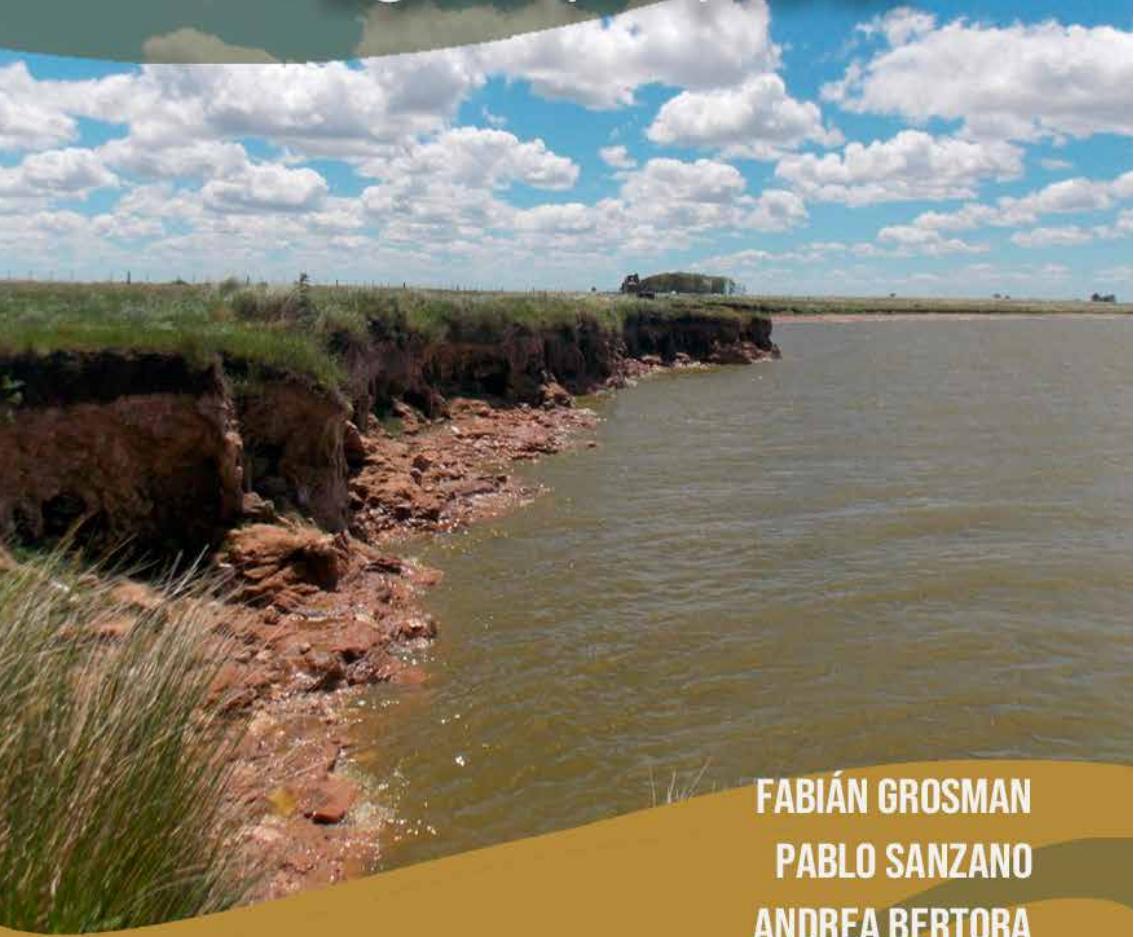


Destino



La Barrancosa.

Una invitación a conocer lagunas pampeanas.



**FABIÁN GROSMAN
PABLO SANZANO
ANDREA BERTORA**

2019

EDITORES

Destino:

La Barrancosa.
Una invitación a conocer
lagunas pampeanas.

Grosman, Fabián

Destino: La Barrancosa. Una invitación a conocer lagunas pampeanas / Fabián Grosman ; Pablo Sanzano ; Andrea Bertora; compilado por Fabián Grosman; Pablo Sanzano; Andrea Bertora. - 1a ed . - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2019.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-658-495-5

1. Laguna. 2. Desarrollo Rural de la Región Pampeana. I. Grosman, Fabián, comp. II. Sanzano, Pablo, comp. III. Bertora, Andrea , comp. IV. Título.

CDD 918.213

Destino: La Barrancosa. Una invitación a conocer lagunas pampeanas

Fabian Grosman, Pablo Sanzano y Andrea Bertora, (editores).

Diseño

Maribel Macchione

Fotografías de carátulas

Imágenes de lagunas pampeanas de Paula Mariluis, Florencia Castets y editores

Primera edición

noviembre de 2019

ISBN 978-950-658-495-5

Como citar: Grosman, F., P. Sanzano y A. Bertora (eds.). 2019.

Destino: La Barrancosa. Una invitación a conocer lagunas pampeanas.

Participantes

ALFONSO, MARÍA BELÉN.	HERRERA, VICTORIA.
BAIGÚN, CLAUDIO	IZAGUIRRE, IRINA.
BERASAIN, GUSTAVO EMILIO.	JULIARENA, MARÍA PAULA.
BERTORA, ANDREA.	LAGOMARSINO, LEONARDO.
BUSTINGORRY, JOSÉ.	MAESTRI, MARÍA LAURA.
CANZIANI, GRACIELA ANA.	MANCINI, MIGUEL.
CASTETS, FLORENCIA.	MARILUIS, PAULA.
COLASURDO, VIVIANA.	MERLOS, CRISTINA SOLEDAD.
COLAUTTI, DARÍO.	MESSINEO, PABLO.
CORTELEZZI, AGUSTINA.	MIR, FERNANDO CARLOS.
DEL FRESCO, PAMELA.	MIRANDA, LEANDRO.
DEL PONTI, OMAR.	PADÍN, DAMIÁN ALBERTO.
DIOVISALVI, NADIA.	PERILLO, GERARDO M. E.
ENTRAIGAS, ILDA.	PICCOLO, MARÍA CINTIA.
ESCARAY, ROBERTO.	PRIANO, MARÍA EUGENIA.
FERRATI, ROSANA.	QUIROGA, MARÍA VICTORIA.
FONTANARROSA, M. SOLEDAD.	REQUESENS, EDUARDO.
FUSÉ, VICTORIA SUSANA.	ROJAS MOLINA, FLORENCIA.
GARCÍA DE SOUZA, JAVIER R.	ROSSO, JUAN JOSÉ.
GEREA, MARINA.	SALINAS, VÍCTOR.
GIANSONI SPLENDIANI, LORENA.	SÁNCHEZ, MARÍA LAURA.
GLOK GALLI, MELISA.	SANZANO, PABLO.
GÓMEZ ROMERO, FACUNDO.	UNREIN, FERNANDO.
GROSMAN, FABIÁN.	VELASCO, CLAUDIA ALEJANDRA.
GUZMÁN, SERGIO ALEJANDRO.	VITALE, ALEJANDRO.





ÍNDICE

CAPÍTULO

1

- El Ángel de La Barrancosa** 15
ILDA ENTRAIGAS

2

- Las poblaciones indígenas prehispánicas en las lagunas pampeanas. El caso de “La Barrancosa”** 18
PABLO G. MESSINEO

3

- A la vera de la laguna Barrancosa había un fortín...
Investigaciones arqueológicas en Fortín Otamendi (1858- 1869).** 32
FACUNDO GÓMEZ ROMERO

4

- La vida de una laguna: un ensayo sobre la sucesión ecológica.** 48
JUAN JOSÉ ROSSO

5

- Lagunas y agroecología. El valor de los cuerpos de agua como factor de agrobiodiversificación regional.** 67
CRISTINA S. MERLOS Y EDUARDO REQUESENS

6

- Uso de Imágenes Satelitales para el Estudio de las Lagunas Pampeanas. El Caso de La Barrancosa.** 77
GRACIELA CANZIANI, FLORENCIA CASTETS, MARÍA L. MAESTRI Y ROSANA FERRATI

7

- Utilidad del monitoreo lagunar ambiental con boyas multiparamétricas en la región pampeana:
Laguna La Barrancosa** 100
MARÍA B. ALFONSO, ALEJANDRO J. VITALE, GERARDO M. E. PERILLO Y MARÍA C. PICCOLO

8

- El “ADN” de la laguna La Barrancosa: su origen y características hidrogeoquímicas e isotópicas** 114
MELISA GLOK GALLI Y VIVIANA COLASURDO

9

- ¿Qué son “los nutrientes” en los ecosistemas acuáticos?** 126
LEONARDO LAGOMARSINO, JOSÉ BUSTINGORRY Y ROBERTO ESCARAY

10

- Contribución natural de la Laguna La Barrancosa a los Gases de Efecto Invernadero: aspectos metodológicos y estudio de las emisiones de metano.** 131
VICTORIA S. FUSÉ, M. EUGENIA PRIANO, M. PAULA JULIARENA Y SERGIO A. GUZMÁN

11

- Los organismos más diminutos de Laguna La Barrancosa:
El picoplanton** 144
MARINA GERA, MARÍA V. QUIROGA Y FERNANDO UNREIN

12	Estructura del Fitoplancton de la laguna La Barrancosa IRINA IZAGIRRE Y MARÍA L. SÁNCHEZ	151
13	Animales abundantes y diminutos en la laguna: el zooplancton. M. SOLEDAD FONTANARROSA, FLORENCIA ROJAS MOLINA, M. BELÉN ALFONSO, JAVIER R. GARCIA DE SOUZA Y NADIA R. DIOVISALVI	164
14	Invertebrados acuáticos del fondo de la laguna La Barrancosa AGUSTINA CORTELEZZI	174
15	Los peces de las lagunas de la ecorregión Pampeana DARÍO COLAUTTI, JAVIER GARCIA DE SOUZA Y CLAUDIO BAIGÚN	180
16	Ni Nemo ni Dory, con ustedes: Los peces de la laguna La Barrancosa ANDREA BERTORA, PABLO SANZANO Y FABIÁN GROSMAN	199
17	Influencia de la temperatura del agua sobre la época de desove del pejerrey LEANDRO A. MIRANDA Y PAMELA S. DEL FRESNO	212
18	Experiencias de cultivo de pejerrey (<i>Odontesthes bonariensis</i>) en la Estación Hidrobiológica Chascomús CLAUDIA A. VELASCO, GUSTAVO E. BERASAIN, DAMIÁN A. PADÍN Y FERNANDO C. MIR	224
19	La pesca recreativa-deportiva del pejerrey: una actividad masiva y dinamizadora FABIÁN GROSMAN, MIGUEL MANCINI, OMAR DEL PONTI, PABLO SANZANO Y VÍCTOR SALINAS	237
20	Contexto, laguna y territorio. La pesca deportiva en La Barrancosa. CRISTINA S. MERLOS Y FABIÁN GROSMAN	255
21	Aves más notorias de laguna La Barrancosa LORENA GIANANTI SPLENDIANI Y VICTORIA HERRERA	265
	Proyecto Argentino de Monitoreo y Prospección de Ambientes Acuáticos (PAMPAA)	284

El “ADN” de la laguna La Barrancosa: su origen y características hidrogeoquímicas e isotópicas

Melisa Glok Galli y Viviana Colasurdo

Entrando en tema...

