



## Límites y potencialidades de las reservas de agua dulce en el humedal de la Bahía de Samborombón, Argentina

Tejada, Macarena<sup>1</sup> - Carol, Eleonora<sup>2</sup> - Kruse, Eduardo<sup>3</sup> ✉

Recibido: 18 de abril de 2011 • Aceptado: 19 de setiembre de 2011

### Resumen

*Los humedales son zonas frágiles y dinámicas expuestas a la influencia de factores naturales y humanos. El humedal de la Bahía de Samborombón se desarrolla en el límite oriental de la Región Deprimida del Salado (Provincia de Buenos Aires). El sector central y norte constituye un ambiente hidrogeológico particular donde la única fuente de agua dulce se aloja en cordones conchiles formando lentes. Desde principios del siglo XX, estos cordones han sido explotados eliminándose con ellos importantes reservorios de agua dulce. El objetivo del trabajo es evaluar los volúmenes de agua subterránea dulce eliminados como consecuencia de la actividad minera con el fin de conocer los límites y potencialidades de las reservas de agua dulce en el área. Se realizó una estimación del volumen de conchilla extraída y de la disminución del volumen de agua dulce como consecuencia de la explotación minera, a partir de relevamientos de campo, mediciones hidrogeológicas y el análisis de cartas topográficas e imágenes satelitales. Los resultados obtenidos evidencian que la eliminación de las reservas de agua dulce por la extracción de conchilla afecta la sustentabilidad hídrica del área.*

**Palabras clave:** *gestión integrada costera, cordones conchiles, agua subterránea.*

### Abstract

*Wetlands are fragile and dynamic areas exposed to both human and natural influence. Samborombón Bay wetland is located on the eastern edge of El Salado lowland (Buenos Aires province). The central and northern area of the wetland is a particular hydrogeological environment where the only freshwater source is located on the shell ridges. Shell ridges have been exploited since the early twentieth century causing the exhaustion of important freshwater reserves. The aim of this work is to evaluate the reduction of fresh groundwater volume as a result of mining activity, in order to know the limits and potential of freshwater reserves in the area. To achieve this goal an estimation of the volume of shells ridges extracted due to mining activity has been carried out. Results show that fresh water reserves depletion by the extraction of shells affects hydric sustainability of the area.*

**Keywords:** *integration coastal zone, shell ridges, groundwater.*

1 Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, Crta. de Utrera, km.1, 41013 Sevilla, España.

2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Cátedra de Hidrología General, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Calle 64 n°3 La Plata (1900), Argentina.

3 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Cátedra de Hidrología General, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. Calle 64 n°3 La Plata (1900), Argentina.

✉ kruse@fcnym.unlp.edu.ar

## INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad como concepto, pretende reconocer los límites y las potencialidades de la naturaleza e implica una relación directa entre el hombre y su actividad. Un equilibrio entre el uso y la capacidad de carga del medio, de manera que se evite la destrucción de la diversidad (Gil Pérez et al. 2006)

Las potencialidades de los humedales son conocidas por brindar numerosos beneficios a la sociedad a través de sus recursos y funciones (regulación de inundaciones, estabilización de microclimas, etc.) Asimismo son zonas frágiles y dinámicas expuestas a la influencia de factores naturales y humanos, razón por la cual deben ser protegidas y tratadas con planes de manejo adecuados. La conservación, restauración y manejo de humedales exigen conocer las relaciones funcionales entre sus componentes. Los sistemas de información geográfica (SIG) resultan ser una herramienta de importancia utilizada en la gestión integrada de humedales y zonas costeras (Vellinga et al. 1993, Rodríguez et al. 2009).

En la Provincia de Buenos Aires (Argentina), la mayoría de los humedales se encuentran en manos privadas y son explotados por sus propietarios de acuerdo a sus intereses económicos, generalmente, sin respetar criterios de conservación. Por esta razón resulta fundamental lograr un acuerdo entre los actores sociales del humedal, a fin de mantener la productividad y diversidad biológica y hacer posible el aprovechamiento de sus recursos; es decir establecer unos límites de uso que permitan el equilibrio.

