el sector Pantanillo norte). En la Figura 3 se muestra la localización de las unidades de vegetación presentes en el humedal de Pantanillo, la denominación de las unidades sigue en general la nomenclatura presentada en el Informe de Fiscalización citado anteriormente.

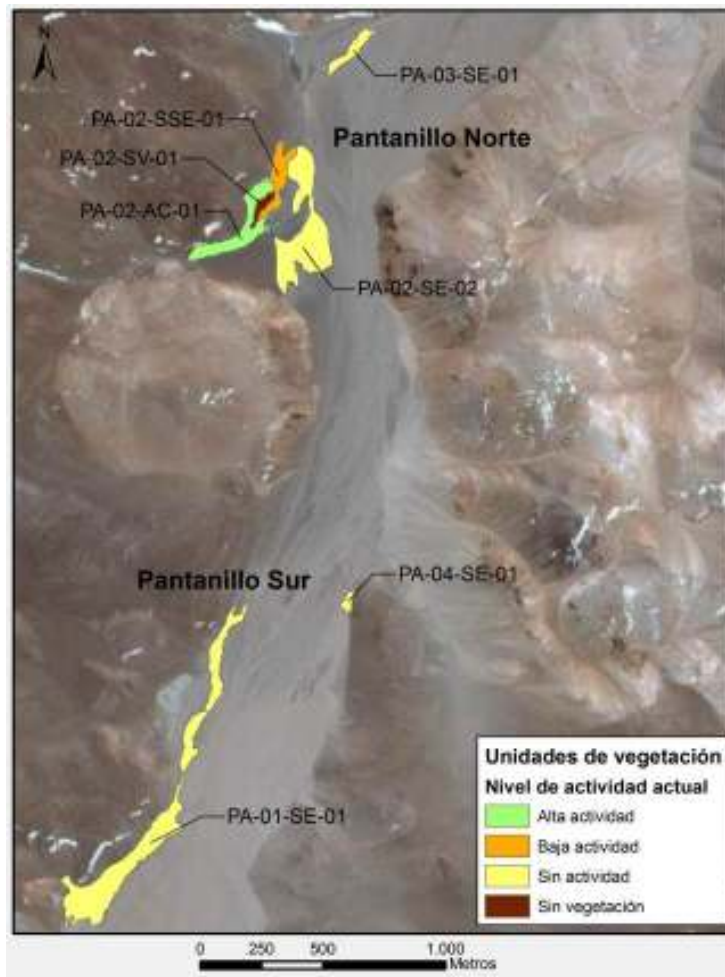


Figura 3: Distribución y condición actual de las unidades de vegetación presentes en el humedal de Pantanillo, región de Atacama, Mayo 2015.

Según la condición actual de la vegetación, la superficie que se encuentra en una condición de desecamiento severo o sin actividad corresponde a un total de **16.9 ha**, de las cuales 9.6 ha se ubican en el sector Pantanillo sur, distribuidas en dos unidades: PA-01-SE-01 y PA-04-SE-01 (esta última unidad no está considerada en el informe de fiscalización), y 7.3 ha que se ubican en el sector Pantanillo norte, también distribuidas en 2 unidades (PA-02-SE-02 y PA-03-SE-01).

En el sector norte se detectó una unidad (PA-02-AC-01 de 2.8 ha) que registra altos niveles de actividad de la vegetación, la que recibe aportes hídricos provenientes de una quebrada lateral. También se encuentra una unidad con niveles de actividad baja (de 1.6 ha) y otra unidad correspondiente a zonas sin vegetación. En la Tabla 2 se muestra el detalle de superficie, número de unidades y condición de la vegetación de las unidades discriminadas en el humedal de Pantanillo.

Tabla 2: Condición actual de la vegetación, superficie y número de unidades componentes del humedal de Pantanillo, región de Atacama, Mayo 2015.

Sector	Condición actual de la vegetación	Unidad	Superficie [ha]	Cantidad de unidades
Pantanillo norte	Alta actividad	PA-02-AC-01	2,8	1
	Baja actividad	PA-02-SSE-01	1,6	1
	Sin actividad	PA-02-SE-02	6,4	1
		PA-03-SE-01	0,9	1
	Sin vegetación	PA-02-SV-01	0,5	1
Pantanillo sur	Sin actividad	PA-01-SE-01	9,3	1
		PA-04-SE-01*	0,3	1
Total humedal de Pantanillo [ha]			21,8	7

* Unidad no considerada en el Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2015-8-111 - RCA-IA

Resumen humedal de Pantanillo

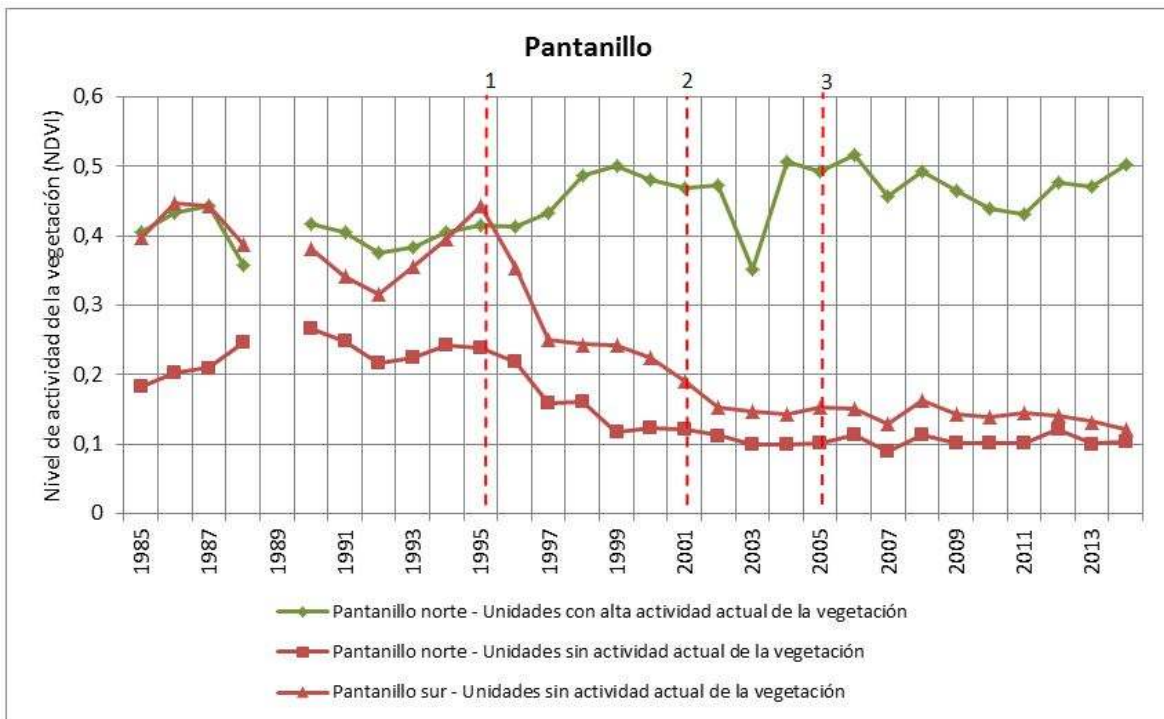
Totales	Superficie [ha]	Cantidad de unidades
Vegetación con alta actividad	2,8	1
Vegetación con baja actividad	1,6	1
Vegetación sin actividad	16,9	4
Áreas sin vegetación	0,5	1
Total humedal de Pantanillo	21,8	7

