

RECURSOS HÍDRICOS VS EXPLOTACIÓN MINERA: MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA COMO BASE DE LA GESTIÓN DE LENTES DE AGUA DULCE

TANJAL, CAROLINA V.^{1,2}; SANTUCCI, LUCÍA^{1,2}; CAROL, ELEONORA S.^{1,2} Y RICHIANO, SEBASTIÁN M.^{1,2}

1. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata
2. Centro de Investigaciones Geológicas, Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
ctanjal@cig.museo.unlp.edu.ar, luciasantucci@fcnym.unlp.edu.ar,
eleocarol@fcnym.unlp.edu.ar, richiano@cig.museo.unlp.edu.ar

Resumen. *En sectores donde el agua dulce es escasa el manejo sustentable de los recursos hídricos resulta indispensable para el desarrollo socioeconómico. Por ello es fundamental conocer el estado y los factores que los afectan. Un ejemplo particular es el litoral de la Bahía Samborombón en Argentina donde predomina el agua subterránea salina y la única fuente para abastecimiento la constituyen las lentes alojadas en cordones de conchilla. Estas lentes son vulnerables a las variaciones naturales y a las antrópicas, siendo en este caso la minería la principal causa de su deterioro. El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado de los recursos hídricos frente a la explotación minera a partir del monitoreo de la calidad del agua en las lentes comparando condiciones naturales y alteradas. Para lograr esto, se estableció una red de monitoreo la cual contempló la toma de muestras de agua de sectores naturales de cordones conchiles y de antiguas canteras de explotación. Los resultados obtenidos si bien son preliminares muestran un gran contraste entre las condiciones naturales y las alteradas demostrando por qué el monitoreo es una herramienta de vital importancia para evaluar las variaciones en la calidad del agua producto de la actividad minera.*

Palabras clave: gestión sustentable, desarrollo socioeconómico, agua potable, hidrogeoquímica.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo sustentable de los recursos hídricos resulta indispensable para el desarrollo socioeconómico principalmente en aquellos sectores donde el agua dulce es escasa. Por esto mismo es fundamental no solo conocer el estado de las fuentes de agua potable sino también comprender aquellos factores que afectan sus reservas y calidad para asegurar el abastecimiento de la población local [1, 2].

Un caso particular de esto lo constituye el litoral de la Bahía Samborombón en Argentina (Fig. 1). Este sector constituye un humedal costero declarado sitio Ramsar en 1997 en el cual predomina el agua subterránea salina y la única fuente de agua potable para abastecimiento la constituyen las lentes de agua dulce alojadas en los cordones de conchilla [3]. Estos cordones son geformas de relieve positivo compuestos por sedimentos de alta permeabilidad que

favorecen la infiltración del agua de lluvia dando lugar a la formación de las lentes. A su vez, otras de las geoformas presentes son la llanura de mareas y marisma, hacia el sector continental y estuario respectivamente, formadas por sedimentos limo-arcillosos de baja permeabilidad que contienen agua salina. Dado que los cordones se desarrollan sobre la llanura de mareas el agua dulce acumulada en ellos está en contacto con el agua salina subyacente por medio de una interfase.

En condiciones naturales (Fig. 2 a), las características hidrolíticas de los cordones proveen el sustento para el crecimiento y desarrollo del bosque nativo de *Celtis tala* y otras especies, bases para la dinámica ambiental. Estas lentes, esenciales tanto para los pobladores rurales como para el ecosistema, son extremadamente vulnerables tanto a las variaciones naturales como a las provocadas por el hombre [1, 2, 4], siendo en este último caso la extracción minera de conchilla la principal causa de su deterioro [5, 6]. Esta actividad económica, muy común en la zona, consiste en el desmonte, remoción del suelo y extracción de la conchilla, la cual es lavada in situ mediante la explotación del agua dulce de la lente (Fig. 2 b y c). Una vez finalizada la explotación del material calcáreo las canteras pueden ser niveladas o no, siendo el primer caso una posibilidad de mitigación. Sin embargo, aunque se nivelen ni el monte de tala se recupera ni la lente tiende a regenerarse a las condiciones naturales (Fig. 2 d). Si no son niveladas, debido a que estas labores suelen alcanzar profundidades por debajo del nivel freático, el mismo aflora formando lagunas o cuerpos de agua superficial (Fig. 2 e). En este contexto es que el monitoreo adquiere relevancia para detectar cambios en la calidad del agua que puedan afectar al desarrollo socioeconómico de la región.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado de los recursos hídricos frente a la explotación minera a partir del monitoreo de la calidad del agua en las lentes comparando condiciones naturales y alteradas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización hidrogeológica y geomorfológica se realizó por medio de relevamientos de campo y además, se efectuó trabajo de gabinete previo en el cual se analizaron los antecedentes bibliográficos e imágenes satelitales. Luego, se estableció una red de monitoreo en la que se contempló la toma de muestras de agua considerando distintas situaciones: sectores naturales de cordones conchiles y de antiguas canteras de explotación, niveladas y de aquellas donde aflora el nivel freático (Fig. 1 y 2). En campo se midió el pH y la conductividad eléctrica (CE) del agua con un equipo portátil. En el laboratorio del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG), se hicieron las determinaciones de los iones mayoritarios según métodos estandarizados [7].

Carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), cloruros (Cl^-), calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}) se determinaron por titulación. Para Sodio (Na^+) y potasio (K^+) se utilizó fotometría de llama, mientras que sulfatos (SO_4^{2-}) y nitratos (NO_3^-) se analizaron con espectrofotometría UV-Visible.

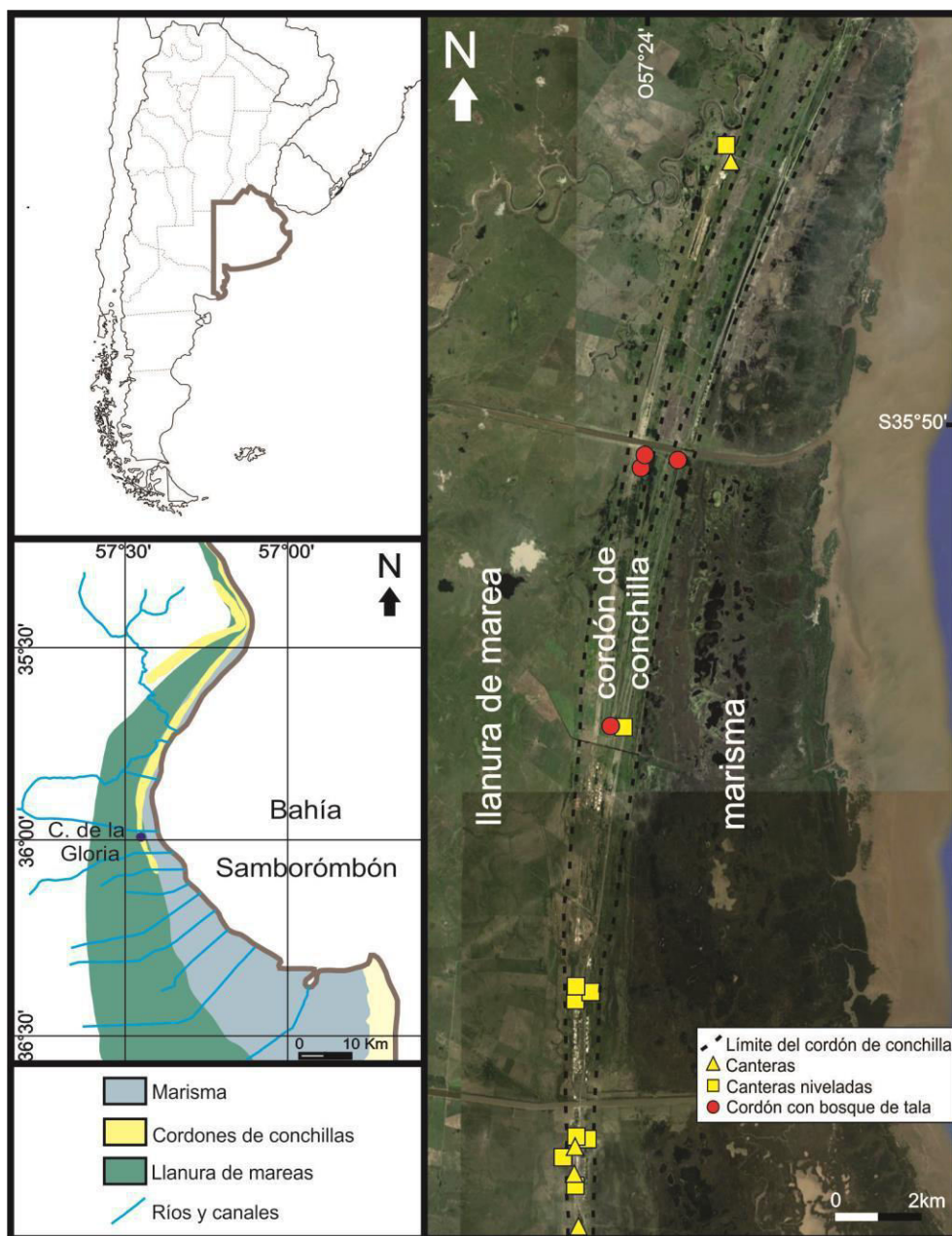


Figura 1. Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que en condiciones naturales (Fig. 2 a) la conductividad eléctrica del agua en las lentes no supera los $650 \mu\text{S}/\text{cm}$ y el agua es de tipo bicarbonatada sódica (Fig. 3). Nótese que una de las muestras se desvía de este comportamiento ya que

presenta aguas cloruradas sódicas y valores de CE más altos, posiblemente asociado a que el pozo es más profundo y toma agua cercana a la interfase agua dulce-salina.