Dentro de una cuenca hidrológica los cuerpos de agua superficial (arroyos, lagunas y humedales en general) se relacionan de manera activa con el sistema de flujo del agua subterránea. Esta compleja interacción tiene un importante rol en el ciclo hidrológico, con fuerte impacto en la sustentabilidad y calidad del recurso hídrico, siendo necesario su entendimiento para una gestión eficaz del mismo.

Las aguas naturales contienen en su seno una amplia variedad de sustancias o especies químicas a causa de su gran capacidad disolvente y reactiva y de su potencial erosivo. En su composición influyen una serie de variables: el tipo de agua (marina, lacustre, superficial, subterránea, hielo, lluvia) y el tipo de terreno en el que se encuentre o atraviese, la temperatura y presión del medio, la época del año, etc. Una de las herramientas importantes desarrolladas para el estudio de los sistemas hidrológicos es la interpretación hidrogeoquímica del contenido de las sustancias inorgánicas que la componen. Las más abundantes son: la sílice (SiO_2), los cationes calcio (Ca^{2+}), sodio (Na^+), magnesio (Mg^{2+}) y potasio (K^+), y los aniones bicarbonato-carbonato (HCO_3^{-} , CO_3^{2-}), cloruro (Cl^-) y sulfato (SO_4^{2-}). Éstas provienen mayoritariamente de la disolución y meteorización de los materiales de la corteza terrestre, de los iones presentes en el agua de lluvia y de los procesos de descomposición de los seres vivos. La aplicación de estas herramientas en la evaluación de la relación agua subterránea- superficial resulta entonces de vital interés en los estudios de sistemas hidrológicos. Las mismas facilitan la caracterización de aguas de diferentes orígenes, el reconocimiento de procesos de mezcla y la cuantificación de la interacción entre ellas, así como la identificación de posibles procesos modificadores a lo largo de líneas de flujo de agua subterránea (Wang et al., 2006). Asimismo, el uso de relaciones iónicas en este tipo de estudios permite analizar el probable origen de las sustancias disueltas en el agua y los procesos responsables de la composición hidroquímica observada.

La utilización de técnicas isotópicas en las investigaciones hidrogeológicas es otra importante herramienta que presenta múltiples aplicaciones, y junto a la interpretación hidrogeoquímica permite comprender integralmente a un sistema hidrológico. Los isótopos son definidos como átomos del mismo elemento, diferenciándose por el número de neutrones (Mazor, 1991). Cada elemento tiene un número constante de protones y puede tener diversos tipos de isótopos dependiendo del número de neutrones. El deuterio (^2H) y el oxígeno 18 (^{18}O) son los isótopos estables (de origen natural y no radiactivos) del agua. Estos proveen información útil sobre la relación existente entre el agua de lluvia, el agua subterránea y el agua superficial, así como facilitan la determinación de zonas de recarga-descarga, mezclas de agua, líneas de flujo y tiempos de residencia del agua en los acuíferos.

Las lagunas son un componente importante dentro del ciclo global del agua, estando influenciadas tanto por la precipitación, como por procesos de evaporación y los flujos de agua subterránea y/o superficial (Burkert et al., 2004). En adición a las activi-

dades bióticas y abióticas que tienen lugar dentro de estos cuerpos de agua, el material orgánico, los nutrientes y otros elementos del entorno son transferidos dentro del sistema por medio del flujo de agua. La composición química del agua de las lagunas es el resultado de factores litológicos, climáticos, biológicos y antropogénicos, y de distintos procesos geoquímicos interactuando en los acuíferos y a través de la cuenca (Fernández Aláez et al., 2006).

La Llanura Chaco-Pampeana argentina es una de las regiones de planicie más extensas del planeta. Sus características climáticas, geológicas y geomorfológicas hacen posible el desarrollo de lagunas poco profundas (Iriondo, 1989), cuya descarga básica son los flujos locales de agua subterránea (Sala et al., 1983). En la región SE de la misma, los recursos hídricos merecen especial atención. Las aguas subterráneas constituyen la mayor fuente de abastecimiento para distintos usos, mientras que las aguas superficiales, aunque poco significativas para el abastecimiento, son de gran importancia en diversos procesos hidrológicos. En el sector de la Llanura al S de la Cuenca Superior del Arroyo Tapalqué (en adelante CSAT) (Varela, 1992; Glok Galli et al., 2016), centro de la provincia de Buenos Aires, existen gran cantidad de depresiones topográficas y cuerpos límnicos, entre los que se destaca la laguna La Barrancosa. La misma presenta una relevancia en lo socioeconómico y cultural en la zona, ya que por su ubicación cercana a centros urbanos como Olavarría, Azul, Tandil, Chillar, Benito Juárez (Figura 1), fue utilizada como balneario en el pasado y desde los 90', para llevar a cabo la actividad pesquera deportiva de pejerrey.