7.1.2. Análisis multitemporal de la actividad de la vegetación azonal hídrica

En 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. A partir de este último año, en ambos sectores los valores de NDVI se mantuvieron muy cercanos al valor 0,1 lo cual se relaciona con cubiertas carentes de vegetación activa o de muy baja actividad. El sector de Pantanillo sur presenta un proceso anterior de descenso en los niveles de actividad entre los años 1986 y 1992 el cual asciende durante los años 1993 y 1995, a partir de donde inicia una caída definitiva; algo similar ocurre en la porción norte en donde, ya en 1990, se observan tendencias a la caída en los niveles de actividad de la vegetación de ese sector.

Gráfico 1: 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.



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.

7.2. Humedal de Valle Ancho

7.2.1. Delimitación, estimación de la superficie y condición actual de las unidades de vegetación hídrica

El humedal de Valle Ancho posee una superficie total de 241.9 ha, las que se distribuyen en 21 unidades de vegetación distribuidas en tres sectores de Valle Ancho (según el grado de cercanía o conexión que tienen las distintas unidades): norte, centro y sur. La Figura 4 muestra la delimitación de unidades para este humedal y la condición actual de la vegetación conforme a lo presentado en el Informe de Fiscalización Ambiental y ajustado de acuerdo a la fotointerpretación realizada para este estudio.

De acuerdo a la condición actual de la vegetación, en el humedal de Valle Ancho se presentan 95.2 ha 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. El detalle de la condición de la vegetación, superficie y número de unidades que componen el humedal de Valle Ancho se entregan en la Tabla 3.

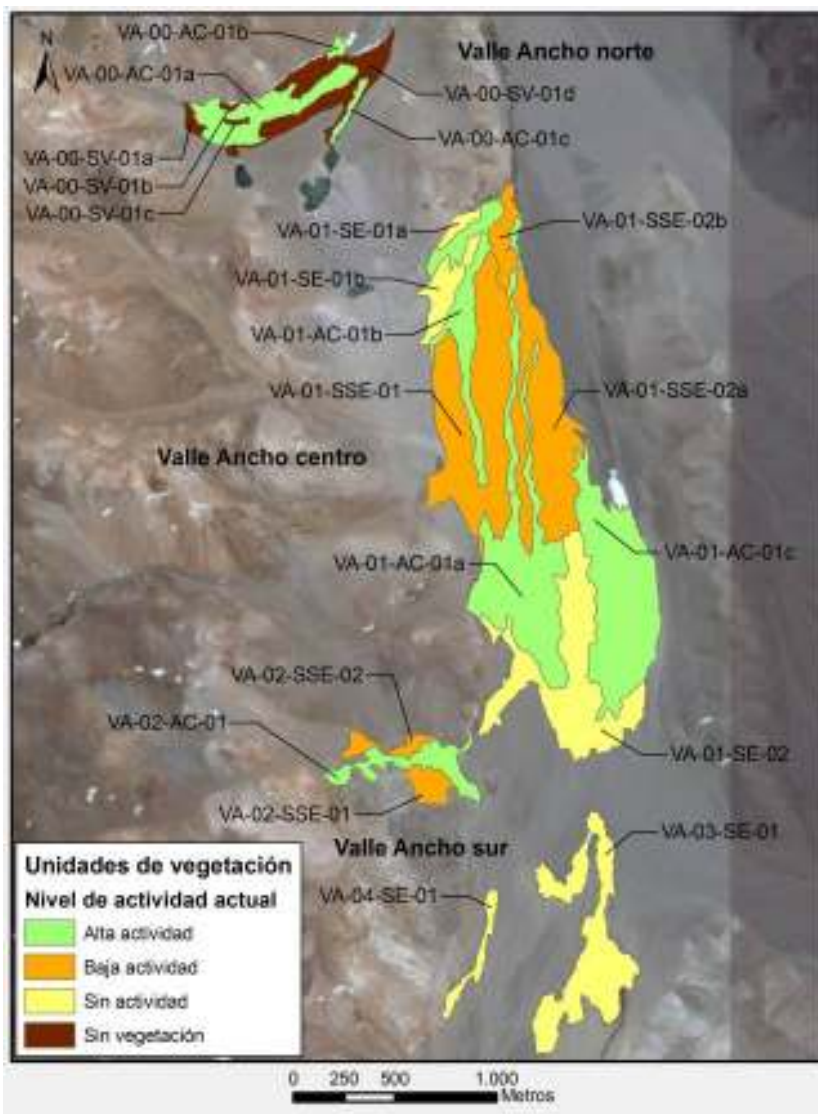


Figura 4: Distribución y condición actual de las unidades de vegetación presentes en el humedal de Valle Ancho, región de Atacama, Mayo 2015.

Tabla 3: Condición actual de la vegetación, superficie y número de unidades componentes del humedal de Valle Ancho, región de Atacama, Mayo 2015.

