

PROTECCIÓN LEGAL DE HUMEDALES ALTOANDINOS DEL NORTE DE CHILE

MARÍA ANGÉLICA ALEGRIA, ADRIAN LILLO

Depto. de Estudios y Planificación Dirección General de Aguas MOP

Estado 10 oficina 1501, Santiago, Chile.

Teléfono: 6398941; Fax: 6339952

e-mail: maria.alegria@moptt.gov.cl, adrian.lillo@moptt.gov.cl

RESUMEN

El Código de Aguas de 1981 no consideró la conservación de los humedales altoandinos (vegas y bofedales) del norte de Chile, ecosistemas únicos de alta vulnerabilidad a la disponibilidad hídrica. Dicha situación ha puesto en riesgo su sustentabilidad y la supervivencia de las comunidades indígenas del altiplano, para quienes estos humedales tiene una importancia cultural y económica.

La Dirección General de Aguas, conciente de lo anterior, promovió la modificación del Código de Aguas en 1992 con lo cual se prohibió la explotación de sus acuíferos alimentadores. En 1996 se protegió legalmente un área aproximada de 2909 km² entre la I y II región.

Posteriormente, CONADI II Región, a través de diversos análisis y estudios, concluyó y luego comunicó a la DGA que algunas vegas y bofedales que eran sustento de comunidades indígenas no se encontraban adecuadamente protegidas o no estaban protegidas del todo.

Así, el presente estudio se basa en un convenio entre la Dirección General de Aguas y la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena cuyo objetivo fue actualizar dicha protección en los acuíferos alimentadores de vegas y bofedales de la II región. Como resultado, se adicionan aproximadamente 2575 km² de acuíferos delimitados.

ABSTRACT

The Water code of 1981 did not consider the conservation of the Andean wetlands (Vegas and Bofedales) of the north of Chile, unique ecosystems of high vulnerability to the water availability. The situation above mentioned has put in risk its sustenance and the survival of the communities indigenous to the altiplane, for whom these wetlands have a cultural and economic importance.

The Dirección General de Aguas (Water Bureau), recognizing the previous problem, promoted the modification of the Water Law in 1992 which prohibited the exploitation of its nourishing aquifers. In 1996 an approximate area of 2909 km² was protected legally between the I and II region.

Later, CONADI (Indigenous Development Bureau) II Region, by means of diverse analyses and studies, concluded and then reported to DGA that any wetlands that were a sustenance of indigenous communities were not suitably protected or were not protected at all.

The present study is based on an agreement between Dirección General de Aguas and Corporación Nacional de Desarrollo Indígena having as aim to update the above mentioned protection in the II region, resulting in the addition of approximately 2575 km² of delimited aquifers.



PROTECCIÓN LEGAL DE HUMEDALES ALTOANDINOS DEL NORTE DE CHILE

1 Introducción

En la zona altiplánica de las Regiones Administrativas I y II de nuestro país, con un ambiente marcadamente árido, la presencia de un suministro más o menos constante de agua condiciona la existencia de sistemas vegetacionales característicos conocidos con el nombre de vegas y bofedales, los cuales técnicamente pertenecen a un ambiente de humedal.

Las vegas y bofedales son formaciones vegetales que se establecen en un ambiente edáfico, principalmente orgánico, caracterizado por una condición hídrica de saturación permanente, presentando una gran diversidad biológica respecto del entorno y un mayor número de especies vegetales, las cuales son propias de estos sistemas. Estos humedales son zonas de forraje y abrevadero de valiosas especies amenazadas en su conservación (vicuña, guanaco, llama y alpaca entre otros).

Normalmente, las formaciones vegetacionales presentes en los humedales del altiplano muestran una mezcla entre tres tipos de vegetación: vegas, bofedales y vegetación riparia, la cual está directamente relacionada con las condiciones hídricas y el contenido salino de suelos y aguas.

La flora de los bofedales está adaptada a las condiciones ambientales extremas de la Puna Altoandina y se caracteriza por presentar un microrrelieve fuertemente ondulado con una red intrincada de canales o cursos de agua corriente; se relaciona con la dominancia de especies herbáceas en “cojines” compactos por sobre las especies rizomatosas que forman los céspedes planos o regulares de los tipos vegetacionales de vegas. Además, están asociados a cursos de agua corriente permanente, con mayor concentración de oxígeno y baja salinidad. No obstante lo anterior, es posible encontrar bofedales en laderas de montañas o conos volcánicos, donde existen vertientes o nacen ríos superficiales o subsuperficiales.