Investigaciones previas, basadas tanto en técnicas hidrogeoquímicas como isotópicas, han demostrado que el agua subterránea es una importante fuente de agua en diversas lagunas de la Llanura Chaco-Pampeana (Miretzky et al., 2000; Fernández Cirelli y Miretzky, 2004; Romanelli et al., 2014; entre otros). Para el caso de CSAT, Glok Galli et al. (2016) estudiaron la relación agua subterránea-arroyos utilizando la misma metodología, pero no se conocen contribuciones de este estilo en donde se investigue la relación agua subterránea-lagunas. Es por esto que el presente trabajo tiene como objetivo conocer cuál es el origen del agua de la laguna La Barrancosa y su interacción con el acuífero Pampeano, mediante la aplicación de herramientas hidrogeoquímicas e isotópicas ($\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$). Esto permitirá mejorar el conocimiento de la dinámica de los componentes que conforman dicho sistema hidrológico.

En forma previa se brindan algunos conceptos y herramientas hidrogeológicas que ayudarán a interpretar el capítulo. Nivel piezométrico es la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua (acuífero) en un pozo. Isopieza: Línea que conecta en un mapa los puntos con igual nivel piezométrico. Mapa piezométrico: representación gráfica de las isopiezas. Comportamiento ganador o efluente: situación que presenta un curso de agua que recibe volumen líquido desde un acuífero.

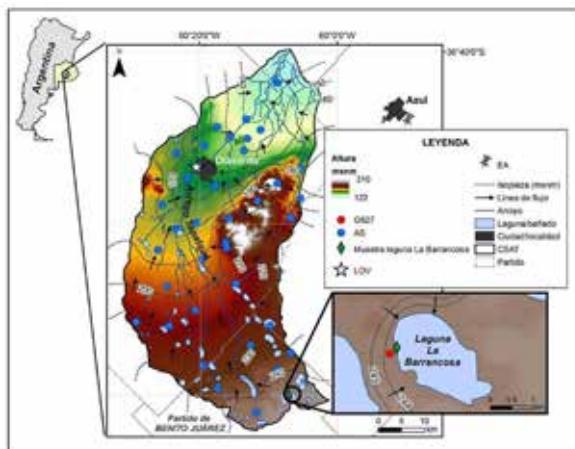


FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZACIÓN. MAPA PIEZOMÉTRICO MODIFICADO DE GLOK GALLI ET AL. (2016).

Descripción hidrogeológica del área de estudio

La laguna La Barrancosa y su área de influencia se localizan al N del partido de Benito Juárez, en el sector meridional de la CSAT (Figura 1). Abarca una superficie promedio de 1,6 km² y, en condiciones hidrológicas normales, es considerada como endorreica ya que elimina agua solo mediante la evaporación y colecta agua sólo de su cuenca hidrológica. El tipo climático dominante en la región, según la clasificación de Thornthwaite, es “subhúmedo-húmedo, con nula o pequeña deficiencia de agua, mesotermal” (Varela, 1992; Auge, 1993). Geológicamente, la zona está constituida por sedimentos Pampeanos y Postpampeanos cenozoicos (Frenguelli, 1950), los cuales se vinculan hidráulicamente ya que conforman el sistema acuífero del área, denominado Pampeano. Presentan granulometría variable, entre arenas y limos con intercalaciones de minerales arcillosos (illita y montmorillonita, con caolinita subordinada). Ocasionalmente aparecen niveles de tosca o bien carbonato de calcio (CaCO₃) pulverulento y de ceniza volcánica. La composición mineralógica es principalmente cuarzo, plagioclásas, feldespato potásico con variable cantidad de sílice amorfa en forma de vidrio volcánico, pudiendo aparecer micas y minerales opacos (Teruggi, 1954 y 1957). El modelo hidrogeológico conceptual para el acuífero Pampeano interpreta que la recarga se debe exclusivamente a la infiltración de los excedentes de agua de lluvia (Varela, 1992; Auge, 1993).

¿Qué materiales y métodos utilizamos?

Para llevar a cabo el análisis hidrogeoquímico, se consideraron en total 33 muestras de la laguna La Barrancosa y 33 muestras de un pozo de agua subterránea situado aproximadamente a 220 m de la laguna y de alrededor de 12 m de profundidad, al cual denominamos para si identificación como “G827” (Figura 1). Las campañas de muestreo se realizaron entre 2009 y 2018, recolectándose en botellas de PET de 1 L una muestra de agua subterránea y otra en el interior de la laguna tomada subsuperficilalmente en el mismo sitio aproximadamente a 50 m de la costa. En forma paralela se determinó la Conductividad Eléctrica (CE), el pH, los Sólidos Totales Disueltos (STD) y la temperatura.

Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA. A la totalidad de muestras se les determinó iones mayoritarios, dureza total (DT), medida como mg/L de CaCO_3 , y sílice total (SiO_2) a través de métodos estándar. Los iones calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) fueron determinados por titulación complejométrica con EDTA; sodio (Na^+) y potasio (K^+) por fotometría de llama; cloruro (Cl^-) por el método de Mohr; bicarbonato (HCO_3^-)-carbonato (CO_3^{2-}) por valoración con ácido clorhídrico; sulfato (SO_4^{2-}) por gravimetría y SiO_2 por el método espectrofotométrico de silicomolibdato. Dichas determinaciones se hicieron siguiendo la metodología detallada en normas estandarizadas internacionales (APHA-AWWA-WPCF, 1992). La información hidroquímica fue analizada mediante una caracterización estadística general, relaciones iónicas y un diagrama convencional de Piper (Hem, 1992), a través del programa AQUACHEM (Calmbach y Waterloo Hydrogeologic Inc., 2003).