Sector	Condición actual de la vegetación	Unidad	Superficie [ha]	Cantidad de unidades
Valle Ancho norte	Alta actividad	VA-00-AC-01a	10,5	1
		VA-00-AC-01b	0,6	1
		VA-00-AC-01c	1,1	1
	Sin vegetación	VA-00-SV-01a	1,0	1
		VA-00-SV-01b	0,3	1
		VA-00-SV-01c	0,3	1
		VA-00-SV-01d	11,6	1
Valle Ancho centro	Alta actividad	VA-01-AC-01a	31,6	1
		VA-01-AC-01b	12,7	1
		VA-01-AC-01c	31,4	1
	Baja actividad	VA-01-SSE-01	35,1	1
		VA-01-SSE-02a	27,2	1
		VA-01-SSE-02b	4,3	1
	Sin actividad	VA-01-SE-01a	1,5	1
		VA-01-SE-01b	5,5	1
		VA-01-SE-02	28,9	1
Valle Ancho sur	Alta actividad	VA-02-AC-01	7,3	1
	Baja actividad	VA-02-SSE-01	3,2	1
		VA-02-SSE-02	2,7	1
	Sin actividad	VA-03-SE-01	22,2	1
		VA-04-SE-01	2,9	1
Total general humedal Valle Ancho			241,9	21

Resumen humedal de Valle Ancho

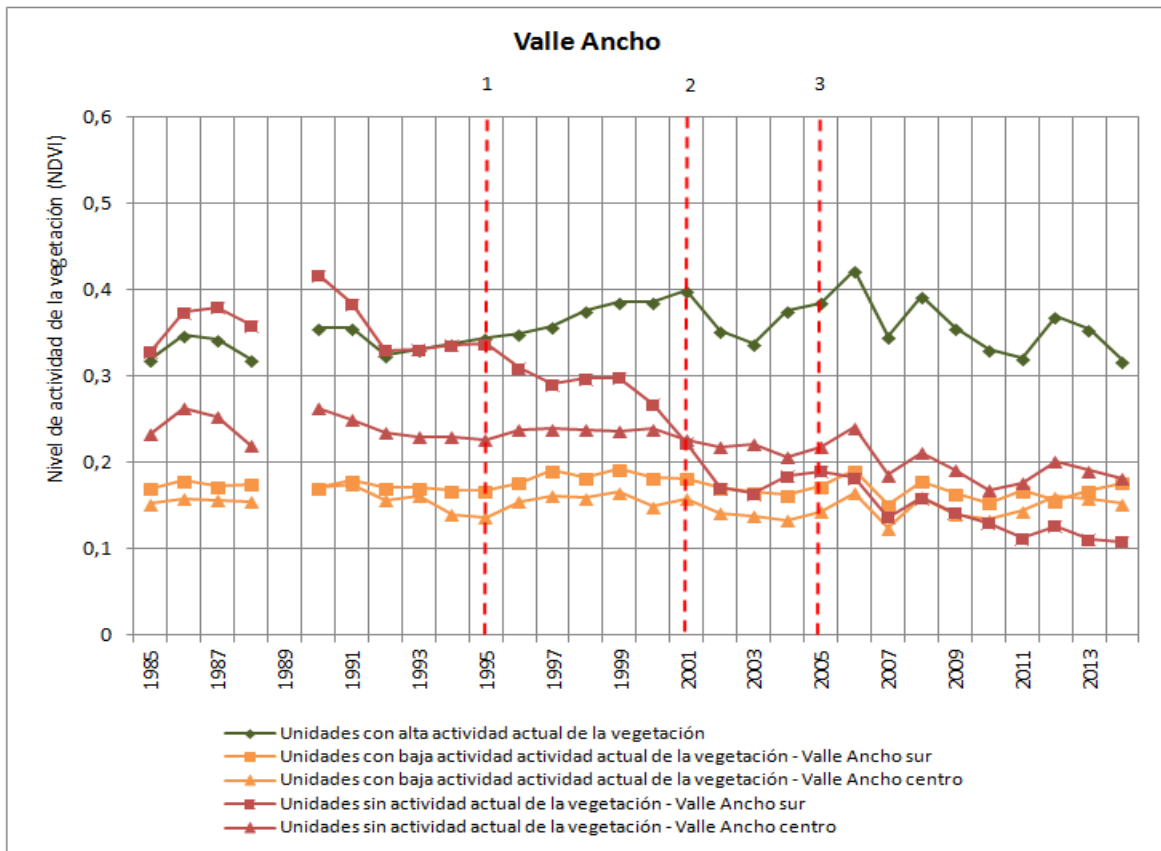
Totales	Superficie [ha]	Cantidad de unidades
Vegetación con alta actividad	95,2	7
Vegetación con baja actividad	72,5	5
Vegetación sin actividad	61,0	5
Áreas sin vegetación	13,2	4
Total humedal de Valle Ancho	241,9	21

7.2.2. Análisis multitemporal de la actividad de la vegetación azonal hídrica

De acuerdo a lo señalado en el informe de fiscalización, el humedal de Valle Ancho presenta dos situaciones en términos de disminución de la actividad de la vegetación presente, sin considerar aquellos sectores que presentan, actualmente, vegetación activa. La primera situación corresponde a sectores o unidades con vegetación “semi-seca” (de baja actividad), los que han

presentado históricamente niveles de actividad relativamente bajos desde el año 1985 en adelante con valores del NDVI menores a 0,2 sin registrar alzas o disminuciones importantes en el tiempo. Este comportamiento permitiría suponer que no estaría ocurriendo un proceso degradativo de la vegetación y su condición actual es similar a la que ha mantenido durante muchos años.

Gráfico 2: Variación histórica de los valores del NDVI registrados en las unidades según el nivel de actividad actual de la vegetación, humedal de Valle Ancho, región de Atacama, Mayo 2015.



Nota: 1= inicio de los bombeos de agua, 2= detención del bombeo, 3 = reinicio del bombeo.