El humedal de la Bahía de Samborombón es el más extenso de Argentina y fue designado sitio RAMSAR en 1997 por ser un área de alimentación, reposo y reproducción de aves migratorias y ser una reserva de especies en peligro de extinción (Canevari et al. 1998). Es un humedal mixohalino intermareal donde la única fuente de agua dulce se aloja en cordones conchiles que forman lentes sobre el acuífero salino de la planicie costera (Sala et al. 1978). Desde principios del siglo XX, estos cordones han sido explotados para la extracción del material carbonático y áridos, eliminándose con ellos importantes reservorios de agua dulce.

El objetivo del trabajo es evaluar los volúmenes de agua subterránea dulce eliminados como consecuencia de la actividad minera con el fin de conocer los límites y potencialidades de las reservas de agua dulce en el área.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio incluye el sector central y norte del humedal de la Bahía de Samborombón, ubicado en el límite oriental de la Región Deprimida del Salado (Provincia de Buenos Aires) (Figura 1).

Comprende una extensa planicie costera a la que se asocian cordones de conchilla, ambos depositados durante el Holoceno como consecuencia de los sucesivos desplazamientos de la línea de costa debidos a las oscilaciones del nivel del mar (Violante et al. 2001). La planicie costera es un área topográficamente baja con cotas inferiores a 5 m snm y de escasa pendiente topográfica con valores cercanos a  $10^{-4}$  %. Es una zona mal drenada con numerosos bañados y cañadas compuesta por sedimentos limosos a arcillosos en los que intercalan arenas con restos de conchilla. Constituye una unidad hidrogeológica de baja permeabilidad que aloja un acuífero freático somero. El flujo subterráneo regional es hacia la bahía pudiendo descargar localmente en lagunas y cursos superficiales. El agua en este am-

biente es clorurada sódica salina con valores de STD entre 1662 y 5565 mg/L (Carol et al. 2009).

Los cordones de conchilla se desarrollan paralelos a la línea de costa desde la mitad de la bahía hacia el N. Son geofomas de relieve positivas con cotas que varían entre (6 y 12 m snm). Están compuestos por restos sueltos de conchillas marinas que alternan en sectores con capas de arenas y arcillas. Hidrogeológicamente es una unidad de mediana a alta permeabilidad que forma lentes de agua dulce sobre el acuífero salino de la planicie costera. El agua en esta unidad es bicarbonatada sódica con contenidos salinos inferiores a 1000 mg/L (Carol et al. 2009). Su importancia a nivel regional y local reside en que es la única fuente de agua dulce para abastecimiento de pobladores y sustento de especies dentro del humedal.

Los principales cursos superficiales que desembocan en esta zona de la bahía son el Río Samborombón y el Salado. La baja pendiente del área dificulta el drenaje natural de los cursos hacia la bahía los cuales se caracterizan por presentar numerosos meandros en el tramo final. Con el fin de facilitar este drenaje es que existen numerosos canales, siendo los más relevantes el Canal del Río Salado y el Canal 15 (Figura 1).

## METODOLOGÍA

Se realizaron relevamientos de campo y análisis de cartas topográficas e imágenes satelitales para delimitar el área de canteras y estimar el volumen de conchilla y reservas de agua extraídos por la actividad minera.

Las cartas topográficas escala 1:50.000 confeccionadas entre los años 1954 y 1965 se utilizaron para conocer la morfología y cota de los cordones conchiles antes de ser explotados. La ubicación y delimitación del área de explotación de las canteras se realizó mediante la interpretación de imágenes satelitales del año 2003 y relevamientos de campo. Las imágenes fueron geo-referenciadas y digitalizadas, para computar la superficie aproximada de explotación minera.

