



Universidad Nacional de San Martín
Fundación Innovación y Tecnología (FUNINTEC)
Director: Alberto Pochettino

Programa FUTUROS
Escuela de Posgrado: Agua + Humedales

**Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas:
Esteros del Iberá y Bajos Submeridionales**
(Conferencia)

Por Leticia Rodríguez ¹

Filiación:

¹ Centro de Estudios Hidro-Ambientales, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (CENEHA-FICH), Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. Email: leticia@fich.unl.edu.ar.

Registro del capítulo del libro digital

Título del capítulo: Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas: Esteros del Iberá y Bajos Submeridionales

Autor capítulo: Rodríguez, Leticia

Páginas: 194-209

Título del libro: Agua + Humedales

Editor: UNSAM Edita.

Serie: Futuros

Fecha de publicación: junio 2018

Páginas: 485

Derechos: Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos, mencionando la fuente.

Idioma: Español

Identificación y acceso

ISBN: 978-987-4027-68-9

URL: <https://www.funintec.org.ar/contenidos/aguahumedales-es-el-primer-libro-de-la-serie-futuros/>

Cita del capítulo: Rodríguez, Leticia. (2018) Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas: Esteros del Iberá y Bajos Submeridionales. En: Universidad Nacional de San Martín y Fundación Innovación Tecnológica (FUNINTEC). *Programa Futuros: Escuela de Posgrado: Agua + Humedales*. (Serie Futuros). Buenos Aires: UNSAM Edita.

Área de conocimiento

Área: Recursos naturales

Categoría: Ciencias ambientales e ingeniería

Palabras clave: ZONA HÚMEDA; AGUA SUPERFICIAL; AGUA SUBTERRÁNEA; AGUA DEL SUELO; QUÍMICA DEL AGUA

Este documento forma parte de la Colección Programa FUTUROS del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollado por la Biblioteca Central. El propósito es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica y con reconocimiento de la fuente.

Disponible en el Repositorio Institucional de la UNSAM

Rodríguez, Leticia. (2018) Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas: Esteros del Iberá y Bajos Submeridionales. En: Universidad Nacional de San Martín y Fundación Innovación Tecnológica (FUNINTEC) (2018). *Programa Futuros: Escuela de Posgrado: Agua + Humedales*. (Serie Futuros). Buenos Aires: UNSAM Edita. [En línea] Disponible en: Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín: Colección Programa Futuros. (PFAH 2018 CRL) <http://bit.ly/2gDqQLp> [Fecha de consulta:.....]

Rodríguez, Leticia. "Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas: Esteros del Iberá y Bajos Submeridionales"

RESUMEN

La interacción entre las aguas subterráneas y superficiales es compleja. Para entender esta interacción en relación con el clima, la geología, la hidrología y la calidad del agua, es necesario contar con un modelo conceptual hidrogeológico adecuado, o un marco hidrogeológico si se consideran factores bióticos. Según su posición espacial relativa, pueden identificarse sistemas de flujos subterráneos locales, intermedios y regionales dentro de una organización jerarquizada del sistema de flujos, que interactúan con las aguas superficiales. Los tiempos de tránsito del agua subterránea entre las diferentes áreas de recarga y descarga son muy variables, dependiendo de su ubicación en el sistema jerárquico. La descarga regional y transicional de estos sistemas de flujo ejercen un rol fundamental en los procesos hidrológicos, físicos, químicos, térmicos, edáficos y biológicos que tienen lugar entre las áreas de recarga y descarga en humedales y cuerpos de agua en general. Se ha postulado que este esquema de circulación de sistemas hidrogeológicos en cuencas sedimentarias es válido para humedales regionales de grandes llanuras. En este trabajo se sintetizan resultados de investigaciones realizadas y en curso en dos grandes humedales de la Argentina, basados principalmente en la caracterización química/isotópica de las aguas, que tienen por objeto general avanzar en el conocimiento de la interacción del humedal con su entorno hidrogeológico a diferentes escalas espaciales.

Palabras clave: *Interacción agua superficial-agua subterránea; modelo hidrogeológico; composición química-isotópica de las aguas; flujos regionales y locales; humedales.*

ABSTRACT

The interaction between groundwater and surface water is complex. To understand this interaction in relation to climate, geology, hydrology, and water quality, a sound conceptual hydrogeological framework is needed. If biotic factors are considered, a hydro-ecological model is required. According to their spatial location, groundwater flows can be classified as local, intermediate or regional, giving rise to a hierarchical organization that interacts with the surface water system. Groundwater transit times between recharge and discharge areas vary considerably depending on their location within the hierarchical system. The regional and transitional discharge of these groundwater flow systems play a fundamental role on hydrological, physical, chemical, thermal, edaphic, and biological processes that occur between recharge and discharge areas in wetlands and surface water bodies in general. It has been postulated that this sedimentary basins flow circulation scheme can be extended to regional wetlands in flatland areas. In this work, a summary of results of ongoing investigations based mainly on the characterization of the chemical and isotopic composition of surface/groundwater of two vast Argentinean wetlands is presented. The studies aimed at advancing knowledge regarding the interaction of the wetland waters with its hydrogeologic environment at different spatial scales.