Diagrama de Piper

Este diagrama es empleado en hidrogeoquímica para caracterizar el tipo de agua que se está estudiando. Está formado por dos triángulos (uno para cationes y otro para aniones mayoritarios) con un rombo que recoge la información de ambos. La suma de los tres componentes en cada triángulo corresponde al 100% de la composición de lo que se considera (Figura 2).



FIGURA 2. DIAGRAMA DE PIPER. PERMITE ANALIZAR GRÁFICAMENTE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA. LAS MUESTRAS QUE POSEEN CONSTITUCIÓN GEOQUÍMICA SIMILAR SE AGRUPAN EN ÁREAS DEFINIDAS.

Por su parte, 8 muestras de la laguna y 6 del pozo G827 (2015-2017) se analizaron isotópicamente. En adición, los contenidos de $\delta^{2\text{H}}$ y $\delta^{18\text{O}}$ de otras 37 muestras de agua subterránea distribuidas por toda la CSAT (2015-2017) fueron considerados para una mejor representación de la composición isotópica promedio del agua que conforma al sistema acuífero del área de estudio (AS en Figura 1). Todas las muestras se tomaron en botellas de PET de 50 mL. Los análisis isotópicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Hidrogeoquímica e Hidrología Isotópica de la Universidad Nacional de Mar del Plata, mediante espectroscopía láser (Lis et al., 2008). Los resultados se expresaron como desviaciones isotópicas en valores en por mil (%): $\delta = 1.000$

$(R_s - R_p) / R_p \text{ \%}$, en donde δ : desviación isotópica en %, s: muestra, p: referencia internacional, y R: relación isotópica ($^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$); se analizaron mediante una caracterización estadística general. La referencia utilizada fue el patrón internacional "V-SMOW" (Vienna Standard Mean Ocean Water) (Gonfiantini, 1978), y los errores aceptados: $\pm 1 \text{ \%}$ para $\delta^2\text{H}$ y $\pm 0,2 \text{ \%}$ para $\delta^{18}\text{O}$. Los resultados de las determinaciones isotópicas se representaron en un diagrama convencional $\delta^2\text{H}$ vs. $\delta^{18}\text{O}$, junto con la Línea Meteórica Global (LMG) (Craig, 1961), la Línea Meteórica Local (LML) de la Estación Azul (EA), situada a 137 msnm (Figura 1) y la línea de tendencia para las muestras de la laguna La Barrancosa. Estos conceptos son ampliados en la sección siguiente.

Línea Meteórica Global y Local

Craig (1961) definió la LMG a través de la correlación entre la composición isotópica del hidrógeno (^2H) y oxígeno (^{18}O) de 400 muestras tomadas en ríos, lagos, lagunas, nieve y agua de lluvia en diferentes sitios de la Tierra. Este autor reveló que la mayoría de las muestras, excepto las colectadas en lagos y lagunas, se situaban alrededor de una recta, que se define por la ecuación: $\delta^2\text{H} \text{ \%} = 8\delta^{18}\text{O} + 10 \text{ \%}$.

La LML se construye a partir de la correlación de la composición isotópica de muestras de agua de lluvia (registro mayor a 3 años) de una zona determinada y se utiliza como referencia en dicha área. Se utilizó la LML obtenida a partir de muestras compuestas mensuales de precipitación de la Estación Azul incluida en la "Red Mundial de Isótopos en las Precipitaciones" (OIEA/OMM, 2006), de 10 años de registro (enero de 1998 a diciembre de 2007). Si bien existe un colector en la CSAT a 163 msnm, no cumple el requisito de antigüedad.

Diagrama de Gibbs

Gibbs publicó en 1970 un trabajo sobre salinidad de las aguas superficiales mundiales, en el cual concluyó que los principales procesos que determinan la composición química de las mismas son: 1) la meteorización de las rocas de la cuenca de drenaje; 2) la precipitación atmosférica y 3) el equilibrio precipitación-evaporación. Obtuvo una figura tipo boomerang, (figura 3) al representar la variación de la relación en peso de $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$ (Diagrama de Gibbs para cationes) o $\text{Cl}/(\text{Cl}+\text{HCO}_3)$ (Diagrama de Gibbs para aniones) (todos expresados en meq/L) en el eje x de coordenadas en función del contenido de STD (en mg/L) en el eje y. Los puntos representados en el gráfico se ubicarán en el centro, en el sector superior derecho y/o en el sector inferior derecho, según se trate de los procesos 1, 2 y 3 respectivamente.

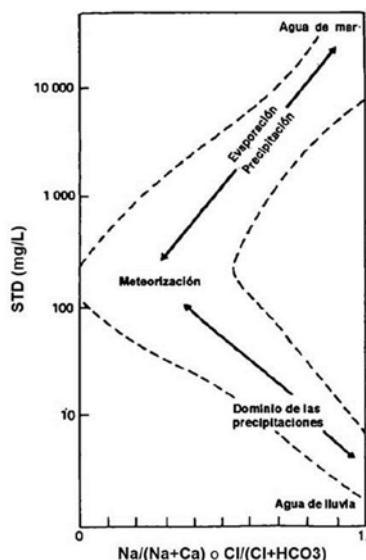


FIGURA 3. DIAGRAMA DE GIBBS CON FORMA DE BOOMERANG DONDE EN FUNCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS ES POSIBLE INFERRIR EL PRINCIPAL PROCESO DETERMINANTE DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AGUA.

Resultados obtenidos

Caracterización hidrogeoquímica del área estudiada

Las muestras de agua subterránea del pozo G827 de La Barrancosa se caracterizan por un pH promedio de 7,5, un valor medio de CE = 754 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (valor mínimo y máximo = 523 y 952 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una DT promedio de 233 mg/L. Como puede observarse en el diagrama de Piper de la Figura 4, el agua es de tipo Na-Ca-Mg-HCO₃. Asimismo, la concentración media de SiO₂ (para 11 muestras) es de 52,2 mg/L. Por su parte, el agua de la laguna presenta un valor medio de pH de 9,1, de CE igual a 2.835 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (valor mínimo y máximo: 1.589 y 6.930 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y de DT de 135 mg/L. La misma es de tipo Na-HCO₃-CO₃-Cl (Figura 4). La concentración promedio de SiO₂ es de 3,7 mg/L.

Por otro lado, a partir de la utilización del diagrama de Gibbs para cationes (Figura 5.a) y aniones (Figura 5.b) para la laguna La Barrancosa, se observa que la totalidad de los puntos representados cae fuera del boomerang en el primer caso, y dentro (y también fuera) de él, en el segundo.

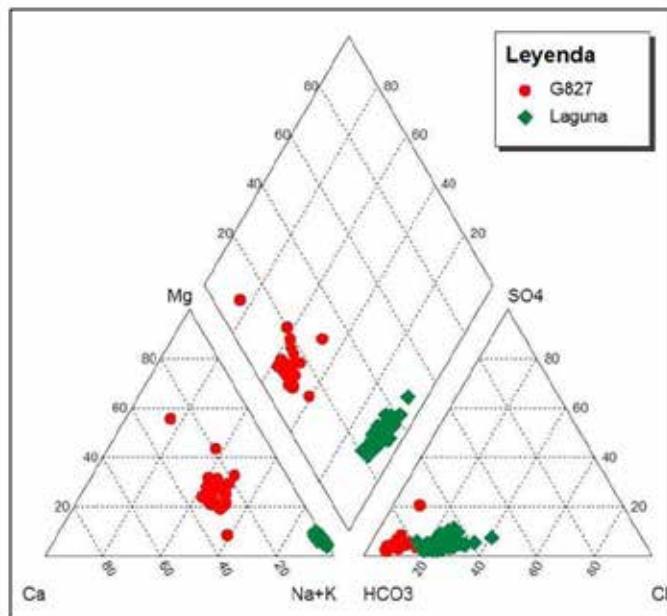


FIGURA 4. DIAGRAMA DE PIPER PARA LAS MUESTRAS DEL POZO G827 Y LA LAGUNA LA BARRANCOSA.

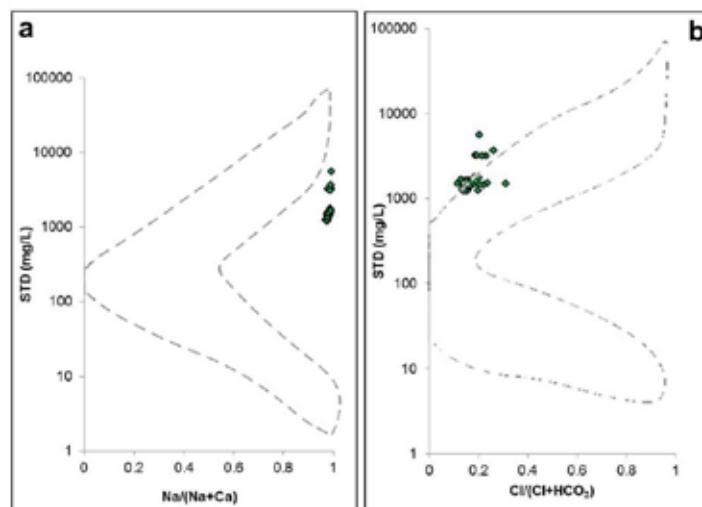


FIGURA 5. DIAGRAMA DE GIBBS PARA LAGUNA LA BARRANCOSA. A = CATIONES. B = ANIONES.

Caracterización isotópica del área estudiada

La LML está caracterizada por la ecuación $\delta^2\text{H} \text{‰} = (8,16 \pm 0,12) \delta^{18}\text{O} + (13,20 \pm 0,66) \text{‰}$ ($R^2=0,98$). Para el agua de lluvia, el valor promedio ponderado es de -31 ‰ para el $\delta^2\text{H}$ y de -5,5 ‰ para el $\delta^{18}\text{O}$ (Dapeña et al., 2010). En la Figura 6.a se observa un agrupamiento en las 43 muestras de agua subterránea (G827+AS), revelando una composición isotópica relativamente constante, cercana a los contenidos promedio de $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ de la precipitación. El valor promedio de $\delta^2\text{H}$ es igual a -29 ‰ y el de $\delta^{18}\text{O}$ a -5,5 ‰ para el agua subterránea. Asimismo, los valores promedio de $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ para la laguna La Barrancosa son 5 ‰ y 1,2 ‰, respectivamente. La línea de tendencia a lo largo de la cual se disponen las muestras de la laguna se origina en la composición promedio del agua subterránea. Ésta se corresponde con una ecuación cuyo valor de pendiente es aproximadamente 5 ($\delta^2\text{H} \text{‰} = (4,94 \pm 0,46) \delta^{18}\text{O} + (-0,56 \pm 0,88) \text{‰}$; $R^2=0,93$), pudiéndola atribuir a una línea de evaporación, proceso esperable en cuerpos líquidos como son las lagunas.