Los tipos vegetacionales de vegas corresponden a sistemas ecológicos biológicos azonales, con una vegetación característica que se desarrolla gracias a un elevado y permanente contenido de humedad edáfica. La apariencia de las vegas corresponde a una estrata herbácea densa a muy densa (coberturas de más del 50%), de baja a mediana altura (5-100 cm), sobre una superficie general plana o con un muy escaso microrrelieve y significativas fluctuaciones de los niveles freáticos producto de escurrimientos superficiales eventuales y/o escorrentía directa generada por, contenidos salinos altos en el suelo y el agua. Los cursos de agua, cuando los hay, quedan restringidos a surcos de escaso tamaño, completamente vegetados, o bien a uno solo de gran tamaño. En consecuencia, las formaciones de vegas están asociadas a zonas de mayor cota sin escurrimientos superficiales permanentes y en donde los niveles freáticos en forma natural se encuentran alejados de la superficie.

En síntesis, las vegas y bofedales corresponden a ecosistemas únicos los cuales deben ser estudiados en profundidad con el fin de reconocer la compleja interacción de sus componentes básicos como la tierra, el agua, los animales y las plantas. También es necesario estudiar los requerimientos hídricos y biológicos para asegurar así su mantención en el tiempo.



Debido a que los límites de los acuíferos alimentadores de vegas y bofedales son altamente dinámicos y tienen una gran variabilidad a lo largo del tiempo, se requiere de una actualización periódica que incorpore nuevas áreas, o bien, que modifique las existentes, sobre la base de antecedentes fundados determinados en terreno.

Por lo anterior, CONADI II Región, a través de diversos análisis y estudios efectuados desde 1996, concluyó y luego comunicó a la DGA que algunas vegas y bofedales que eran sustento de comunidades indígenas no se encontraban adecuadamente protegidas o no estaban protegidas del todo.

Atendidas las dos consideraciones anteriores, la DGA determinó, en el año 2001, realizar una actualización de la referida delimitación de acuíferos de la Región de Antofagasta, con aportes financieros entregados por CONADI II Región.

2 ANTECEDENTES GENERALES

En 1992 el Código de Aguas de 1981 fue modificado incorporando a los artículos 58 y 63 la protección y conservación de los humedales del altiplano de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, en el extremo norte de Chile, mediante la prohibición de explotar y explorar los recursos subterráneos que los alimentan.

En consecuencia, la Dirección General de Aguas (DGA), a través de la Resolución N°909 de 1996, identificó y delimitó dichos acuíferos. De esta manera, en la I Región quedaron protegidos 139 humedales, con una superficie de 335 km² equivalente al 0,57% del total de la superficie de la Región. En la II Región se protegieron 167 humedales, con una superficie de 2574 km² equivalentes al 2,22% de la superficie total de la Región.

La protección legal establece que *“las zonas que correspondan a acuíferos que alimentan vegas y bofedales de las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta se entenderán prohibidas para mayores explotaciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa”*. Luego, los acuíferos quedan restringidos en el sentido que *“no se podrán efectuar exploraciones en terrenos públicos o privados de zonas que alimenten vegas y bofedales en las Regiones de Tarapacá y de Antofagasta sino con autorización fundada de la DGA”*.

3 ESTUDIO DGA-CONADI

3.1 Objetivo del estudio

Como objetivo general se tiene identificar y delimitar los acuíferos que alimentan los humedales de la II Región de Antofagasta, a fin de actualizar la delimitación existente definida a través de la Resolución DGA N° 909 de 1996. Adicionalmente, contempló la incorporación de nuevos acuíferos a proteger, de acuerdo a la información proporcionada por las propias comunidades indígenas, dando un énfasis especial a aquellos directamente relacionados con las comunidades indígenas presentes en la zona.



Como objetivos específicos del estudio se plantearon:

- Recopilación de antecedentes acerca de la descripción geológica e hidrogeológica de carácter regional y relativo a humedales y comunidades indígenas.
- Identificación de aspectos singulares que permitan la delimitación de unidades hidrogeológicas a partir de la información base obtenida en terreno y otros antecedentes existentes que se recopilen.
- Identificación y delimitación de acuíferos alimentadores de humedales con énfasis en aquellos asociados a usos indígenas en la zona.
- Generación de una base de información digital georreferenciada que contenga los humedales identificados y la delimitación de los acuíferos que lo alimentan.

3.2 Alcances y Área de Estudio

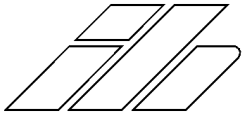
El estudio abarcó los acuíferos ubicados dentro de los límites administrativos de la Región de Antofagasta (Figura 1), con especial énfasis en las cuencas localizadas en las partes altas de la II Región, atendido al hecho que en esta zona se originan los recursos hídricos que se aprovechan aguas abajo.