Key words: *Surface water-groundwater interaction; hydrogeological model; water chemical-isotopic composition; regional and local flows; wetlands.*

Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas: Esteros del Iberá y Bajos Submeridionales¹

Leticia Rodríguez²



1. Introducción

Las interacciones entre aguas subterráneas y superficiales son complejas. Para entenderlas en relación con factores climáticos, topográficos, geológicos y bióticos, se necesita un marco hidrogeoecológico robusto [1].

Según su posición relativa en el espacio, Tóth [2, 3] distingue tres tipos de sistemas de flujo: local, intermedio y regional, que pueden superponerse verticalmente unos con otros dentro de una cuenca sedimentaria. En un sistema de flujo local, el agua fluye hacia un área de descarga cercana, tal como un curso de agua, una laguna. En un sistema de flujo regional, el agua atraviesa distancias más largas que en el sistema de flujo local, y frecuentemente descarga en ríos principales, en grandes lagos o en el océano. Un sistema de flujo intermedio se caracteriza por uno o varios altos/bajos topográficos localizados entre zonas de recarga y descarga de flujos locales. Como lo ilustra la figura 1A, los sistemas

¹ Los trabajos de Iberá fueron financiados por: Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Argentina), Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y Ministerio de Economía y Competitividad (España). En ellos participaron investigadores del Instituto Geológico y Minero de España, OIEA, Universidad Politécnica de Cartagena (España), Instituto de Hidrología de Llanuras (Argentina), Subsecretaría de Recursos Hídricos y Universidad Nacional de La Plata (Argentina). Los trabajos en curso en los BBSS son financiados por: Ministerio de Ciencia y Tecnología (pcia. de Santa Fe), Universidad Nacional del Litoral e Instituto Geológico y Minero de España. En ellos participan investigadores del Centro Regional Litoral-Instituto Nacional del Agua, Instituto Geológico y Minero de España, Universidad Nacional de Entre Ríos y Universidad Nacional del Litoral.

² Centro de Estudios Hidro-Ambientales, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (CENEHA-FICH), Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
leticia@fich.unl.edu.ar

regionales de flujo ocupan el lugar más alto de una organización jerárquica, mientras que todos los demás sistemas de flujo están anidados dentro de él. Como lo ilustra la figura 1B, la circulación del agua subterránea entre las áreas de recarga y descarga es lento y continuo, resultando tiempos de tránsito muy variables dependiendo de la ubicación en el sistema jerárquico de flujos.