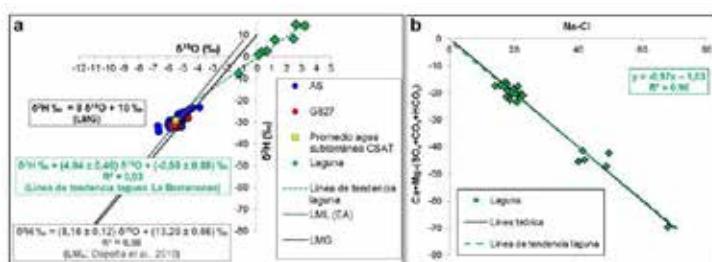


FIGURA 6. A. CONTENIDO ISOTÓPICO ($\Delta^2\text{H}$ Y $\Delta^{18}\text{O}$) DE LAS MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y LA LAGUNA. B. RELACIÓN (MEQ/L) CA+Mg-(SO₄+CO₃+HCO₃) VS. NA-CL PARA EL AGUA DE LA LAGUNA.

Analizando los resultados

La composición hidrogeoquímica e isotópica de la laguna La Barrancosa está determinada por los procesos físicos y químicos que ocurren en la evolución del agua de lluvia que atraviesa los sedimentos loéssicos que conforman al acuífero Pampeano, además de la huella propia que pueda aportar la intercepción directa de las aguas de precipitación sobre el ambiente. La predominancia de los iones Na⁺ y HCO₃⁻, tanto en aguas subterráneas como en la laguna, es una de las evidencias del comportamiento ganador, que recibe volumen líquido desde el acuífero, corroborado por el trazo de las isopiezas en el área de estudio (Glok Galli et al., 2016). En cuanto a la concentración promedio inferior de SiO₂ en el agua de la laguna, se relaciona con el elevado grado de eutrofización y la presencia de diatomeas, que incorporan SiO₂ para construir sus valvas (Izaguirre y Vinocur, 1994).

La Figura 5 indica que los procesos de meteorización de minerales y evaporación-crystalización no pueden por sí solos explicar la composición catiónica de la laguna. Asimismo, la precipitación atmosférica no resulta ser un mecanismo importante. El origen de este exceso en la concentración de Na⁺ en el agua de la laguna puede ser explicado a partir de la Figura 6.b, en la que se observa una muy buena correlación lineal ($R^2=0,96$) y un valor de pendiente (-0,97) que tiende al valor teórico de -1, resultados similares a los obtenidos para otras lagunas pampásicas por parte de otros investigadores (Miretzky et al., 2000; Fernández Cirelli y Miretzky, 2004). Esto se debe a la ocurrencia de procesos de intercambio iónico. Dicho exceso de Na⁺

puede ser explicado si se tiene en cuenta que los sedimentos Pampeanos cobran especial importancia en la composición química de estas aguas. Las arcillas muy ricas en Na⁺ son componentes mayoritarios del loess Pampeano. Cuando el agua subterránea (principal fuente de recarga) que contiene iones Ca⁺² alcanza las lagunas, se produce un proceso de intercambio iónico, en el cual los iones Ca⁺² del agua son intercambiados por los iones Na⁺ de las arcillas. Por otro lado, en la Figura 5.b se evidencia que la composición aniónica de la laguna está controlada tanto por el mecanismo de meteorización de minerales como por la evaporación-cristalización. Los valores de CE característicos del pozo G827 no se corresponden con los altos valores medidos en La Barrancosa, como consecuencia de la concentración de iones producto de la disminución de la superficie y volumen del cuerpo de agua superficial por evaporación y reducción de precipitaciones.

Finalmente, los contenidos promedio de δ²H y δ¹⁸O para el agua subterránea de la zona bajo estudio se aproximan a la composición promedio de la lluvia de la región, corroborando la recarga al acuífero Pampeano a partir de la precipitación (Glok Galli et al., 2016). Asimismo, las muestras de la laguna se disponen a lo largo de una línea de tendencia interpretada como una línea de evaporación (pendiente aproximada = 5) y cuyo trazo se origina en la composición promedio del agua subterránea. Esto confirma la ocurrencia del proceso de evaporación en las aguas subterráneas que descargan en La Barrancosa.

¿A qué conclusión arribamos?

La utilización conjunta de técnicas hidrogeoquímicas e isotópicas en el estudio de la laguna La Barrancosa y su relación con el acuífero Pampeano permitió establecer que los principales procesos que determinan la composición química de la misma, desde que las aguas subterráneas se recargan hasta que se descargan en ella (funcionamiento efluente), son la evaporación-cristalización, la meteorización de minerales y el intercambio iónico. Esto evidencia el comportamiento que presenta dicho cuerpo de agua superficial, similar al de otras lagunas pampásicas de la provincia de Buenos Aires.

Agradecimientos

Estos estudios fueron financiados mediante los PICT 2014-1529 y 2016-1625.