Para estimar las reservas de agua dulce eliminadas se definió la posición media del nivel freático en el centro y en los bordes de la lente, de acuerdo a las mediciones realizadas en la zona de estudio. A partir de estos datos y los valores de ancho y longitud del cordón de conchilla obtenidos de la carta topográfica y la interpretación de imágenes se calculó el volumen de la lente de agua dulce a partir de la ecuación (1)

$$Vol = \frac{h^2}{(1-\sin\theta)^2} \left[ \left( \frac{\pi}{2} - \theta \right) - \frac{\sin(2\theta)}{2} \right] \cdot l \quad (1)$$

Donde la sección transversal de la lente es modelada como parte de una sección circular,  $h$  es la altura del nivel freático desde la base de la lente a la cresta,  $l$  es la longitud del cordón de conchilla y  $\theta$  es el ángulo formado por un radio que une el centro de la circunferencia que contiene a la lente con el semi ancho del cordón ( $s$ ) (ecuaciones 2 y 3).

$$\theta = ar \cos \left( \frac{s}{r} \right) \quad (2)$$

$$r = \frac{h^2 + (s)^2}{2h} \quad (3)$$

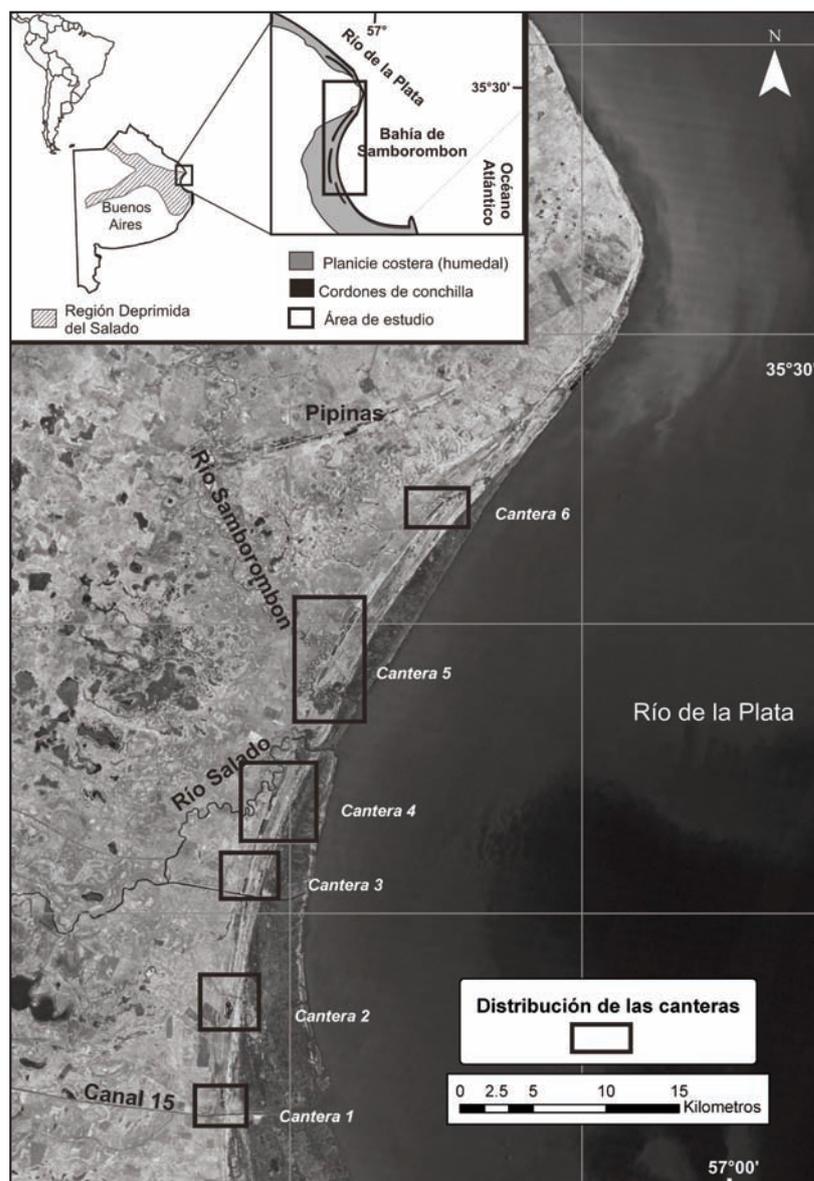


Figura 1. Localización del área de estudio.

A partir de la porosidad efectiva definida para los cordones conchiles del área de un valor de 0,3 (Sala et al. 1978) se estimó el volumen de agua dulce o reservas eliminadas.