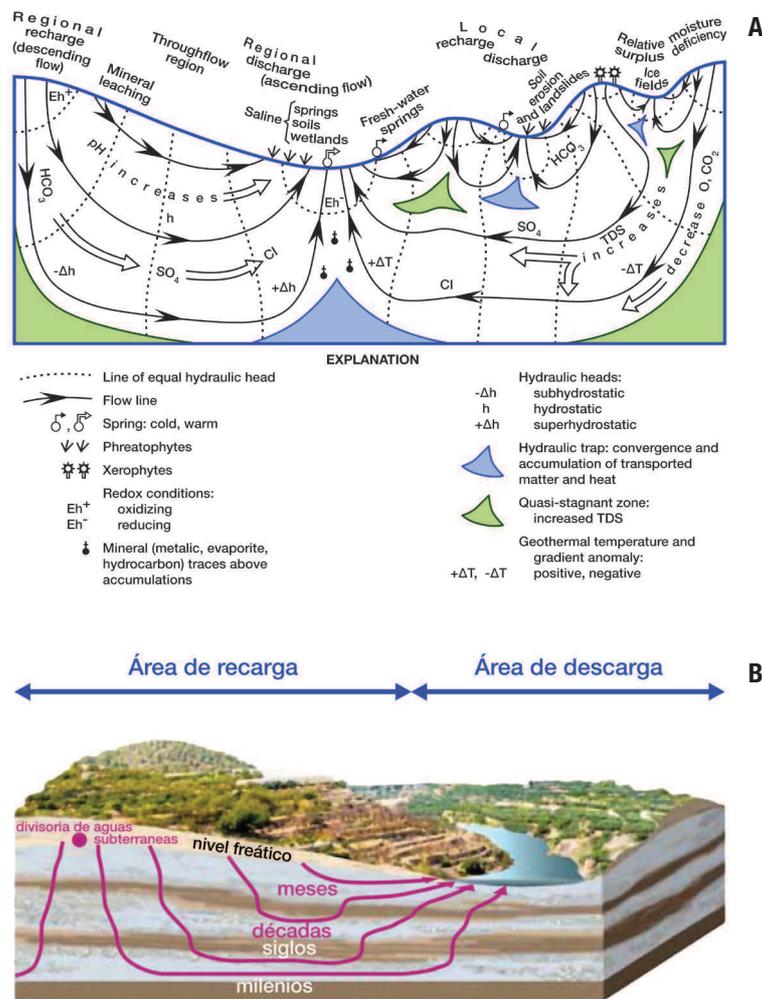


Figura 1 (A). Modelo hidrogeológico conceptual para cuencas sedimentarias [1, 2]; (B). Áreas de recarga/descarga y tiempos de tránsito [4].

Los diferentes sistemas de flujo ejercen un rol fundamental en los procesos hidrológicos, físicos, químicos, térmicos, edáficos y biológicos, que tienen lugar entre las áreas de recarga y las descargas en humedales y cuerpos de agua en general, sean estos de descarga regional o transicional. Tóth [2] reconoció que la circulación del agua subterránea es un agente geológico de diversas consecuencias para una amplia gama de disciplinas. Además de la interacción del agua con los minerales del suelo y subsuelo, la composición química natural de las aguas subterráneas está influenciada por procesos como la evapo-concentración de las sales atmosféricas (aerosol marino, sales disueltas en la lluvia), entre otros, y las acciones antrópicas.

El esquema de circulación del agua en sistemas hidrogeológicos en cuencas sedimentarias que propuso Tóth [2, 3], y que Winter [5] extendió al considerar la interrelación entre cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, es válido para los humedales regionales de grandes llanuras. No obstante, en estos casos la percepción de la validez del modelo puede no resultar evidente debido a la dimensión de los sistemas (extensiones de decenas de miles de kilómetros cuadrados, bajos gradientes topográficos $< 0,1\%$) y la aparente preponderancia de efectos locales (flujos verticales, evaporación en cuerpos de agua superficial).

La comprensión de la interacción agua subterránea-agua superficial en este tipo de sistemas presenta desafíos únicos y requiere de estudios multidisciplinarios. El análisis de la composición química e isotópica de las aguas de los diferentes sistemas constituye una de las herramientas asequibles para la definición de modelos conceptuales de distribución de flujos a diferentes escalas espaciales. La hidrología de humedales y su interacción con el sistema subterráneo suele cuantificarse mediante el cálculo de un balance hídrico. Esta metodología sencilla no está exenta de complejidad debido a las incertidumbres y errores habituales en la estimación de cada una de las componentes del balance. Estas dificultades pueden en parte subsanarse aplicando técnicas alternativas, como por ejemplo el uso de la misión satelital GRACE que provee estimaciones de cambios en el almacenamiento de agua a grandes escalas espaciales [6].

En este trabajo se sintetizan resultados de investigaciones realizadas y en curso en dos grandes humedales de Argentina, basadas principalmente en la caracterización química/isotópica de las aguas, que tienen por objeto general avanzar en el

conocimiento de la interacción del humedal con su entorno hidrogeológico a diferentes escalas espaciales.

2. Esteros del Iberá

2.1. Introducción

Los estudios hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e isotópicos realizados en el marco del Proyecto para la Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (Proyecto SAG) generaron un modelo conceptual de funcionamiento del SAG que tenía algunas incertidumbres significativas. Algunas de las más relevantes se refieren a la posible descarga de agua subterránea de flujos regionales del SAG a cuerpos superficiales, como el río Paraná, el río Uruguay y, en particular, los Esteros de Iberá [7].

En el año 2009 se iniciaron trabajos de hidrogeoquímica, hidrología isotópica, geología e hidrología en el entorno de los Esteros de Iberá, con el objetivo de generar información que permitiera abordar algunas de las incertidumbres antes mencionadas y analizar la relación del humedal con su entorno hidrogeológico. En este trabajo se presenta una síntesis de resultados.

Los objetivos específicos fueron: a) identificar la presencia de agua del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) en aguas subterráneas y superficiales en sectores del NE argentino, con énfasis en los Esteros del Iberá; b) comprender el funcionamiento del sistema hidrológico e hidrogeológico en torno a los Esteros del Iberá, y su relación con los acuíferos de la región.

2.2. Zona de estudio

La zona de estudio incluyó la región oriental de la provincia de Corrientes. De forma operativa, se definió la “región hídrica del Iberá (RHI)” [11], que comprende no solo los Esteros del Iberá, sino también los ríos y arroyos del entorno sur y oriental de los Esteros: ríos Corriente, Miriñay, Aguapey y Uruguay (figura 2).

El elemento hidrológico más singular de la zona son los Esteros del Iberá. Bajo este nombre se engloba un conjunto de esteros, lagunas, bañados y arroyos que se ubican sobre la morfología de un abanico aluvial de edad desde el Plioceno al presente. El agua superficial de la RHI fluye de NE a SO y es drenada por un solo cauce, el río Corriente, afluente del Paraná. Dentro de la

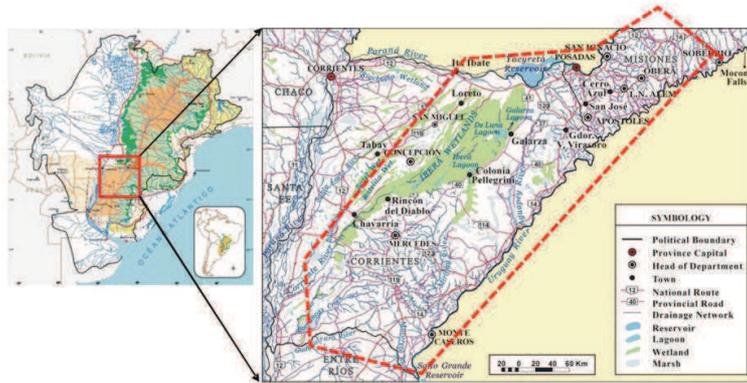


Figura 2. Ubicación de los Esteros del Iberá en la provincia de Corrientes [11].

RHI y al E de los Esteros, nacen los ríos Miriñay y Aguapey, que desembocan en el río Uruguay.

El referente geológico regional se conoce relativamente bien [8], pero no al detalle. El substrato de la RHI consiste en arenas finas a gruesas, limos y arcillas de las formaciones Ituzaingó, Toropí-Yupoí y San Guillermo. Al N y NE de la RHI afloran basaltos de la Fm Serra Geral y arenas de las formaciones que los recubren. Bajo los basaltos se encuentran las areniscas del SAG, las cuales afloran en ventanas tectónicas al NE (Misiones). Al E de los Esteros afloran areniscas de la Fm Solari. Mira *et al.* [9] indican que el conjunto de las formaciones está afectado por grandes fallas verticales, lo que posibilitaría la conexión hidráulica entre distintas formaciones.

El modelo hidrogeológico conceptual sugiere que los Esteros podrían recibir descarga de agua subterránea de flujos regionales, incluyendo aportes de las formaciones profundas del SAG [10, 7]. La existencia de fallas proporciona condiciones para el ascenso de agua de las formaciones más profundas hacia las más someras y, eventualmente, para la descarga a la red superficial. Además, la dorsal de Asunción-Río Grande debe jugar un papel relevante en el flujo regional de agua subterránea, favoreciendo quizás los flujos verticales [11, 12].

2.3. Metodología

Se realizó un exhaustivo muestreo de aguas subterráneas/superficiales; análisis químicos de componentes mayoritarios y minoritarios (NO₃, K), y componentes traza (F, Br); análisis

isotópicos-trazadores ambientales ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, ^{14}C , $\delta^{13}\text{C}$, ^3H , ^4He , ^{81}Kr), y actividad de ^{222}Rn (*in situ*); así como la interpretación de información hidrogeoquímica-isotópica. Se recolectaron más de 100 muestras de aguas subterráneas procedentes de pozos y sondeos con profundidades entre 10 y 1,250 m, y de aguas superficiales en ríos, lagunas y esteros. La mayoría de las muestras proceden de puntos ubicados entre el SO de la provincia de Misiones y el SE de la provincia de Corrientes, con una notable concentración en la zona limitada por el río Uruguay y el borde oriental de los Esteros del Iberá. Las muestras se obtuvieron en los meses de invierno de los años 2009, 2010, 2011 y 2012. En campo se midió el pH, la temperatura, y la conductividad eléctrica (CE). Más información acerca de las técnicas empleadas, los límites de detección y la ubicación de todos los puntos muestreados puede encontrarse en [11] y [13].