Bibliografía

- APHA-AWWA-WPCF, 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Ediciones Díaz de Santos. S. A., Madrid.
- Auge, M. P. 1993. Abastecimiento de agua potable a la ciudad de Olavarría, provincia de Buenos Aires-Informe final. Municipalidad de Olavarría, Obras Sanitarias Prov. Bs. As. 121 pp.
- Burkert, U., Ginzel, G., Babenzien, H. D. y Koschel, R. 2004. The hydrogeology of a catchment area and an artificially divided dystrophic lake-consequences for the limnology of Lake Fuchskuhle. Biogeochemistry, 71: 225-246.
- Calmbach, L. y Waterloo Hydrogeologic. 2003. Water quality data analysis, plotting, and modeling. Aquachem user's manual v.4.0. Lukas Calmbach and Waterloo Hydrogeologic Inc., Estados Unidos.
- Clark, I. D. y Fritz, P. 1997. Environmental isotopes in hydrogeology. CRC

Press/Lewis Publishers, Florida.

Craig, H., 1961. Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters. *Science*, 133(3467): 1833-1834.

Dapeña, C., Varni, M., Panarello, H. O., Ducós, E., Weinzentel, P. y Usunoff, E., 2010. Composición isotópica de la precipitación de la Estación Azul, provincia de Buenos Aires. Red Nacional de Colectores Argentina. En: M. Varni, I. Entrai-gas y L. Vives (eds.). Libro de Actas I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. IHLLA. Azul. 386-393.

Fernández Aláez, C., Fernández Aláez, M., Trigal Domínguez, C. y Santos, B. L. 2006. Hydrochemistry of northwest Spain ponds and its relationships to groundwaters. *Limnetica* 25(2): 433-452.

Fernández Cirelli, A. y Miretzky, P. 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes Buenos Aires, Argentina. *Quat. Int.* 114: 113-121.

Frenguelli, J. 1950. Rasgos generales de la morfología y geología de la Provincia de Buenos Aires. M.O.P. LEMIT, La Plata.

Gibbs, R. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science* 170: 1088-1090.

Glok Galli, M., Martínez, D. E., Colasurdo, V., Grosman, F., Sanzano, P. y Trezza, M. A. 2016. Caracterización hidrogeoquímica e isotópica de la cuenca alta del arroyo Tapalqué, provincia de Buenos Aires. IX Congreso Argentino de Hidrogeología y VII Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea, Catamarca, 272-279.

Gonfiantini, R. 1978. Standards for stable isotope measurements in natural compounds. *Nature* 271: 534-536.

Grosman, F. 2008. Espejos en la llanura. Nuestras lagunas de la región Pampeana. Ed. UNCPBA, Tandil.

Hem, J. D. 1992. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. U.S.G.S. Water-Supply Paper, Alexandria.

Iriondo, M. 1989. The quaternary lakes of Argentina. *Paleogr. Paleoclimatol. Paleocol.* 70: 81-88.

Izaguirre, I. y Vinocur, A. 1994. Tipology of shallow lakes of the Salado river basin (Argentina), based on Phytoplankton Communities. *Hydrobiologia*, 277: 49-62.

Lis, G., Wassenaar, L. I., Hendry, M. J. 2008. High precision laser spectrometry D/H and 18O/16O measurements of microliter natural water samples. *Analytical Chemistry*, 80: 287-293.

Mazor, E. 1991. Chemical and isotopic groundwater hydrology. Marcel Dekker, Nueva York.

Miretzky, P., Conzonno, V. y Fernández Cirelli, A., 2000. Hydrochemistry of Pampean ponds in the lower stream bed of Salado river drainage basin Argentina. *Environ. Geol.*, 39: 951-956.

OIEA/OMM. 2006. Global Network for Isotopes in Precipitation. The GNIP Database.

Orozco, C., Pérez, A., González, N., Rodríguez, F. J. y Alfayate, J. M. 2003. Contaminación ambiental: una visión desde la química. Ed. Thomson, España.

Romanelli, A., Quiroz Londoño, O. M., Martínez, D. E., Massone, H. E. y Escalante, A. H., 2014. Hydrogeochemistry and isotope techniques to determine water interactions in groundwater-dependent shallow lakes, Wet Pampa Plain, Argentina. *Environ. Earth Sci.*, 71(4): 1953-1966.

Sala, J., González, N., Kruse, E. E., 1983. Generalización Hidrológica de la

Provincia de Buenos Aires. Coloquio Int. de Grandes Llanuras, Olavarría, 975-1008.

Sophocleous, M. A. 2002. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeol J.*, 10: 52-67.

Teruggi, M. E. 1954. El mineral volcánico-piroclástico en la sedimentación cuaternaria argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina IX(3)*: 184-191.

Teruggi, M. E. 1957. The nature and origin of Argentine Loess. *J. Sediment. Petrol.*, 27(3): 322-332.

Varela, L. B. 1992. Escurrimiento subterráneo en la cuenca del arroyo Tapalqué. En: H. L. López, y E. P. Tonni (eds.) *Situación Ambiental de la Provincia de Buenos Aires. Recursos y rasgos naturales en la evaluación ambiental*. CIC. La Plata. 1-15.

Wang, Y., Guo, Q., Su, C. y Ma, T. 2006. Strontium isotope characterization and major ion geochemistry of karst water flow, Shentou, northern China. *J. Hydrol.*, 328: 592-603.

Winter, T. C. 1999. Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems. *Hydrogeol. J.*, 7: 28-45.