## RESULTADOS

El análisis de imágenes satelitales permitió reconocer seis sectores de explotación (Figura 1) los cuales fueron verificados en relevamientos de campo.

Definidos estos sectores, se analizaron las variaciones freáticas entre periodos secos y húmedos de cordones sin explotar para extrapolar un nivel freático medio en cada cordón explotado y así estimar el espesor saturado previo a la extracción. En función a la cota de los cordones se observó que el nivel freático medio en sectores próximos a la cresta de la lente se ubica generalmente a 1,7 m bbp (m bajo boca de pozo) en cordones cuya cota media varía entre 5,5 y 7,5 m snm, y a 1,4 m bbp en aquellos con cotas medias entre 4,0 y 5,5 m snm. Hacia los bor-

des, en la proximidad de la planicie costera, la profundidad del nivel disminuye encontrándose aflorando o a menos de 1 m bbp en la planicie.

En condiciones naturales el flujo subterráneo es desde los cordones conchiles (área de recarga) hacia la planicie costera (área de descarga) (Figura 2a). La extracción de material en las canteras por debajo del nivel freático produce la formación de pequeñas lagunas alimentadas por la descarga del agua subterránea de la planicie costera (Figura 2b). Cuando la explotación alcanza a cotas similares entre planicie costera y cordones, estos últimos dejan de ser zonas de recarga y pasan a ser zonas de transferencia del flujo subterráneo (Figura 2c). Ambas situaciones producen salinización del agua en la zona de la cantera por el ingreso de agua desde la planicie costera salina. Por otra parte, al formarse las lagunas el agua está expuesta a la evaporación directa, lo cual también favorece el aumento del contenido salino por concentración.