2.4. Resultados y discusión

La caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas estudiadas indica que tienen mineralizaciones entre muy bajas y medias (CE= 30 a 6,300 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Las aguas no muestran relación entre la salinidad y la profundidad. Las aguas de pozo con profundidad entre 20 y 200 m, en forma independiente de su ubicación, cubren casi todo el rango de salinidades medidas.

Las aguas pertenecen a cuatro facies químicas: bicarbonatadas sódicas ($\text{HCO}_3\text{-Na}$), bicarbonatadas cálcicas o cálcico-sódicas ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$ y $\text{HCO}_3\text{-Ca/Na}$), cloruradas-sódicas (Cl-Na) y sulfatadas-sódicas ($\text{SO}_4\text{-Na}$) (figura 3) [11].

Las aguas de los pozos con profundidad entre 20 y 200 m presentan todas las facies químicas encontradas, mientras que las aguas de pozos entre 400 y 600 m y por debajo de 1000 m son solo de facies Cl-Na o $\text{SO}_4\text{-Na}$. Esto sugiere que las aguas de los pozos más profundos están constituidas principalmente por aguas salinas de circulación profunda, mientras que las de los pozos con menos de 200 m son mezclas de aguas de fuentes más variadas. En estas últimas la dominancia de una u otra fuente posiblemente dependa de factores tales como la estructura geológica en el entorno de cada sondeo (existencia de fallas, espesor de las distintas formaciones, etc.) y gradiente hidráulico vertical entre las distintas formaciones [11].

La distribución espacial de las distintas facies no tiene un patrón único. Un análisis tridimensional es dificultoso por la escasez de información relacionada con el área de estudio. Las

aguas de tipo $\text{HCO}_3\text{-Na}$ se han encontrado en toda la zona estudiada. Hacia el N y NE de la zona (NE de Corrientes y SO de Misiones) aparecen asociadas a todas las formaciones geológicas y profundidades, al menos entre los 20 y los 600 m. En esta zona son aguas de mineralización baja y media, en su mayoría asociadas a los basaltos de la Fm Serra Geral [11].

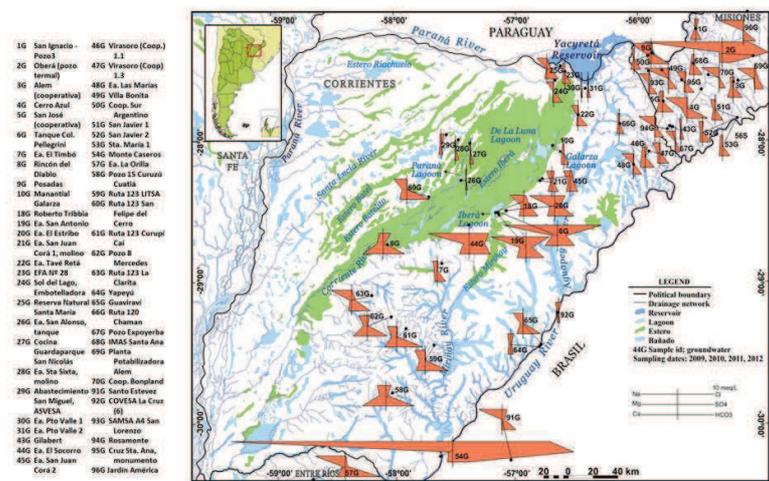


Figura 3. Diagramas de Stiff modificados de las aguas subterráneas estudiadas [11].

En el borde occidental de los Esteros de Iberá aparecen asociadas a la Fm Ituzaingó, y en el borde oriental de los mismos aparecen asociados a aguas de la Fm Toropí-Yupoí y a mezclas de esta con aguas de las formaciones del SAG. Al SE de la zona, junto al río Uruguay, aparecen asociadas a la Fm Ituzaingó, pero también a mezclas de aguas profundas, de las formaciones del SAG y quizás del pre-SAG. Al S aparecen asociadas a basaltos [11]. Ortega *et al.* [13] analizaron en más detalle la interacción del sistema hidrogeológico con el humedal mediante mediciones *in situ* de ^{222}Rn .

Parece claro que existen mezclas verticales en las cuales a veces domina el agua de las formaciones superiores y a veces el agua de formaciones más profundas. En la porción Argentina del SAG, la existencia de zonas de fractura que también afectan los basaltos y los sedimentos paleozoicos permite suponer una circulación del agua subterránea más rápida, y sería el área

proclive a la concentración de las líneas de flujo y a un eventual ascenso de flujos y mezcla de aguas de recarga y profundas [12].