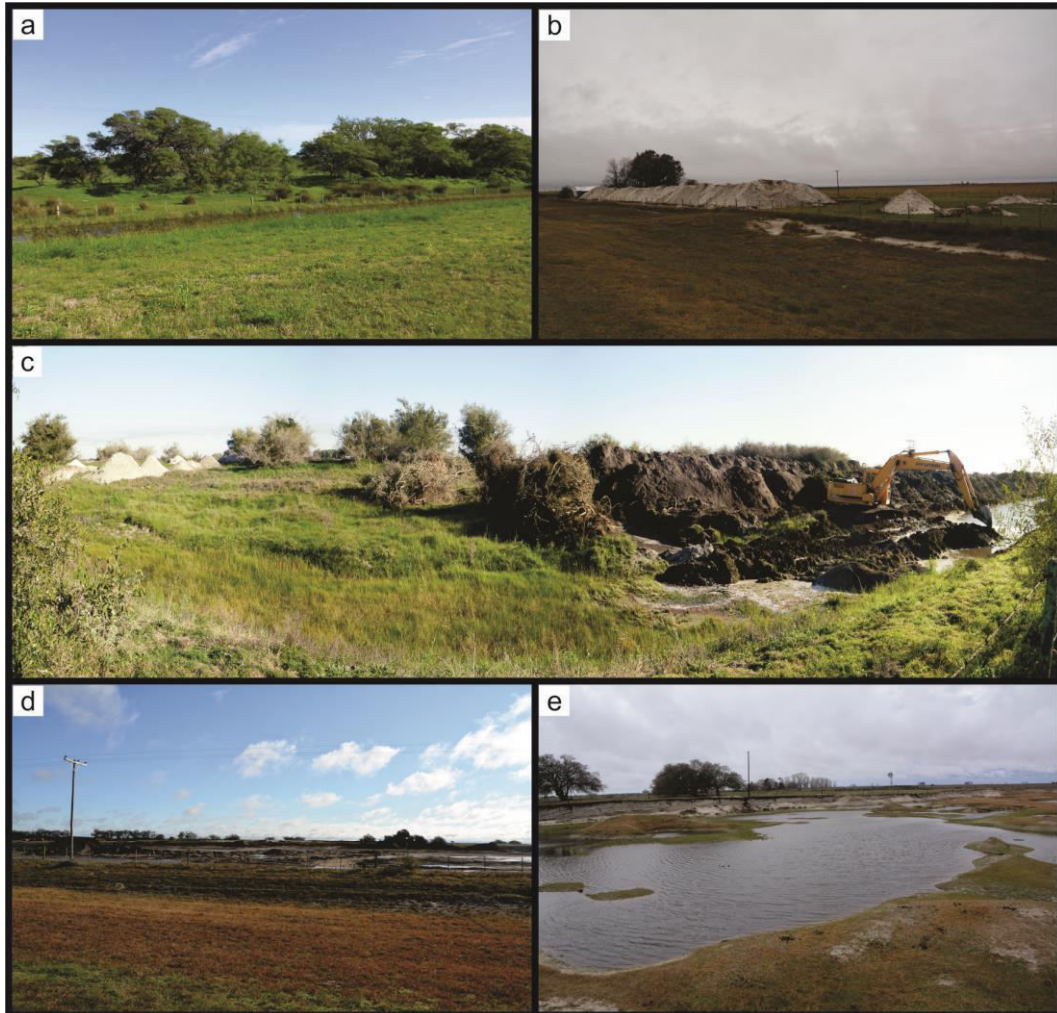


Figura 2. a) Cordón de conchillas con el típico bosque de tala; b) Cantera en explotación; c) Desmonte; d) Cantera nivelada y e) Cantera abandonada con el nivel freático aflorando

En cuanto a las canteras niveladas (Fig. 2 d), al igual que en condiciones naturales, el agua es de tipo bicarbonatada sódica (Fig. 3). Esto permite asumir que al nivelar las canteras con el material de descarte, el agua de lluvia puede infiltrar dando lugar a una nueva formación de la lente, la cual conservaría parcialmente las condiciones naturales. Sin embargo, la pérdida de la morfología positiva del cordón produce una disminución en el espesor de la lente y por ende del volumen acumulado generando un aumento de la salinidad con conductividades eléctricas en el agua que varían entre 645 y 1931 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este proceso tiende a agudizarse

durante los períodos secos debido a que la recarga por precipitaciones es menor y el nivel freático tiende a profundizarse.

Por su parte, en las canteras donde aflora el nivel freático (Fig. 2 e) el agua acumulada procede principalmente de la lluvia donde la conductividad eléctrica del agua es menor a 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el agua es bicarbonatada cálcica (Fig. 3). Si bien en estas últimas se encuentra el agua de menor salinidad, las mismas suelen presentar rasgos de eutrofización debida al aumento en la cantidad de nutrientes (nitrógeno y fósforo), lo que beneficia el desarrollo de algas provocando la disminución de la transparencia del agua. Además, al estar expuesto el nivel freático son más susceptibles a la contaminación por residuos desde la superficie, razón por la cual no se recomienda su uso para abastecimiento.