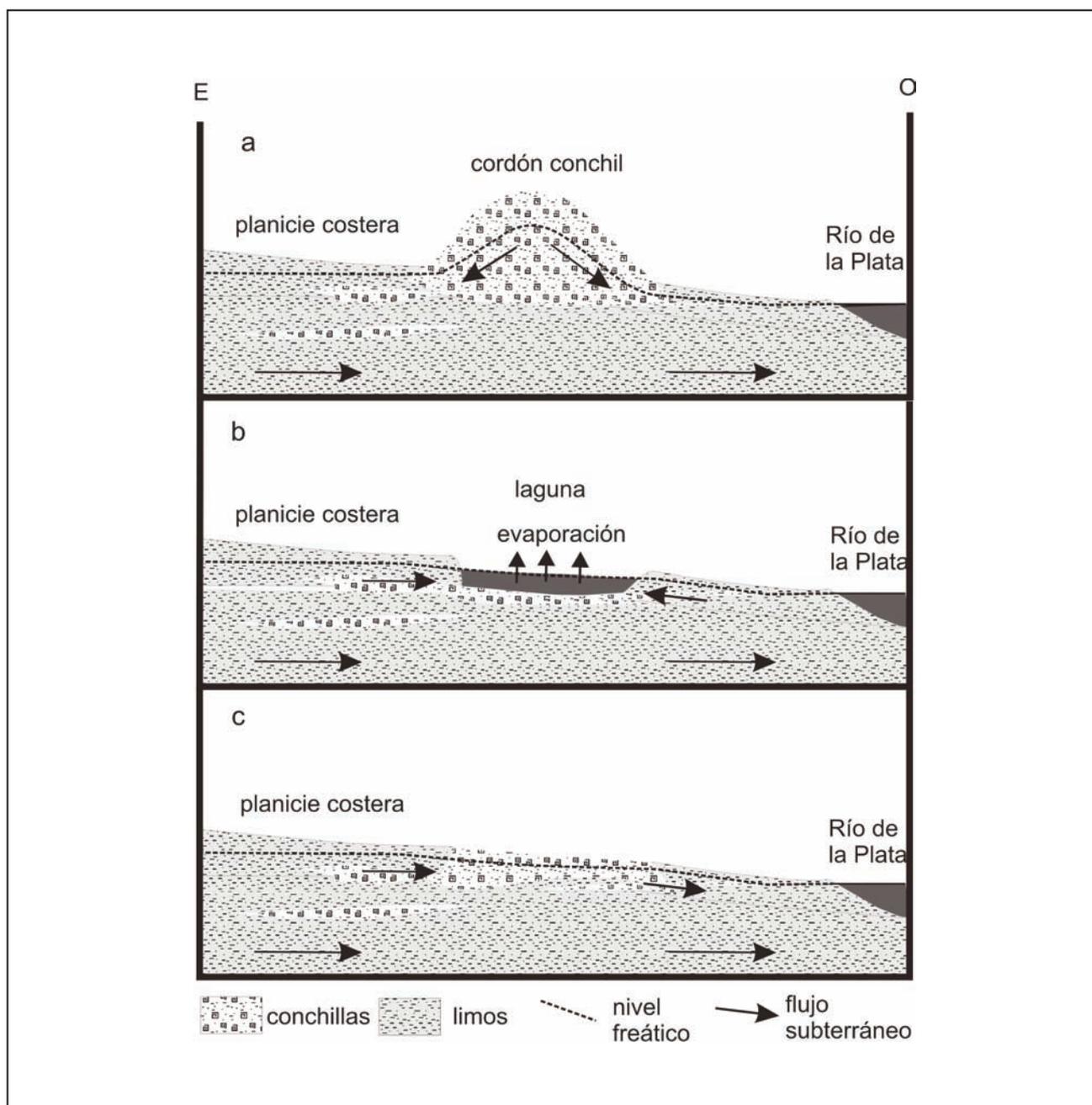


Figura 2. Esquemas de posición del nivel freático y flujo subterráneo en condiciones naturales y luego de la explotación.

El sector de explotación denominado cantera 1 se ubica al N del Canal 15 (Figura 1), sobre un cordón de conchilla cuyas cotas originales promediaban los 6,0 m snm, registrando localmente alturas máximas de 7,5 m snm. El área explotada es de 72000 m<sup>2</sup>, la profundidad de extracción tiene una cota media de 3 m snm y el volumen de agua eliminado en esta cantera es de 25900 m<sup>3</sup> (Tabla 1). Cabe destacar que la estimación realizada corresponde al año 2003, no obstante esta cantera continúa en funcionamiento extendiéndose el área de explotación hacia el N.

La cantera 2 abarca un sector de antigua extracción ubicado 7km al N de la cantera 1 sobre el mismo cordón de conchilla (Figura 1). En esta zona el cordón es más ancho y presentaba originalmente una altitud media de 6,5 m snm. Esta cantera

es explotada hasta una cota media de 4 m snm, su área es de 101400 m<sup>2</sup> y el volumen de agua subterránea eliminada se estima en 45600 m<sup>3</sup> (Tabla 1).

La cantera 3 (Figura 1) se ubica al N del Canal del Río Salado abarcando dos cordones conchiles: un delgado cordón litoral con cotas medias originales de 4,6 m snm y un cordón adyacente de 6,5 m snm, el cual alcanzaba en un pequeño sector los 12 m snm. El área de cantera para ambas explotaciones es de 228700 m<sup>2</sup> con excavaciones que en algunos sectores se encuentran por debajo de 2 m snm. Esta profundidad de excavación ocasiona el afloramiento del nivel freático formándose en las cavas pequeñas lagunas. Los volúmenes de agua eliminados para este sector se estiman en 102900 m<sup>3</sup> (Tabla 1).

**Tabla 1. Superficie de las canteras y volúmenes estimados de agua subterránea eliminada.**

Canteras	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen de agua eliminado (m <sup>3</sup> )
1	72000	25900
2	101400	45600
3	228700	102900
4	529400	222400
5	525800	236600
6	104900	47200
Total	1562200	680600

La cantera 4 se ubica al S de la desembocadura del Río Salado (Figura 1). Se emplaza sobre los mismos cordones conchiles que la cantera 3 y presenta características hidrogeológicas y de explotación similares a esta. El área explotada abarca 529400 m<sup>2</sup> lo que representa un volumen de agua eliminado de 222400 m<sup>3</sup> (Tabla 1).