Actualmente, se está realizando la datación de aguas mediante la determinación de gases nobles como ^4He y ^{81}Kr , con el fin de mejorar el modelo hidrogeológico conceptual para luego contrastar su verosimilitud mediante simulaciones numéricas de edad del agua.

3. Bajos Submeridionales

3.1. Ámbito geográfico

Los Bajos Submeridionales (BBSS) constituyen un vasto sistema (54.280 km²) que se extiende en parte de las provincias de Santa Fe, Chaco y Santiago del Estero [14] (figura 4). Hidrográficamente, los BBSS forman parte de la cuenca media e inferior del río Salado, afluente del río Paraná, en la que existen numerosos cuerpos de agua superficial permanentes o semipermanentes que ocupan hoyas de deflación presentes en la suave pendiente regional [15], característica de las grandes llanuras.

Los BBSS forman parte de una gran cuenca sedimentaria asentada sobre depósitos de cientos de metros de espesor. En el Terciario fue el lecho de un gran mar interior al que le sucedieron lagunas saladas, que en el Cuaternario emergió parcialmente, sedimentándose arenas fluviales y clastos limo-arcillosos [16]. La acción tectónica configuró su límite oriental, y su extremo suroriental, umbral del río Salado, que recibe la descarga del sistema a través de su colector fluvial, el A° Golondrinas. Este sistema ha sido descrito como uno de los humedales de mayor importancia de la República Argentina [17].

La hidrogeología regional es poco conocida. La elevada salinidad de las aguas subterráneas, y por ende la falta de perforaciones profundas, la hacen una fuente casi inaprovechable. Esquemáticamente, en los BBSS existe un acuífero somero de tipo libre, baja permeabilidad y aguas de salinidad elevada; subyacente a este, existe un acuífero semiconfinado con mejores condiciones hidráulicas (almacenamiento y permeabilidad) y aguas de un tenor salino menor. Los paleocauces y terrenos de interfluvio han sido señalados como reservorios de aguas de calidad aceptable para el consumo de ganado [15].

Los límites regionales del sistema hidrogeológico se desconocen, y podrían extenderse desde un área de recarga en las



Figura 4. Cuenca de los Bajos Submeridionales, puntos de muestreo 2016 (Figura realizada por Zuleica Marchetti).

sierras subandinas, hasta un nivel regional de descarga en el río Paraná. Los flujos locales verticales de recarga/descarga constituyen el patrón de flujo dominante, mientras que la circulación lenta de los flujos regionales profundos favorece su evolución hidrogeoquímica. Ambos tipos de flujos descargarían localmente en numerosos criptohumedales, caracterizados por no tener agua en superficie, pero con un nivel freático somero y cursos de agua superficial. Sosa *et al.* [16] postularon la presencia de

flujos locales, intermedios y regionales en los BBSS, basándose en la hidrogeoquímica y atendiendo al modelo conceptual para grandes cuencas sedimentarias formulado por Tóth [2]. En el año 2016 se iniciaron trabajos de campo en hidrogeoquímica, hidrología isotópica, geología e hidrología, con el objetivo de generar nueva información que permita caracterizar y proponer el modelo conceptual del sistema hidrogeológico regional de los BBSS y su relación con el sistema superficial. Los resultados permitirán verificar la hipótesis de distribución de flujos. Se presenta un resumen de antecedentes y resultados preliminares.

3.2. Resultados y discusión preliminares

Desde 2008 se relevaron 214 puntos de agua midiéndose las profundidades y conductividad eléctrica [15], se determinaron los isótopos estables en las aguas de las principales lagunas [18] y se tomaron 26 muestras de aguas subterráneas y superficiales para determinaciones hidrogeoquímicas e isotópicas [19]. En la figura 5 se muestran algunos de los resultados alcanzados anteriormente por Sosa [15] que están siendo complementados con nuevos muestreos.

Mediciones *in situ* de salinidad en algunos pozos (no mostrados) indicaron estratificación con aumento importante de la conductividad eléctrica en profundidad, sugiriendo la presencia de sistemas de flujo diferenciados. Además, tanto la presencia de especies halófitas, en las cercanías de las lagunas y de fauna indicadora de calidad de agua, como ser el flamenco, coinciden con las condiciones de salinidad de suelos y agua, respectivamente. Determinaciones hidroquímicas e isotópicas más recientes en sectores no incluidos en estudios previos complementan la información disponible. En un análisis preliminar, junto a mapas piezométricos confeccionados a diferentes profundidades, verificarían las hipótesis de circulación de flujos postuladas.

El sistema hidrogeológico tiene un alto grado de complejidad, basado en la heterogeneidad sedimentaria, las diferencias de cargas piezométricas, y la salinidad de las aguas. Resultados previos [15, 18] en proceso de complementación y verificación [19] demuestran la importancia del movimiento vertical del agua subterránea manifestado en la presencia de zonas de descarga de flujos locales e intermedios. Las condiciones de escala del flujo subterráneo y las características geomorfológicas de “los bajos” de la planicie de inundación plantean la presencia de zonas de descarga de flujos con un recorrido de gran distancia

Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas...

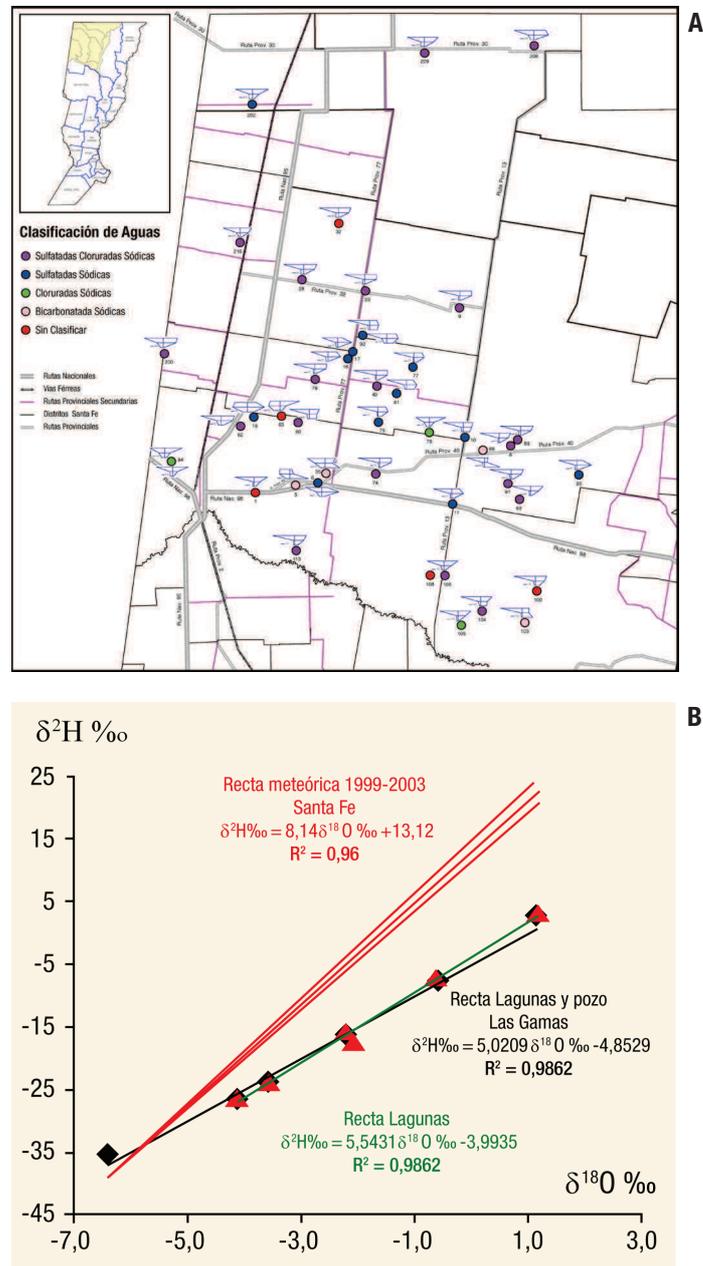


Figura 5 (A). Diagramas de Stiff modificados de las aguas subterráneas estudiadas [15]; (B). Recta meteórica de Santa Fe y resultados del muestreo de junio 2012 [18].

horizontal de flujos de tipo local. La recarga local se produce en los sectores donde el acuífero se comporta como libre en el oeste del sistema.

Puede inferirse que los flujos locales están asociados a aguas del tipo bicarbonatadas, y los flujos intermedios pueden estar asociados a elevados contenidos de cloruros y sulfatos, el flujo regional circula a mayor profundidad que los flujos locales e intermedios, recargándose en áreas de mayor altitud y finalizando en las zonas de descarga en cotas bajas, por lo que podrían encontrarse varios sistemas de flujo local asociados a otros de tipo intermedio. Químicamente el agua de este flujo tiene un alto contenido en sales disueltas. Es posible que las descargas de los flujos intermedios se produzcan en el acuífero superior, salinizándolo cuando se presentan períodos secos. Esta jerarquización de flujos, de la cual se tienen evidencias parciales, está siendo investigada mediante la ampliación de los puntos de muestreo que incluye no solo determinaciones hidrogeoquímicas, sino también isotópicas, para así identificar el origen las diferentes aguas muestreadas.

Bibliografía

- [1] **Sophocleus, M.** (2002). "Interactions between groundwater and surface water: the state of the science", *Hydrogeology Journal* 10, pp. 52-67.
- [2] **Tóth, J.** (1963). "A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins", *Journal of Geophysical Research* 68, pp. 4785-4812.
- [3] **Tóth, J.** (1999). "Groundwater as a geologic agent: an overview of the causes, processes, and manifestations", *Hydrogeology Journal* 7, pp. 1-14.
- [4] **López-Geta, J. A. et al.** (2009). *Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo*. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España.
- [5] **Winter, T.** (1999). "Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems", *Hydrogeology Journal* 7, pp. 28-45.
- [6] **Valladares, A. et al.** (2013). "Estimación de las variaciones de almacenamiento de agua en los Esteros del Iberá a partir de datos gravimétricos satelitales", en González, N. et al. (eds.): *Temas actuales de la hidrología subterránea*. La Plata, EDULP, pp. 213-218.
- [7] **Rodríguez, L. et al.** (2009). "Simulación del flujo subterráneo regional del SAG en régimen estacionario", en García Bauza, Cristian et al. (eds.): *XXVIII libro de la Serie Mecánica Computacional (AMCA)*. Tandil, pp. 2817-2832.
- [8] **Herbst, R. y Santa Cruz, J.** (1995). *Mapa geológico de la Prov. Corrientes*. Secretaría de Minería, Dir. Nacional del Servicio Geología de Argentina.
- [9] **Mira, A. et al.** (2013). "Actualización del modelo hidrogeológico conceptual del SAG y la influencia geológica del sector Argentino", en: *VIII Congreso Argentino de Hidrogeología*. La Plata, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (Eduulp).
- [10] **Araújo, L. M.; França, A. B. y Potter, P. E.** (1999). "Hydrogeology

of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA”, *Hydrogeology Journal*, 7(3), pp. 317-336.

[11] **Manzano, M. et al.** (2013). “Caracterización hidroquímica e isotópica de las aguas subterráneas del entorno de los Esteros de Iberá (Corrientes, Argentina)”, en González, N. et al. (eds.): *Agua subterránea, recurso estratégico*. Tomo II. La Plata, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (Edulp), pp. 43-51.

[12] **Mira, A. et al.** (2016). “Influencia de los lineamientos estructurales en la Provincia de Corrientes (Argentina) sobre el flujo del Sistema Acuífero Guaraní”, *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 73(4), pp. 478-492.

[13] **Ortega, L. et al.** (2013). “Relaciones entre aguas superficiales y subterráneas en la región hídrica de los Esteros del Iberá (Corrientes, Argentina)”, en González, N. et al. (eds.): *Temas actuales de la hidrología subterránea*. La Plata, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (Edulp), pp. 205-212.

[14] **Giraut M. et al.** (2001). “Cuenca Propia de los Bajos Submeridionales, creación de una unidad hídrica independiente”, en: *Seminario Internacional sobre Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*, 8-12 de octubre, Rosario, Argentina.

[15] **Sosa, D.** (2012). *El agua, excesos y déficit en la producción agrícola de secano y secuaría dentro de la Cuenca del río Salado*, tesis doctoral, Universidad de La Coruña, España.

[16] **Iriondo, M.** (2011). *Aguas Subterráneas de Santa Fe*. Santa Fe, Museo Florentino Ameghino.

[17] **Fundación Vida Silvestre Argentina y Fundación para el desarrollo en Justicia y Paz** (2007). *Zonificación de los Bajos Submeridionales del Norte Santafesino. Una herramienta para la planificación del desarrollo productivo y la conservación de la biodiversidad del humedal*. Buenos Aires, Vida Silvestre Argentina.

[18] **Sosa de Castro, D. et al.** (2016). “Primera aproximación sobre la circulación de los flujos subterráneos en los Bajos Submeridionales santafesinos”, *IX Congreso Argentino de*

Interacción humedal-agua subterránea-composición química de las aguas...

Hidrogeología, 20-23 de septiembre, Catamarca.

[19] **Heredia, J. et al.** (2016). “Contribución hidrogeológica para una actividad agropecuaria sostenible y la preservación del patrimonio natural: los Bajos Submeridionales (Chaco Argentino)”, *IX Congreso Argentino de Hidrogeología*, 20-23 de septiembre, Catamarca.