Figura 1. Área de Estudio

3.3 Etapas del Estudio

- Recopilación de Antecedentes (estudios anteriores, cartografía regular, fotografías aéreas, información de carácter geológico, imágenes satelitales, información hidrogeológica de informes de solicitudes de exploración y derechos de agua)
- Entrevistas a instituciones (CONAF, CONADI, Comunidades Indígenas de la zona)



- Campañas de terreno / Procesamiento de la información
- Delimitación de acuíferos que alimentan humedales
- Elaboración cartográfica

3.3.1 Metodología considerada

Como criterio general se definió para cada vega o bofedal identificado el sector hidrogeológico que lo alimenta, el cual corresponde al área que frente a una eventual explotación de agua subterránea en ella afecte significativamente la preservación de la vega. Para el desarrollo de esta metodología se siguieron los siguientes pasos:

- Identificación de vegas y bofedales que sean alimentadas principalmente por aguas subterráneas, incorporando algunos de importancia o prioridad alimentados por escurrimiento subsuperficial. Para esto se tuvo como información base el estudio que generó la Resolución DGA N°909 de 1996, más nuevos antecedentes sobre existencia de vegas (DGA, CONADI, CONAF, análisis de fotos aéreas e imagen satelital, e inspección de terreno). Se tuvo especial consideración en las prioridades entregadas por CONADI en cuanto a interés de protección.

Para el reconocimiento inicial de las vegas y de su superficie se contó con algunas bandas de imágenes satelitales Landsat-TM de Febrero de 1991. Las bandas disponibles, que fueron tres, corresponden al rojo e infrarrojo cercano y medio, bandas 3, 4 y 5 respectivamente.

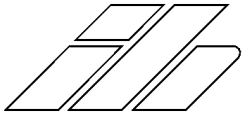
Las imágenes satelitales fueron georreferenciadas con puntos de control conocidos hasta obtener una precisión de 40 metros, estimada mediante el índice RMS, el que toma un valor igual a 1,2 para las imágenes del área de estudio.

La identificación preliminar de las vegas a través de la imagen, se obtuvo a través de un índice desarrollado para detectar la vegetación. El índice usado es el desarrollado por Qi et al (1994) denominado Modified Soil-Adjusted Vegetation Index (MSAVI), cuya expresión matemática es la siguiente:

$$MSAVI = \frac{2 * I_4 + 1 - \sqrt{(2 * I_4 + 1)^2 - 8 * (I_4 - I_3)}}{2} \quad (1)$$

donde λ_4 = banda 4 (infrarrojo cercano)
 λ_3 = banda 3 (rojo)

- Considerando la gran cantidad de vegas identificadas por los organismos señalados, y además la poca factibilidad de visitarlas todas, se fijó una regla de prioridades que consideró en primer lugar las vegas ya protegidas por la Resolución 909/96, seguidas de un listado de prioridades entregado por CONADI, y a continuación las identificadas por CONAF.
- Una vez identificadas todas las vegas a estudiar, se procedió a su ubicación en una base cartográfica y a una delimitación preliminar de éstas, en base a información disponible, fotos aéreas e imagen satelital.



- Mediante dos campañas de terreno (Julio de 2001 y Septiembre de 2001), se visitaron cada uno de los lugares identificados previamente, además de nuevas vegas que se encuentren durante las campañas, las cuales se analizan para su posible incorporación como vegas protegidas. En terreno, a partir de la delimitación preliminar, se verifican los límites de la vega, determinando coordenadas UTM de su entorno mediante GPS. En esta delimitación se tuvo en cuenta fenómenos estacionales de cobertura de la vega, ya que en su mayoría éstas crecen y decrecen dependiendo del aporte hidrológico que es variable año a año. Se realizó un reconocimiento hidrogeológico del acuífero que alimenta a la vega, reconociendo tipo de relleno, líneas de contacto, estructuras, litología, fuente de recarga, etc.

- Delimitación de los acuíferos que alimentan vegas y bofedales

Teniendo definidos los límites de la vega, se determinó una distancia desde el perímetro de ésta que defina el área del acuífero que protege la vega. El criterio para determinar esta distancia dependerá de la clasificación de la vega en cuanto al tipo de acuífero que la alimenta (salar, llanura, quebradas, etc.). Como criterio general, se definirá un área de protección de la vega en base a criterios hidrogeológicos particulares de cada una. Cuando corresponda, dependiendo de la clasificación de la vega, se determinará una distancia tal que un bombeo produzca en el límite de la vega un descenso del nivel freático que no afecte significativamente la condición histórica de la vega.

La información de los pozos es útil e importante para dimensionar el acuífero a partir de la estratigrafía y profundidad de los pozos, y de las pruebas de bombeo, de donde además se obtienen los parámetros para calcular el radio de influencia, que son la transmisividad y coeficiente de almacenamiento.

Para algunos pozos, el análisis de la prueba de bombeo fue realizada especialmente para este proyecto, mientras que en otros casos, los parámetros se obtuvieron directamente de algunos de los estudios recopilados.