La cantera 5 (Figura 1) agrupa un conjunto de explotaciones aledañas a la desembocadura del Río Samborombón. Abarcan principalmente un cordón conchil con cota media original de 6,5 m snm. La profundidad de la explotación, alcanza en sectores a 2,5 m snm, advirtiéndose en ellos el afloramiento de la capa freática. El área de explotación es de 525800 m<sup>2</sup> y el volumen de agua eliminado de 236600 m<sup>3</sup> (Tabla 1). Esta área y volumen estimados es mayor en la actualidad debido a que la cantera continúa en explotación.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- CAROL, E., KRUSE, E. Y VERA, F. 2009.  
Caracterización hidrogeoquímica del sector central y norte del humedal de la Bahía de Samborombón. *VI Congreso Argentino de Hidrogeología*.
- CANEVARI, P., BLANCO, D. E., BUCHER, E., CASTRO, G. Y DAVIDSON, I (EDITORES). 1998.  
Los Humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. *Wetlands International - Publicación N° 46, Buenos Aires, Argentina. 208p*
- CLARK, J.R. 1992.  
Integrated management of coastal zone, FAO. *Fisheries Technical Paper, n° 327. 160 pp.*
- GIL PÉREZ, D; VILCHES, A; TOCANO GRIMALDI, J.C; MACÍAS ALVÁREZ, O. 2006.  
Década de la educación para un futuro sostenible (2005-2014): un punto de inflexión necesario en la atención a la situación del planeta. *Revista Ibero americana de educación, 40: 125:178.*
- RODRÍGUEZ I., MONTOYA, I., SÁNCHEZ M.J., CARREÑO, F. 2009.  
Geographic Information Systems applied to Integrated Coastal Zone Management. *Geomorphology 107: 100-105.*
- SALA, J., GONZÁLEZ, N. & HERNÁNDEZ, M. 1978.  
Efectos de una barrera hidráulica natural en las aguas subterráneas del litoral de la Bahía de Samborombón. *Obra del Centenario del Museo de La Plata, Tomo IV. 153-166.*
- VELLINGA, P., KLEIN, R.J.T. 1993.  
Climate change sea level rise and Integrated Coastal Zone Management: an IPPC approach. *Ocean and Coastal Management 21, 245-268.*
- VIOLANTE R, PARKER G, CAVALLOTTO J. 2001  
Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía de Samborombón y la laguna de Mar Chiquita durante el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, 56 (1): 51 -66.*

La cantera 6 está ubicada al SE de la localidad de Pipinas (Figura 1), sobre un cordón de conchilla cuya cota original promediaba los 6,3 m snm. La explotación abarca 104900 m<sup>2</sup>, con una cota de explotación cercana a 3 m snm, la cual se asocia a un volumen estimado de agua subterránea eliminada de 47200 m<sup>3</sup> (Tabla 1). En esta cantera también puede apreciarse el afloramiento de la freática en varios sectores.

#### CONCLUSIONES

El desarrollo poblacional y económico de cualquier región presenta una fuerte dependencia de las fuentes de agua. En el caso estudiado, el agua almacenada en los cordones conchiles es la única posibilidad para el abastecimiento de agua dulce. La actividad minera extractiva de estos cordones conduce a la pérdida de parte del reservorio de agua.

La magnitud de las reservas de agua eliminadas, de acuerdo a la estimación realizada (0,68 hm<sup>3</sup>) resulta significativa para las condiciones ambientales de la región. Ello se puede apreciar si se tiene en cuenta que dicho valor, para un consumo de 200 L/habitante/día, sería suficiente para abastecer durante 1 año a una población de más de 9000 habitantes. Asimismo, debe considerarse que estos valores estimados pueden ser superiores en la actualidad, producto de que continúan habilitándose canteras de extracción y consecuentemente se producen pérdidas de agua dulce.

La explotación de los cordones conchiles debe realizarse en forma racional contemplando la sustentabilidad de las reservas de agua dulce y buscando un equilibrio entre el desarrollo socioeconómico y la preservación de los ambientes biológicos del humedal. Estas decisiones deben tomarse entre todas las partes interesadas, mediante el principio de responsabilidad compartida.