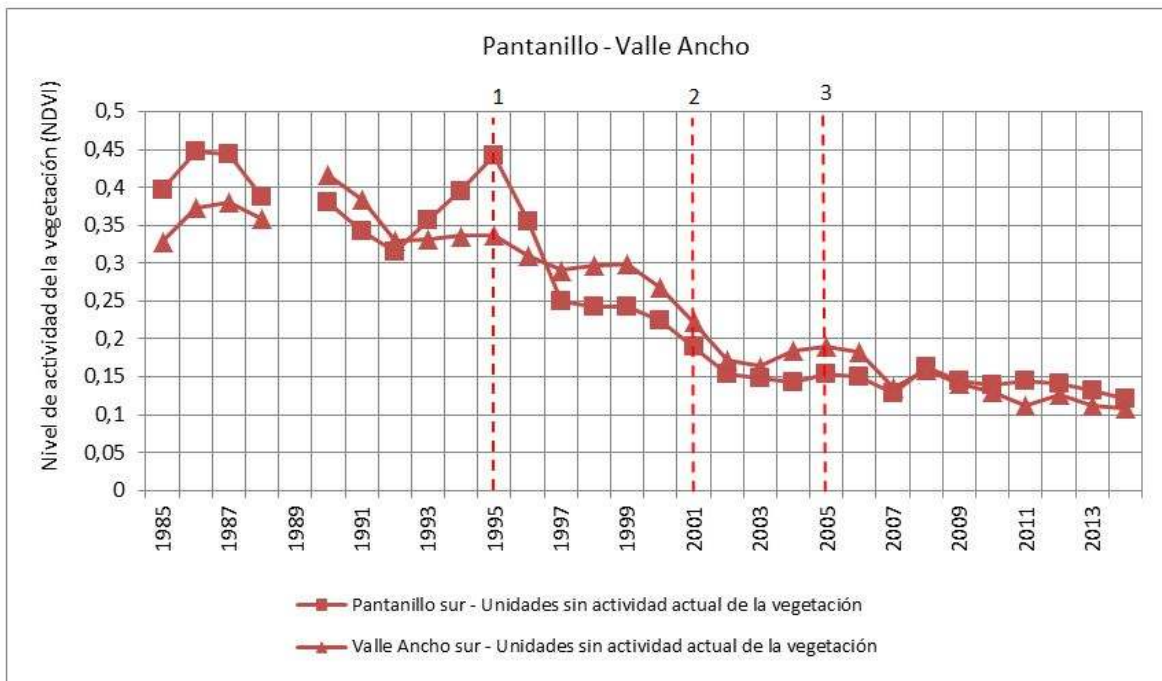
El año 1989 no se consideró en esta serie temporal por no contar con imágenes satelitales adecuadas para el análisis.

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.

Resulta destacable la similitud que existe en el comportamiento de la variación histórica del NDVI observado en los sectores sin actividad de la vegetación de la porción sur del humedal de Valle Ancho y la porción sur del humedal de Pantanillo; al superponer ambas curvas de variación del NDVI (Gráfico 3) se puede observar un alto grado de sincronía en el proceso de desecamiento que ambas áreas han experimentado, lo que permite establecer, con un alto grado de certeza, que ambos procesos han ocurrido simultáneamente a lo largo del tiempo, obedeciendo a un mismo fenómeno, el cual además posee una escala de magnitud tal que puede afectar ambos humedales al mismo tiempo y con resultados similares, a pesar de la distancia (mayor a 5 km) que existe entre ambos humedales.

Gráfico 3: Comparación de la variación histórica de los valores del NDVI registrados en las unidades sin actividad actual de la vegetación, humedales de Pantanillo y Valle Ancho, región de Atacama, Mayo 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.

7.3. Humedal de Barros Negros

7.3.1. Delimitación, estimación de la superficie y condición actual de las unidades de vegetación hídrica

El humedal de Barros Negros se ubica unos 5 km aprox. aguas abajo del humedal de Valle Ancho, posee una superficie de 146.3 ha, sub-divididas en 12 unidades de vegetación de acuerdo a los antecedentes cartográficos disponibles. El humedal se separa en dos secciones, norte y sur, de acuerdo al tamaño y forma de las unidades de vegetación, presentándose las unidades de mayor tamaño en la parte sur. En la figura 5 se muestra la distribución de las unidades y el nivel de actividad registrado actualmente en la vegetación.



Figura 5: Distribución y condición actual de las unidades de vegetación presentes en el humedal de Barros Negros, región de Atacama, Mayo 2015.

De acuerdo al nivel de actividad de la vegetación del humedal, se puede indicar que actualmente existen dos clases, un nivel de alta actividad que se ubica principalmente en la sección norte y en parte de la sección sur (superior) y que equivale a un total de 84.8 ha distribuidas en 10 unidades, y un nivel de baja actividad, en dos unidades con 61.5 ha, ubicadas en el extremo sur del humedal. No se detectó la presencia de unidades sin actividad de la vegetación o áreas descubiertas. En la tabla 4 se detalla para cada uno de los sectores del humedal, la condición actual de la vegetación, las unidades delimitadas y la superficie comprometida en cada una de ellas.

Tabla 4: Condición actual de la vegetación, superficie y número de unidades componentes del humedal de Barros Negros, región de Atacama, Mayo 2015.

Sector	Condición actual de la vegetación	Unidad	Superficie [ha]	Cantidad de unidades
Barros Negros sur	Alta actividad	BN_006	3,9	1
		BN_007	35,4	1
		BN_009	16	1
		BN_011	1	1
	Baja actividad	BN_008	32,9	1
		BN_010	28,6	1
Barros Negros norte	Alta actividad	BN_001	17,8	1
		BN_002	1,2	1
		BN_003	3,8	1
		BN_004	1,9	1
		BN_005	0,6	1
		BN_012	3,2	1
Total humedal de Barros Negros			146,3	12

Resumen humedal de Barros Negros

Totales	Superficie [ha]	Cantidad de unidades
Vegetación con alta actividad	84,8	10
Vegetación con baja actividad	61,5	2
Vegetación sin actividad	0	0
Áreas sin vegetación	0	0
Total humedal de Barros Negros	146,3	12

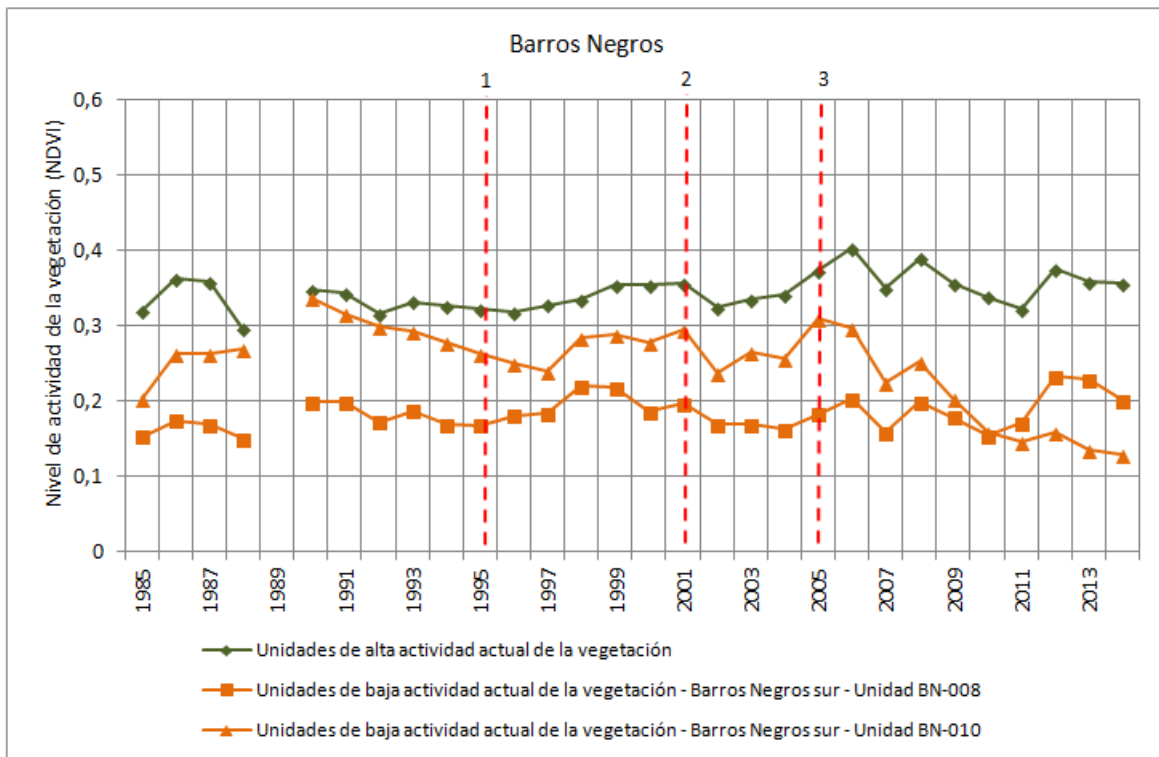
7.3.2. Análisis multitemporal de la actividad de la vegetación azonal hídrica

El humedal de Barros Negros registra actualmente dos unidades de vegetación, con niveles de actividad baja. La variación histórica de los valores del NDVI para estas unidades (Gráfico 4) muestra, para el caso de la unidad BN-008 ubicada en la porción central del humedal, un comportamiento relativamente estable en el tiempo, con valores del NDVI cercanos a 0,2

observándose una ligera alza del índice en los años 2012 y 2013, tal como ocurriera el año 1998 y 1999, para luego disminuir nuevamente por debajo de 0,2 en el año 2014. Este comportamiento regular en el tiempo permite establecer que no existe un proceso de desecación en esta unidad y que la condición actual de la vegetación se encuentra dentro de los parámetros históricamente observados.

En el caso de la unidad BN-010, ubicada en el extremo sur del humedal (parte alta), ésta presenta un comportamiento más irregular que la unidad anterior, registrando descensos constantes en los valores del NDVI como el ocurrido entre los años 1990 y 1997 para posteriormente recuperar sus valores históricos en torno a 0,3 y decaer nuevamente en los años 2002 y 2007, para finalmente decaer de manera progresiva a partir del año 2008 hasta valores cercanos a 0,1 en el año 2014, situación que, tal como se comentó anteriormente, se relaciona con áreas desprovistas de vegetación o en donde ésta presenta un nivel de actividad muy bajo. En base a lo expuesto, se puede indicar que la porción más sur del humedal Barros Negros registra sectores en los que ha ocurrido un descenso sostenido de los valores del NDVI a partir del año 2008 y que ha resultado en el desecamiento de parte de la vegetación existente en este sector.

Gráfico 4: Variación histórica de los valores del NDVI registrados en las unidades de baja actividad actual de la vegetación, humedal de Barros Negros, región de Atacama, Mayo 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.

7.4. Humedal de Ciénaga Redonda

7.4.1. Delimitación, estimación de la superficie y condición actual de las unidades de vegetación hídrica

El humedal de Ciénaga Redonda corresponde a la unidad de vegetación hídrica azonal que se ubica a menor altitud respecto a los otros tres humedales, y es la última unidad de este tipo antes del complejo de humedales presentes en el Salar de Maricunga y Laguna Santa Rosa, en la porción más baja de la cuenca hidrográfica. Este humedal posee una superficie estimada de 69 ha y es posible discriminar seis unidades principales, las que conforman una sola sección de humedal sin interrupciones destacables entre ellas. En la Figura 6 se muestra la localización y la condición actual de la vegetación azonal presente en el humedal de Ciénaga Redonda.