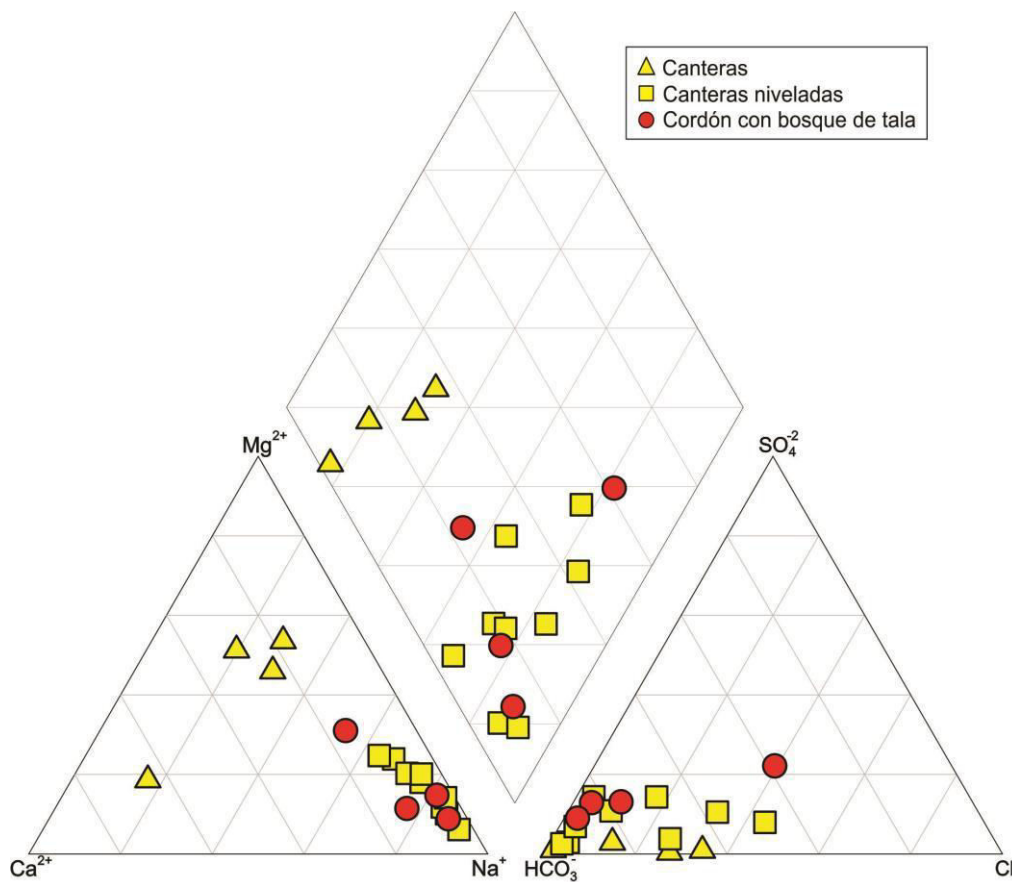


Figura 3. Diagrama Piper

Ya planteado el contraste entre las condiciones naturales y alteradas se puede observar la necesidad de medidas efectivas de control y mitigación. Hay que destacar que este sector no solo corresponde a un sitio Ramsar por su amplia biodiversidad sino que también es un área de reserva provincial. El bosque de *Celtis tala* solo crece sobre los cordones de conchilla y el ecosistema asociado también, por lo que la nivelación de las labores resulta una medida

paliativa para la conservación del recurso hídrico no así para este bosque nativo, representando una pérdida ecosistémica importante. Además, a pesar de que esta medida contribuye a la recuperación de la lente de agua dulce, esta tiende a salinizarse pudiendo generar un deterioro del recurso, especialmente durante los periodos de déficit hídrico.

La aplicación de la legislación vigente debe ser un compromiso entre todas las partes involucradas. Es necesario comprender que parte del desarrollo sustentable es la viabilidad económica a largo plazo, la protección y gestión de los recursos naturales y la gestión medioambiental responsable.

4. CONCLUSIÓN

En sectores donde las fuentes de agua dulce son escasas la conservación de las mismas resulta indispensable para el sustento de la población local. Por este motivo es necesario establecer la importancia de su preservación ante el avance de la explotación minera de los cordones de conchilla. Si bien el costo-beneficio de esta actividad es inmediato en comparación con otro tipo de actividades el costo ambiental es alto considerando la vulnerabilidad del recurso. La intención no es frenar la minería si no que se lleve a cabo de manera tal que afecte lo menos posible al recurso hídrico y al ambiente. De esta manera, es que el monitoreo de las lentes de agua