Para la delimitación del acuífero se definió un radio de influencia de acuerdo a la metodología expuesta, es decir, una distancia a la vega tal que un bombeo no produzca un descenso mayor a 25 cm. Se utilizó la ecuación modificada de Theis, en que el descenso (Δ) a una distancia X del pozo está dado por:

$$\Delta = \frac{Q}{4pT} \ln(2.24 T t / x^2 S) \quad (1)$$

donde:

Q = Caudal de bombeo (l/s)

T = Transmisividad ($m^2/día$)

t = Tiempo de bombeo (días)

X = Distancia al pozo (radio de influencia – (m))

S = Coeficiente de almacenamiento

Δ = Descenso (m)



Aceptando el valor de descenso máximo permitido de 25 cm y adoptando para cada caso los valores de Q, T y S, se tiene que la distancia a que se produce el descenso señalado queda dependiente del tiempo de bombeo, variable subjetiva que dependerá del uso particular que se le dé a cada pozo que se construya y/o explote en cada sector.

En vista de lo anterior, y considerando que el radio de influencia varía significativamente durante el comienzo del bombeo y durante un periodo de tiempo largo (más de 1 año), para determinar la distancia X según la fórmula anterior, ésta se aplicó para diferentes tiempos de bombeo y se adoptó un tiempo tal que esta variable pasa a ser poco significativa en el cálculo de la distancia X a que se produce el descenso de 25 cm, tiempo que resulta en todos los casos superior a 10 años.

Para cada sector se utilizó los parámetros T, Q, y S de pozos cercanos y de zonas hidrogeológicamente homogéneas. En muchos casos no se tuvo información de pozos cercanos, utilizándose parámetros obtenidos de pozos más lejanos de zonas similares.

- Para los casos de vegas alimentadas por escurrimientos subsuperficiales, el criterio general será de proteger la fuente de recarga de la vega, que puede limitarse en algunos casos sólo al cauce en que se encuentra la vega o a un área de recarga definida por una cuenca hidrográfica.

3.3.2 Campañas de terreno

Se realizaron dos campañas de terreno. La 1ª campaña se efectuó en Julio del 2001 visitando los sectores de: Ollagüe, Ascotán y Carcote, El Tatio, Inacaliri, San Pedro, Chiu Chiu, Caspana y Turi. En esta campaña se reconocieron y delimitaron 62 vegas contenidas en la Resolución N° 909 y 26 vegas nuevas no incluidas en los estudios de terreno de la referida Resolución.

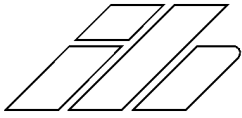
La 2ª campaña se efectuó en septiembre del 2001 visitando el sector oriental del Salar de Atacama. En esta campaña se identificaron y delimitaron 87 vegas y sus acuíferos contenidos en la Resolución N° 909 y 46 vegas nuevas no incluidas en los estudios de terreno de la referida Resolución.

4 Conclusiones y Recomendaciones

A partir del estudio desarrollado se logró delimitar 203 vegas con un área total de 5149,1 km² de acuíferos delimitados, es decir, en la región de Antofagasta la protección de estos acuíferos aumentó en un 100% (2574 km²).

Además, de acuerdo con la clasificación según fuente de alimentación, se definieron diversos tipos de vegas existentes y reconocidas:

- Vegas alimentadas por aguas subterráneas:
 - o Fondos de quebrada
 - o Salares
 - o Llanura aluvial
 - o Cársticas
- Vegas asociadas a escurrimiento subsuperficial:
 - o Cabeceras de quebradas



- Lechos de cauce
- Vertientes

Con ello se cumplió en gran parte el objetivo del convenio. Se pudo reconocer y re-estudiar un número satisfactorio de vegas, correspondiendo a continuación la tramitación de la Resolución que modifica la delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales del año 1996, a fin de incorporar los cambios de los límites de los acuíferos e incluir los nuevos.

De esta forma, estos humedales quedan protegidos y las áreas que corresponden a sus acuíferos alimentadores se entienden prohibidas para mayores explotaciones que las autorizadas, así como para nuevas explotaciones, sin necesidad de declaración expresa.

En cuanto a la exploración de aguas subterráneas, estos acuíferos quedan restringidos en el sentido que no se podrán efectuar exploraciones en dichos terrenos, sean éstos públicos o privados.

5 Referencias

Dirección General de Aguas. Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales, región de Antofagasta, 2001.

ALEGRIA María Angélica, LILLO Adrián. La Importancia de los Humedales Altoandinos: Comunidades Indígenas y Biodiversidad. *Revista Ambiente y Desarrollo*, Vol XVIII (2-3-4): 229, 2002.