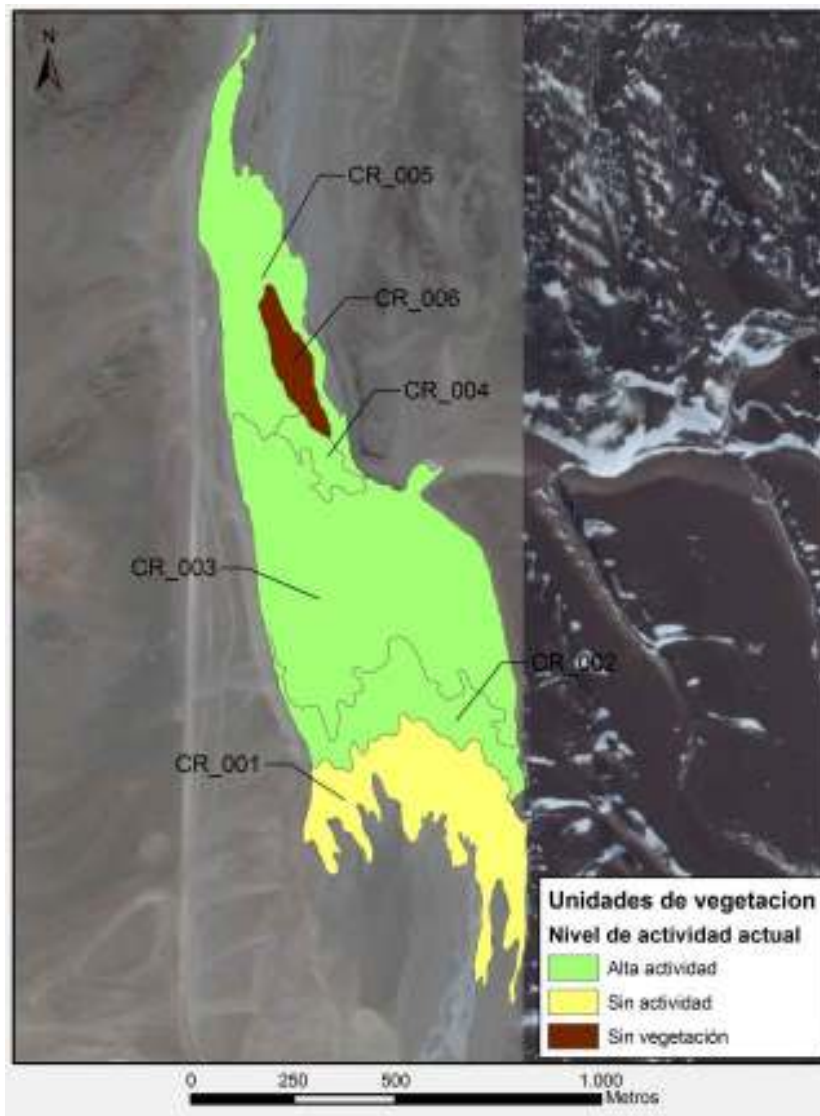


Figura 6: Distribución y condición actual de las unidades de vegetación presentes en el humedal de Ciénaga Redonda, región de Atacama, Mayo 2015.

Según la condición actual que la vegetación presente en este humedal, es posible encontrar unidades con una alta actividad de la vegetación, ocupando la mayor proporción de superficie con 52.8 ha distribuidas en cuatro unidades. Le siguen a este grupo una unidad de vegetación (unidad CR_001 de 13.7 ha), ubicada en la porción sur del humedal, que no registra actividad de la vegetación desde antes del año 1985, no siendo posible establecer la fecha en que esta unidad dejó de presentar vegetación activa. Finalmente, se detectó la presencia de una pequeña unidad sin vegetación en la porción centro norte del humedal equivalente a 2.5 ha (unidad CR_006). En la Tabla 5 se detallan las unidades y la condición actual de la vegetación en cada una de ellas, indicando además su superficie.

Tabla 5: Condición actual de la vegetación, superficie y número de unidades componentes del humedal de Ciénaga Redonda, región de Atacama, Mayo 2015.

Sector	Condición actual de la vegetación	Unidad	Superficie [ha]	Nº de unidades
Ciénaga Redonda	Alta actividad	CR_002	7,9	1
		CR_003	29,9	1
		CR_004	1,8	1
		CR_005	13,2	1
	Sin actividad	CR_001	13,7	1
	Sin vegetación	CR_006	2,5	1
Total humedal Ciénaga Redonda			69	6

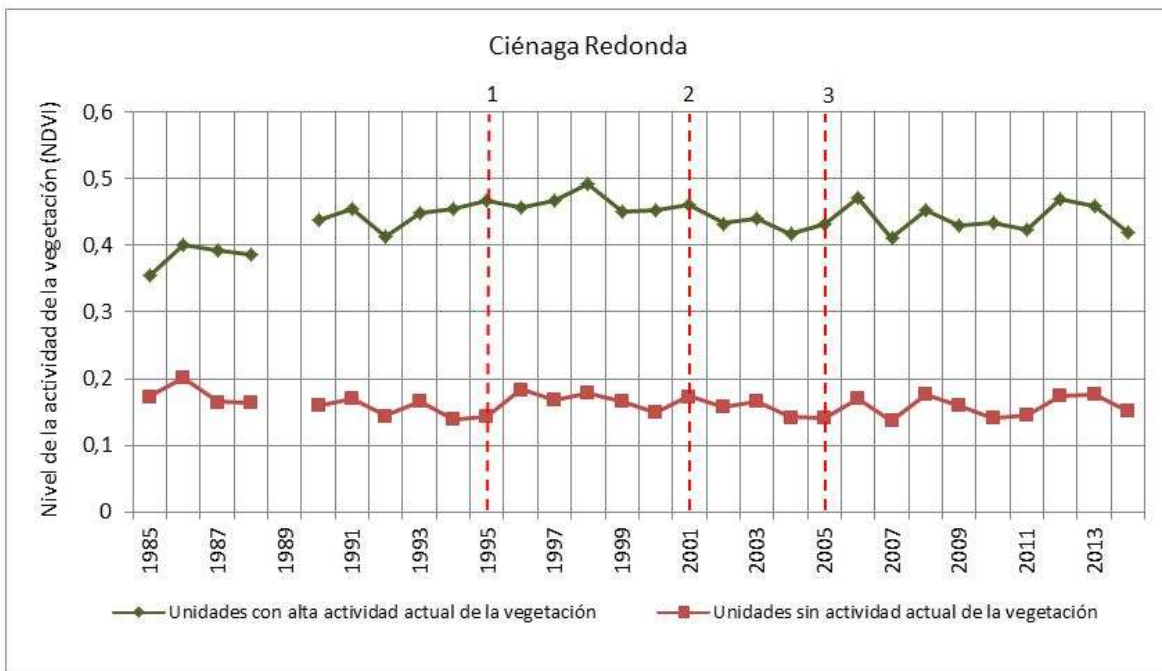
Resumen humedal de Ciénaga Redonda

Totales	Superficie [ha]	Cantidad de unidades
Vegetación con alta actividad	52,8	4
Vegetación con baja actividad	0,0	0
Vegetación sin actividad	13,7	1
Áreas sin vegetación	2,5	1
Total humedal de Ciénaga Redonda	69,0	6

7.4.2. Análisis multitemporal de la actividad de la vegetación azonal hídrica

El humedal de Ciénaga Redonda no presenta actualmente zonas de baja o nula actividad de la vegetación, a excepción de la unidad CR-001 la cual se ubica en el extremo sur del humedal (parte alta) y que corresponde a una porción de vegetación seca de la que aún se pueden observar restos o partes de algunas plantas. El análisis multitemporal (Gráfico 5) muestra que esta unidad a presentado valores del NDVI muy bajos (inferiores a 0,2) que no se corresponden con el tipo de vegetación que allí existía, por lo que se puede inferir que esta porción del humedal se encuentra seca desde antes del año 1985.

Gráfico 5: Variación histórica de los valores del NDVI registrados en las unidades de vegetación, humedal de Ciénaga Redonda, región de Atacama, Mayo 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.

El resto de las unidades de vegetación corresponden en su totalidad a unidades que presentan altos niveles de actividad de la vegetación, registrándose un descenso en la actividad fotosintética sólo en la unidad CR-004 que corresponde a un pequeño sector ubicado en la porción centro norte del humedal.

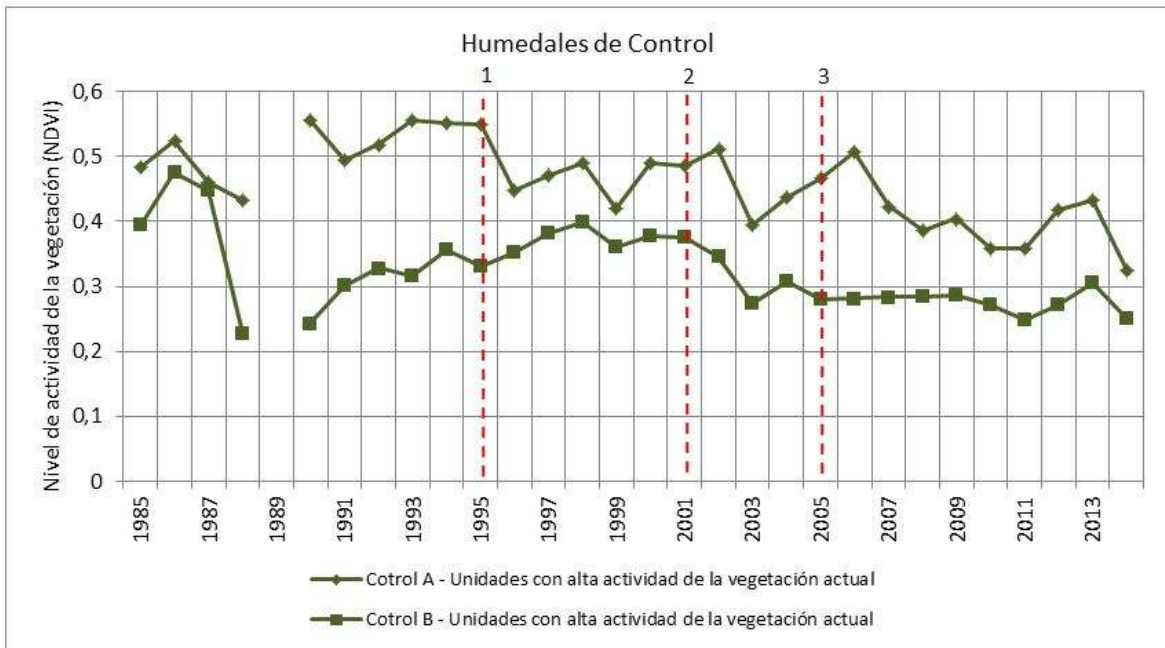
7.5. Existencia de posibles procesos de desecamiento a macroescala en la región de Atacama

Como parte de este estudio se analizó, mediante el análisis multitemporal, la existencia de posibles procesos de desecamiento a macroescala que pudiesen estar influyendo en el estado actual de los humedales del área de estudio. Se seleccionaron dos puntos de control (de un total de 7 puntos referenciales) que presentan 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.

Los puntos de control seleccionados (A y B) muestran un descenso en los valores del NDVI en los últimos 10 años, situación que podría estar indicando la existencia de un proceso de desecamiento de mayor escala y que afecta a algunos tipos de humedales o más específicamente a porciones de los humedales existentes. Esta aseveración se basa en el hecho de que, a excepción del humedal de Pantanillo, las porciones desecadas en los otros humedales corresponden a porciones menores de ellos, detectándose junto a estas zonas afectadas porciones activas del humedal y que no presentan evidencias de disminución en sus valores del NDVI. Por otro lado existe una gran

cantidad de humedales que ocupan porciones laterales en las cuencas hidrográficas y que no presentan problemas de desecamiento o disminución en sus valores de NDVI. Este hecho hace suponer la posible ocurrencia de un fenómeno de desecamiento a mayor escala y que cada humedal tendrá una diferente respuesta frente a un mismo fenómeno. En el Gráfico 6 se muestra la variación de los valores del NDVI en los puntos de control seleccionados.

Gráfico 6: Variación histórica de los valores del NDVI registrados en los puntos de control A y B seleccionados fuera del área de estudio, región de Atacama, Mayo 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.

8. CONCLUSIONES

En base a los análisis realizados en el presente estudio existen ciertas observaciones respecto de la información presentada en el “Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2015-8-111 -RCA-IA” presentado como parte de los antecedentes técnicos del proceso sancionatorio.

La primera observación tiene relación con las superficies afectadas en los humedales de Pantanillo y Valle Ancho, ya que de acuerdo con el presente estudio el Informe de Fiscalización sobreestima en 13.5 ha la superficie señalada como vegetación afectada o “seca” en ambos humedales. Esta diferencia se puede deber a los ajustes realizados en el presente estudio a las unidades de vegetación mediante una fotointerpretación en detalle y a posibles diferencias de escalas de trabajo.

En segundo lugar, se señala la existencia de 73.3 ha bajo amenaza inmediata de deterioro de la vegetación en el humedal de Valle Ancho por encontrarse esta vegetación en una condición “semi-seca”. Sin embargo, el análisis multiespectral muestra que en este humedal, las áreas identificadas con vegetación “semi-seca” presentan esta condición durante todo el período evaluado (1985 - 2014) sin que se presenten variaciones importantes en los valores del NDVI a lo largo del tiempo y sin que se observen disminuciones que den cuenta de un proceso paulatino de desecamiento.

Respecto 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. Esta idea debe ser reforzada con el análisis de las variables hídricas como lo son la velocidad de avance del cono de abatimiento de las napas y la distancia existente entre el humedal de Valle Ancho y los pozos de extracción de agua.

Por su parte, **los bajos niveles de actividad de la vegetación en algunas porciones del humedal de Barros Negros responden más bien a una dinámica natural del sistema y no a posibles intervenciones de origen antrópico, dado que los valores del NDVI históricos se presentan siempre bajos y sin grandes variaciones en el tiempo**, exceptuando sólo un pequeño sector en la porción mas sur del humedal en la que se presenta un proceso de desecamiento entre los años 2008 y 2014.

No se detectaron en el humedal de Ciénaga Redonda procesos de desecamiento actuales, y las áreas que se encuentran sin actividad o muertas han presentado esta misma condición desde antes del año 1985, año con que inicia el presente estudio.

Finalmente, 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. **Los puntos de control fuera**

del área de estudio muestran un descenso en los valores del NDVI al menos en los últimos 10 a 11 años. Se debe hacer la salvedad que los humedales incluidos en este estudio corresponden a un grupo particular de unidades de vegetación azonal, no existiendo unidades similares en el entorno inmediato al área de estudio según lo que se pudo corroborar al observar las imágenes satelitales disponibles para el área.

9. BIBLIOGRAFÍA

Ahumada, M. & L. Faúndez. 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVATH). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago 118 pp.

Castro, R. & Altamirano, T. 2013. Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Ciénaga Redonda, Barros Negros y Pantanillo. Altiplano Región de Atacama. AGROSIG, realizado para el Servicio Agrícola Ganadero (SAG central - DIPROREN). Licitación ID: 612-73-LE13. Noviembre 2013.

Castro, R. & Verdugo, C. 2014. Análisis de la Tendencia Histórica de Vegetación Azonal Hídrica sector Quebrada Villalobos. Altiplano Región de Atacama. AGROSIG, realizado para el Servicio Agrícola Ganadero (SAG central - DIPROREN). Licitación ID: 612-11-LE14. DRP SC 16. Noviembre 2014.

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

10. ANEXOS

Anexo 1. Set de imágenes satelitales utilizadas en el presente trabajo

Año*	Proveedor	Plataforma	Sensor**	Fecha captura	Hora de captura [UTC]	Resolución espacial [m]	Espectro de Bandas
1985	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	25-01-1985	14:02:27Z	30	Multiespectral
1986	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	28-01-1986	13:51:10Z	30	Multiespectral
1987	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	15-01-1987	13:51:47Z	30	Multiespectral
1988	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	19-02-1988	14:01:45Z	30	Multiespectral
1989*	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	20-01-1989	14:02:04Z	30	Multiespectral
1990	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	24-02-1990	13:53:17Z	30	Multiespectral
1991	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	27-02-1991	13:53:07Z	30	Multiespectral
1992	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	01-03-1992	13:56:15Z	30	Multiespectral
1993	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	16-02-1993	13:54:02Z	30	Multiespectral
1994	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	03-02-1994	13:53:16Z	30	Multiespectral
1995	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	05-01-1995	13:45:01Z	30	Multiespectral
1996	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	25-02-1996	13:38:12 Z	30	Multiespectral
1997	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	26-01-1997	13:56:16Z	30	Multiespectral
1998	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	14-02-1998	14:08:11Z	30	Multiespectral
1999	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	17-02-1999	14:11:19Z	30	Multiespectral
2000	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	20-02-2000	14:05:44Z	30	Multiespectral
2001	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	06-02-2001	14:12:05Z	30	Multiespectral
2002	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	25-02-2002	14:10:22Z	30	Multiespectral
2003	USGS/EROS	LANDSAT-7	ETM+	04-02-2003	14:20:41Z	30	Multiespectral
2004	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	15-02-2004	14:11:00Z	30	Multiespectral
2005	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	17-02-2005	14:18:41Z	30	Multiespectral
2006	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	04-02-2006	14:22:22Z	30	Multiespectral
2007	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	23-02-2007	14:27:03Z	30	Multiespectral
2008	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	10-02-2008	14:22:44Z	30	Multiespectral
2009	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	12-02-2009	14:17:53Z	30	Multiespectral
2010	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	15-02-2010	14:22:59Z	30	Multiespectral
2011	USGS/EROS	LANDSAT-5	TM	02-02-2011	14:22:02Z	30	Multiespectral
2012	USGS/EROS	LANDSAT-7	ETM+	13-02-2012	14:26:12Z	30	Multiespectral
2013	USGS/EROS	LANDSAT-7	ETM+	15-02-2013	14:28:16Z	30	Multiespectral
2014	USGS/EROS	LANDSAT-7	ETM+	18-02-2014	14:28:46Z	30	Multiespectral
2014*	USGS/EROS	LANDSAT-8	OLI-TIRS	26-02-2014	14:32:46Z	30	Multiespectral
2008*	Digital Globe	IKONOS	-	30-11-2008	-	3,2	Multiespectral
2009*	Digital Globe	IKONOS	-	14-03-2009	-	3,2	Multiespectral
2014*	-	-	-	Ago-Sep 2014	-	0,35	Color verdadero
2015*	-	-	-	17 al 19 Mayo 2015	-	0,05	Color verdadero

*imágenes no incluida en el análisis multitemporal, utilizadas como referencia o base cartográfica

**Sensor: TM= *Thematic mapper*; ETM+ =*Enhanced Thematic Mapper Plus*; OLI-TIRS = *Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS)*