dulce resulta útil para generar pautas de mitigación del deterioro hídrico a ser consideradas por los organismos de gestión, tanto de aquellos relacionados con la explotación minera como los de las reservas provinciales. Si bien los pasivos que hasta la fecha ha dejado la actividad minera en muchos casos es complejo de mitigar, en ellos el monitoreo es de utilidad para plantear medidas de gestión a futuro.

Si bien los resultados obtenidos en este trabajo son preliminares pueden contribuir al desarrollo de pautas de remediación y manejo sustentable del recurso hídrico en esta región.

REFERENCIAS

- [1] White, I., Falkland, T., Metutera, T., Metai, E., Overmars, M., Perez, P., Dray, A., 2007. Climatic and human influences on groundwater in low atolls. *Vadose Zone Journal* 6, 581-590.
- [2] White, I., Falkland, T., 2010. Management of freshwater lenses on small Pacific islands. *Hydrogeology Journal* 18, 227-246.
- [3] Carol, E., Kruse, E., 2012. Hydrochemical characterization of the water resources in the coastal environments of the outer Río de la Plata estuary, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 37, 113-121.
- [4] Morgan, L., Werner, A., 2014. Seawater intrusion vulnerability indicators for freshwater lenses in strip islands. *J. Hydrol.* 508, 22-327.
- [5] Carol, E., Braga, F., Kruse, E., Tosi, L., 2014. A retrospective assessment of the hydrological conditions of the Samborombón coastland (Argentina). *Ecological Engineering*, 67, 223-237.
- [6] Carol, E., García L., Borzi, G., 2015. Hydrogeochemistry and sustainability of freshwater lenses in the Samborombón Bay wetland, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 60, 21-30.

- [7] APHA (American Public Health Association), 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, twentieth ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC.