

Variabilidad 3d de las aguas subterráneas en el Delta del Río Paraná. Argentina

Diaz, E.¹; Boschetti, N.¹; Quintero, C.¹; Duarte, O.¹; Carñel, G.¹ y E. Pujato.²

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos. Oro Verde. Entre Ríos. Argentina. Tel/Fax: +54-343-4975083

²OSER. 25 de Mayo 300. (3100). Paraná. Tel/FAX: 0343 4207809

Mail de contacto: ediaz@fca.uner.edu.ar

RESUMEN

En los sistemas costeros, el asumir simplificaciones de que los flujos se comportan bidimensionalmente, puede llevar a obtener conclusiones que no representen el real funcionamiento del sistema natural. En el caso el Delta del Río Paraná, esta variación temporo-espacial alcanza mayor magnitud. El sistema actúa con características de flujo 3D, con mayor variabilidad en estiajes y/o crecidas prolongadas del Río Paraná, al ser esta la condición de borde temporal que tiene el mayor impacto en el sistema. La superposición de estos efectos, producen limitaciones en la productividad del sistema, por lo que es incapaz de sustentar a una población estable. El objetivo ha sido el de caracterizar el impacto de las aguas subterráneas en el sistema ambiental-productivo del Delta del Río Paraná, su vinculación con las áreas de descarga y sus efectos en la variación en vertical de la salinidad.

Palabras claves: Delta, Río Paraná, aguas subterráneas, salinidad, suelos

ABSTRACT

In coastal systems, the simplifications assume that two-dimensional flows behave can lead to draw conclusions that do not represent the actual natural system. For the Parana River Delta, the spatial-temporal variation achieves greater magnitude. The system works with 3D flow characteristics, with greater variability in droughts and / or floods prolonged Paraná River, as this is the temporal boundary condition that has the greatest impact on the system. The superposition of these effects, constraints occur in the system productivity, so is unable to sustain a stable population. The aim has been to characterize the impact of groundwater in the environmental system-productive Parana River Delta, its connection with the discharge areas and their effects on the vertical variation in salinity.

Keywords: Delta, Parana River, groundwater salinity, soils

Introducción

En los sistemas costeros, el asumir simplificaciones de que los flujos se comportan bidimensionalmente, puede llevar a obtener conclusiones que no representen el real funcionamiento del sistema natural. En el caso particular de los procesos de salinización de los suelos en zonas de descarga, en ambientes de alta evaporación, y que pueden llegar a estar afectados en períodos de excesos superficiales por inundaciones prolongadas como las del Río Paraná, la variación temporo-espacial alcanza mayor magnitud.

La transición del Río Paraná al Río de la Plata genera un comportamiento hidrogeológico basado en un delta que actúa como área de descarga de aguas subterráneas locales y regionales, con componentes tridimensionales

afectados por las condiciones de borde que imponen lateralmente las áreas de recarga, los Ríos Paraná aguas arriba y del Plata aguas abajo, y las lagunas interiores de las islas que actúan como condiciones de borde de descarga localizada. La superposición de estos efectos, producen limitaciones en la productividad del sistema.

La región considerada se encuentra localizada entre las provincias de Entre Ríos, Buenos Aires y Santa Fe, como puede verse en la Figura 1, en la que se señala las unidades geomorfológicas asociado al sistema hidráulico de los ríos Paraná y Uruguay y está controlado aguas abajo por el Río de la Plata que actúa

como zona de descarga regional de los recursos superficiales y subterráneos (Díaz et al. 2012).

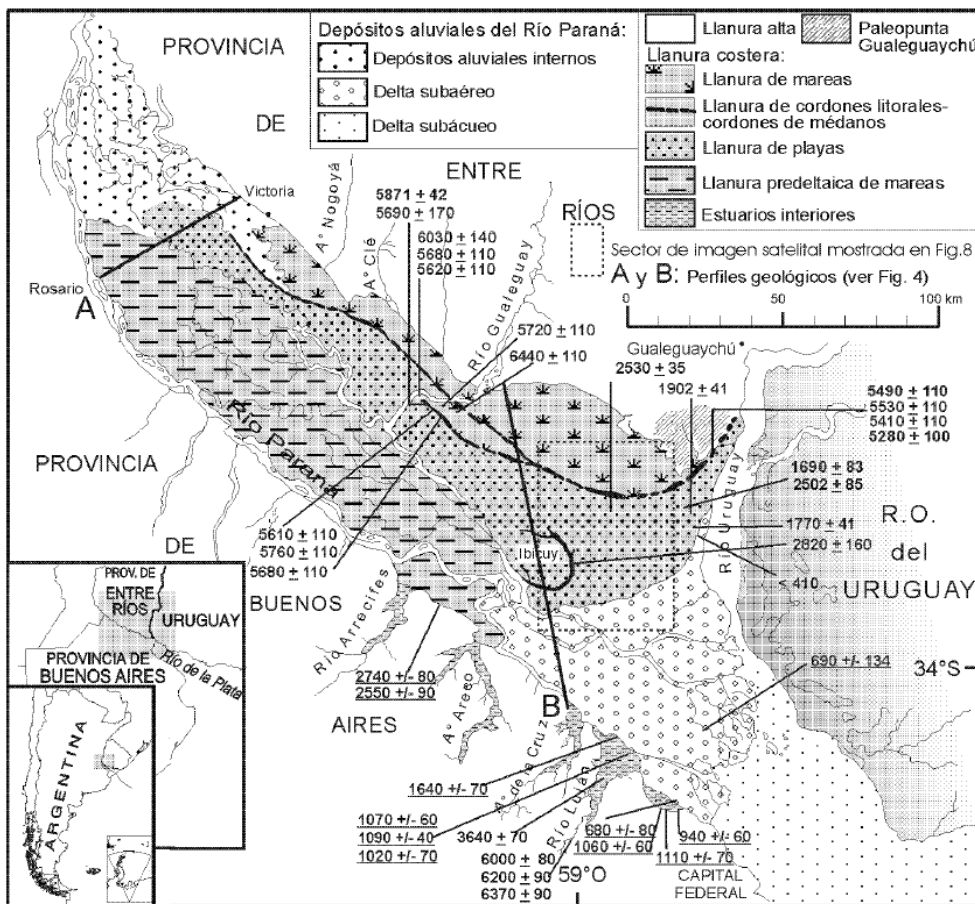


Figura 1. Zonas Geomorfológicas del Delta del Río Paraná propuesto por Cavallotto et al.(2005)

El Delta se desarrolla en dos ambientes geomorfológicos claramente definidos que responden al predominio del proceso eólico o el fluvial, que son los principales responsables del modelado. El primero está integrado por Planicie loésica, Fajas aluviales de cursos tributarios, cubetas de deflación y lagunas, y una barranca marginal o Paleocantilado. Mientras que el segundo constituyó las denominadas fajas de meandros, las planicies interdistributarias y las aluviales de los ríos Paraná, y Uruguay, el delta del Gualeguay, los cordones litorales marinos y los litorales estuáricos, la antigua planicie de marea y albufera, el delta actual y finalmente las dunas.

El área de llanura de mareas son planicies de muy escasa pendiente, ubicada en el centro del valle aluvial, que fueron originadas durante el Holoceno. Se trata de una antigua llanura de mareas según Iriondo y Scotta (1978). Una red de antiguos canales de marea encauza parcialmente las aguas de inundación conformando cursos de agua que disectan en una vasta extensión de bañados y esteros que ocupan las medias lomas bajas y los bajos topográficos y que, como tales, se hallan inundados en forma semipermanente a permanente. En el centro de estos últimos, usualmente se hallan pequeñas lagunas de aguas abiertas y los cursos de agua temporaria, que en períodos de sequías prolongadas actúan

como descarga preferencial de los flujos regionales del agua subterránea.

El área se encuentra topográficamente por debajo de cota de 5 m sobre el nivel del mar (Dirección Hidráulica Entre Ríos, 2001), por lo que las crecidas de medianas recurrencias afectan al sistema productivo, que se basa fundamentalmente en la ganadería extensiva y en menor medida, en la producción forestal en áreas protegidas contra inundaciones, que ocupan una superficie de 118.000 has.

En los bañados o pajonales de lagunas y pantanos se desarrollaron suelos mayormente Endoacuientes típicos o aéricos y también pueden encontrarse Endoacuoles típicos o hísticos. En áreas semipantanosas se pueden observar Hidracuientes y en los albardones de arroyos y bañados Hapludoles ácuicos. Hacia las zonas de riveras de ríos o arroyos navegables, albardones altos o riveras de avance frontal del delta, se encuentran Udifluventes y Fluvacuientes típicos (Proyecto PNUD. 85/019, 1990).

Los Endoacuientes aéricos son suelos aluviales, no salinos, ni alcalinos, que están difundidos en bañados con vegetación hidrófila y prácticamente no tienen desarrollo genético. Son mal drenados y por su posición deprimida dentro del paisaje, permanecen bajo agua durante largos períodos durante el año. Presentan un perfil en capas, con una secuencia: O - A- 2C1 - 3C2 y 4 C3. Por encima del perfil mineral, se encuentra el horizonte orgánico de aproximadamente 20 cm de espesor, con predominancia de restos semi descompuestos (Epipedón hístico). Por debajo de éste se encuentra el primer horizonte mineral que es el A de un espesor entre 10-12 cm, de color negro, muy bien provisto de materia orgánica y de textura franco-limosa a franco arcillo limosa. Luego siguen capas de colores más claros y de texturas más arenosas.

Tienen una capa freática alta, cerca o sobre la superficie mineral del suelo, con baja saturación de bases y sufren inundaciones excepcionales, por ello son tierras que pueden utilizarse para ganadería extensiva en forma estacional y para forestación con sauces y álamos.

También en estos sectores de bañados con vegetación hidrófila, pueden encontrarse Endoacuoles típicos, donde la materia orgánica se ha humificado y se llega a formar un epipedón mólico. Son suelos aluviales que presentan una secuencia A₂ C₁ y 3 C₂ y en algunos sectores, superpuesto al horizonte mineral, tienen un horizonte orgánico, de 1 a 10 cm de espesor. El epipedón mólico es de 28-40 cm, de color negro, bien provisto de materia

orgánica y textura franco arcillo limosa. Luego le siguen capas de colores más claros, con disminución de la arcilla y aumento del limo. Son mal drenados y por su posición en el relieve (bordes de lagunas y sectores más deprimidos), permanecen bajo agua largos períodos del año. La capa freática se halla muy cerca de la superficie del suelo mineral o por encima de ella, lo que determina la existencia de la vegetación hidrófila característica del pajonal. Son suelos moderadamente aptos para forestación con sauces y álamos. En el caso de tener un horizonte orgánico superior a 20 cm son Endoacuoles hísticos.

En el albardón intermedio los suelos están compuestos por una serie de capas no edafizadas, donde la materia orgánica se acumula en superficial. Son Epiaucentes que muestran un marcado ascenso capilar que refleja la influencia de los niveles freáticos que satura parte del perfil. Es por ello que pueden ser fuertemente salinos, con un horizonte A de poco espesor con valores de Conductividades eléctricas del orden de 20 dS m⁻¹.

En la Unidad Geomorfológica Delta Actual, los suelos tienen en común con los anteriormente descritos, la morfología de albardón alto, pajonal y albardón intermedio. En el área de pajonal presentan horizontes orgánicos y el pH de los horizontes superficiales es medianamente ácido. La salinidad de estos suelos es en general moderada a baja. En los esteros los valores están por debajo de los 4 dS m⁻¹. Se presentan situaciones en que la salinidad es más alta en las capas superficiales indicando que ha habido un ascenso capilar y concentración de sales en superficie, como es el caso del albardón intermedio con valores alto de conductividad eléctrica (19- 20 dS/m¹).

El uso Agrícola en la región es muy limitado debido a las características de los suelos y procesos de sodificación - salinización. El abastecimiento de agua para el abrevado de animales no presenta inconvenientes, debido a que el mismo se abastece de aguas superficiales de los cursos interiores o de las lagunas ubicadas en las áreas interiores de las islas protegidas por los albardones. En lo que respecta el abastecimiento de agua potable, el sistema presenta severas limitaciones debido al elevado contenido salino en algunos casos, o los elevados riesgos de contaminación por actividad entrópica. Díaz et al (2013) analizaron el impacto ambiental de las aguas subterráneas en el Delta del Río Paraná y su vinculación con el ciclo externo. El sistema actúa con características de flujo 3D, con mayor variabilidad en estiajes y/o crecidas prolongadas

del Río Paraná, al ser esta la condición de borde temporal que tiene el mayor impacto en el sistema.

Objetivos

Caracterizar el impacto de la variación vertical de la salinidad de las aguas subterráneas en el sistema ambiental-productivo del Delta del Río Paraná y su vinculación con las áreas de descarga.

Metodología

Se recopiló y analizó la información disponible y datos analíticos de calidad de las aguas de las perforaciones en las zonas de recarga, derivados de organismos oficiales de provisión de agua potable. Además se recopiló la información derivada de los trabajos publicados por los autores Padula (1972) (a su vez basados en los datos de las perforaciones de Ramírez, Nogoyá y de Gualeguay) y la Tesis Doctoral de Silva Busso, A. (1999).

Por otro lado se tomaron un total de 28 muestras de agua correspondientes a lagunas interiores del delta del Paraná, agua subterránea poco profunda y profunda, del acuífero libre de los albardones y de aguas superficiales del río Paraná y sus afluentes. Estas muestras de agua fueron analizadas para determinar la conductividad eléctrica. Mientras que los valores de salinidad de las perforaciones de las áreas de transferencia, fueron tomadas de la bibliografía: Castellanos (1938), Dirección General de Minería Nación (1940) y de la perforación de Timbúes provincia de Santa Fe (Comunicación personal). En la Figura 2 puede verse la ubicación relativa del área de estudio y los sitios de muestreo.

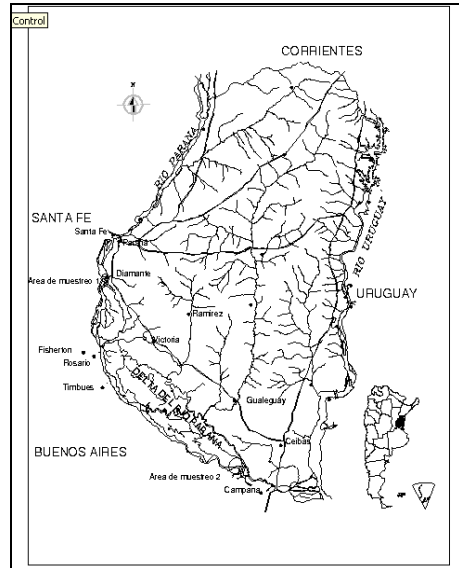


Figura 2. Ubicación relativa del área de estudio y los sitios de muestreo.

Resultados

El delta está representado por bajos con agua permanente y temporaria, desarrollados en cotas inferiores a 2 m y delimitados por albardones. Esta área emergida ha sufrido una evolución regional que ha sido descrita por Cavallotto et al. (1999) los que señalan que el Delta se encuentra separado de la llanura pampeana por los procesos marinos durante el Holoceno y presenta una compleja red de drenaje como puede apreciarse en la Figura 3.

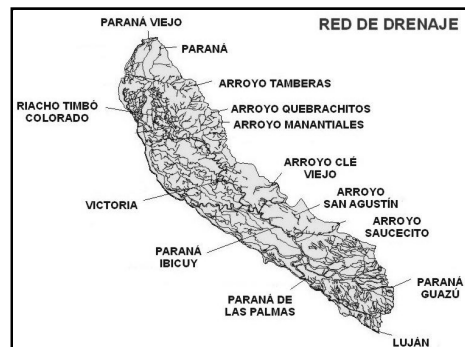


Figura 3. Red de drenaje Principal del delta. Fuente: Subsecretaría Recursos Hídricos Nación (2002).

El clima es templado húmedo con lluvias distribuidas a lo largo de todo el año. La temperatura media anual es de 17,4 °C y la precipitación total de 1.010 mm anuales. La estación fría se extiende desde mediados de otoño hasta fines del invierno y la cálida incluye la primavera, el verano y principios de otoño.

La hidrogeología del área de estudio y la secuencia estratigráfica ha sido caracterizada en la Provincia de Santa Fe por Fili y Tujchneider (1977), en la Provincia de Buenos Aires por Auge (1984), en Entre Ríos por Iriondo (1980) y por Amato y Silva Busso (2005). El modelo hidrogeológico responde al siguiente esquema simplificado.

La **Formación Pampeano** corresponde a depósitos de limos medianos a finos y arcillas con intercalaciones calcáreas. Son sedimentos transportados por el viento desde la cordillera que cubrió las Arenas Puelches. En el Delta, prácticamente ha sido eliminado por la erosión fluvial. El comportamiento hidrológico es de Acuífero libre que en profundidad pasa a semiconfinado, con moderada salinidad: 0.5-2 g/l. Pleistocena Limos arenosos y arcillosos c/tosca, eolo-fluviales. Acuífero libre. En prof. pasa a semiconfinado. Moderada producción. Salinidad entre 0.5-2 g/l para uso urbano, rural, riego complementario, ganadero e industrial.

Las **Formación Ituzaingó y Formación Puelches** está compuesta por arenas silíceas de grano fino a mediano y hasta gravas, de color amarillento ocráceo; rojizo y blanquecino. Los granos presentan muy buena redondez y esfericidad y alto grado de selección. Se puntualiza la importancia del óxido férrico que constituye parte de la matriz de los sedimentos. Es de origen fluvial atribuidas al río Paraná. Esta formación se expone a la superficie en diversos puntos de la provincia de Entre Ríos. Acuífero semiconfinado de media a alta productividad (30-150 m³/h). Valores de Salinidad < 2 g/l.

La **Formación Paraná** está constituida por niveles de arcillas, arcillas arenosas y arenas y calcáreos fosilíferos. Las arcillas basales son muy plásticas. Superpuestas a las anteriores, se destacan arenas arcillosas con bancos ostreros cubiertos por bancos de arena silícea (Silva Busso, 1999). La cubierta de esta formación se compone de importantes bancos calcáreos arenosos compactos. Aflorea a lo largo de la margen izquierda del Río Paraná en la Provincia de Entre Ríos. Acuífero en la sección superior, salinidad > 5 g/l, excepcionalmente 3 g/l. Acuífero de alta producción en la sección inferior. El contenido salino varía desde 2 g/l al sur de la ciudad de

Paraná y alcanza en la cercanía del Delta del Río Paraná y del Río de la Plata, valores variables de 2 a 20 g/l.

La unidad hidrogeológica que subyace es la denominada **Formación Olivos**, que posee agua de elevada mineralización con más de 5 g/l.

La perforación en Gualeguay (Entre Ríos) se encuentra ubicada en el centro del área de estudio y fue realizada por la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología en el año 1914. La descripción indica que hasta los 157 metros de profundidad se presenta una columna predominantemente arenosa "arenas de cuarzo blanca con rodados de sílice", "arenas gruesas amarillentas", etc donde se registran 6 niveles acuíferos coincidentes con las capas arenosas y con caudales importantes (60.000 l/hora). Este tramo de la perforación puede asignárselo al acuífero Ituzaingó-Paraná con aguas de mediana salinidad. A partir de los 294 m y hasta los 356 m se cortan arenas, areniscas y conglomerados con caudales de 4.000 litros/hora, que corresponden a lo que se comporta como un acuífero intermedio. La descripción indica alto contenido de sales, con aguas cloruradas sódicas. Éste nivel constituiría el acuífero regional profundo de transferencia desde las áreas de recarga a las de descarga en la zona del Delta del Río Paraná.

En el estudio se incluyeron los datos registrados en la perforación de la localidad de Ramírez, del departamento Nogoyá, Provincia de Entre Ríos, que fue realizada en el año 1945 por la Dirección Nacional de Minas y Geología con el fin de proveer de agua potable a la ciudad. Ésta alcanzó la profundidad de 755 m que es donde se encuentra el techo de los basaltos de la Formación Serra Geral. Entre los 61 y 109 m de profundidad cortó las arenas del acuífero Ituzaingó -Paraná. Entre los 200 y 237 m se presenta un nivel de arenas acuíferas. El ensayo de bombeo arroja caudales de 1000 litros/h de agua que son descriptas como "salobres". Esta perforación correspondería al mismo sistema hidrogeológico que el de la localidad de Gualeguay.

En la localidad de Timbúes (provincia de Santa Fe) se dispone de datos de la perforación de mayor profundidad que alcanza al techo de los basaltos de la formación Serra Geral y ha permitido evaluar en profundidad los cambios de la conductividad eléctrica de los distintos acuíferos. Durante la ejecución de la perforación se monitoreó la evolución de la conductividad eléctrica del lodo de perforación de manera de determinar la presencia de tramos acuíferos portadores de agua, de diferentes contenidos

salinos. Los valores registrados entre las profundidades de 319 y 762 metros van desde 7.000 a 40.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No se han considerado los tramos correspondientes a las formaciones Pampeano y Puelches, que presentan conductividades comprendidas entre 600 y 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Del registro surge que el tramo a analizado en detalle desde los 319 metros presenta aguas de elevado contenido salino, con conductividades eléctricas que alcanzan valores de 118.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, las que se clasifican como cloruradas sódicas-sulfatadas, que se corresponderían al mismo sistema de las perforaciones profundas de la Provincia de Entre Ríos.

El sistema en estudio (transición del Río Paraná al Río de la Plata) tiene componentes tridimensionales afectados por las condiciones de borde. Los eventos de inundación se producen cuando el nivel normal de los ríos es alterado por alguno de los siguientes factores:

a) Mareas comunes que tienen su influencia sobre el estuario del Plata y provocan oscilaciones periódicas en el nivel de agua constituyen los "repuntes" comunes o mareas.

b) Crecidas del Río Uruguay relacionadas con precipitaciones en la alta cuenca (al menos en el delta frontal).

c) Crecidas del Río Paraná relacionadas con precipitaciones en la alta cuenca, aportes de agua de los cursos que desembocan en el delta que localmente pueden producir un efecto similar aunque de menor intensidad.

d) Vientos del sector Sudeste que provocan dificultades en la evacuación del agua originando desbordes e inundado zonas anegadizas. Esta condición puede complicarse en conjunto con otros eventos meteorológicos o aportes de agua de la alta cuenca.

e) Onda oceánica: La onda de marea oceánica que llega a la desembocadura del Plata se interna en el estuario pero sufriendo deformaciones a medida que se interna en el río. Aunque el volumen de agua que descargan en el Plata sus grandes afluentes es casi constante, no lo es de forma continua pues la onda de marea levanta o baja su superficie. La onda modifica la descarga de los afluentes, creando situaciones hidráulicas en el estuario, de las cuales resultan corrientes de direcciones y velocidades variables.

Las condiciones de borde de descarga localizada puede considerarse integrada por tres grandes grupos hidrogeológicos: área de recarga, área de conducción y área de descarga. El área de descarga es la zona propiamente del Delta, que está caracterizada por tres ambientes.

Uno corresponde al agua subterránea poco profunda en la zona de albardones, vinculado con la infiltración producto de las precipitaciones locales y el vínculo con el Río Paraná. Otro ambiente es el de descarga local coincidente con los interiores de las islas (depresiones pantanosas) que están separadas por los albardones, de los niveles normales del Río Paraná y sus afluentes, los cuales excepcionalmente pueden inundarse por crecidas del río de mediana a larga duración y finalmente, el flujo regional profundo que descarga en el ambiente anterior.

A partir de la información disponible recopilada de las perforaciones de áreas de descarga subterránea surge que las aguas son cloruradas-sulfatadas sódicas. Este flujo regional profundo por su elevada salinidad afecta las condiciones productivas de las pasturas naturales y la producción forestal.

La Tabla 1 presenta una síntesis de los datos analíticos de conductividades eléctricas de aguas subterráneas en los ambientes hidrogeológicos descriptos de las áreas de descarga en el Delta del Río Paraná.

Las aguas superficiales, tanto las del Río Paraná como la de sus afluentes, tienen conductividades muy bajas. Mientras que en el caso de los ríos y arroyos interiores presentan contenidos medios, quizás explicados porque la descarga regional en dichos cursos tienen velocidad de escurrimiento relativamente baja.

Los albardones presentan valores admisibles para el consumo humano y animal, con un aumento gradual en profundidad que está vinculado con los flujos locales y en algunos casos a la mezcla con los flujos regionales de profundidades mayores. Cabe remarcar que no existen condicionantes hidrogeológicos como serían niveles de baja permeabilidad que impidan el flujo vertical en zonas localizadas.

En las lagunas interiores de las islas las conductividades son altas a muy altas, relacionadas al flujo regional y a los efectos de la evapotranspiración que produce un efecto de concentración de las sales en los suelos.

Finalmente el agua subterránea del flujo de conducción incrementa su salinidad en profundidad explicada por las características de las formaciones geológicas correspondientes a las zonas estuáricas de ingesión marina del holoceno (Cavalotto et al (2005); Iriondo (1980, 2004). Esta última genera en condiciones de descarga flujos del tipo tridimensional influenciado por las condiciones de borde locales.

Conclusiones

Las aguas subterráneas en el área de descarga son cloruradas-sulfatadas sódicas, con altas concentraciones que aumentan en profundidad. Éstas hidráulicamente se comportan como un proceso tipo "pistón", es decir, que en los momentos de elevada evaporación, el agua se mueve en el sentido vertical ascendente, mientras que en situaciones de elevadas precipitaciones o ingresos de aguas superficiales por inundaciones a las lagunas interiores de las islas, el proceso se invierte.

Las aguas superficiales corresponden al tipo Bicarbonatada sódica y Clorurada sulfatada sódica, representado un 40 y 35% respectivamente de las muestras relevadas.

El Delta del Río Paraná se comporta como un caso particular en el que dominan los procesos de flujo de aguas superficiales y subterráneas tridimensionales. Ésta consideración permite entender y obtener conclusiones que representan el real funcionamiento del sistema natural. Estos aspectos toman relevancia para el caso particular de los procesos de salinización de los suelos en zonas de descarga. Se pudo determinar el impacto de los flujos locales y regionales sobre los suelos, afectando su

productividad, con componentes tridimensionales dados por las condiciones de borde que imponen lateralmente las áreas de recarga, los Ríos Paraná aguas arriba y del Plata aguas abajo, y los niveles de las lagunas interiores de las islas.

El funcionamiento del sistema está marcado por la existencia de cinco componentes hidráulicos que pueden actuar en forma independiente o superponerse, en cuyo caso genera ascensos de los niveles hidrométricos y mayor permanencia en el tiempo. La superposición de estos efectos genera componentes de flujos verticales de elevada salinidad en los primeros centímetros del suelo, que produce limitaciones en la productividad del sistema y se manifiestan con mayor magnitud en condiciones hídricas de bajas precipitaciones locales y condiciones de estiaje del Río Paraná.

El Delta del Río Paraná, presenta vinculación con las áreas de descarga y sus efectos en la variación vertical de la salinidad. El sistema actúa con características de flujo 3D, con mayor variabilidad en estiajes y/o crecidas prolongadas del Río Paraná, al ser ésta la condición de borde temporal que tiene el mayor impacto en el sistema.

Tabla 1. Conductividad eléctrica de las aguas subterráneas y superficiales del Sistema Delta.

Ambiente Hidrogeológico	Característica de la muestra	Profundidad (m)	Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Número de muestras
Agua Superficial (río)	Río Paraná	Superficial	100 a 180	4
Agua Superficial (arroyos)	Arroyos Interiores del Delta	Superficial	320 a 870	4
Agua Subterránea poco profunda	Albardón conducción	Subterránea 0.3 a 2.7 m de Profundidad	700 a 3700	9
Agua Subterránea poco profunda	Descarga Local	Subterránea > 2.7 m de Profundidad	9800 a 19000	3
Agua Subterránea profunda	Flujo Regional Profundo	Subterránea De 2 a 40 m de profundidad	13000 a 17500	2
Agua Subterránea Intermedia	Recarga Entre Ríos	Ituzaingó Paraná	980-22500 18600-15224	>100 144
Agua Subterránea Intermedia	Recarga Santa Fe	Pampeano Puelches Paraná	400-600 1500-3000 5000-15000	> 100 > 100 > 100
Agua Subterránea Intermedia	Recarga Bs. Aires	Pampeano Puelches Paraná	400-800 1200-2000 3000-6000	> 100 > 100 > 100
Agua Subterránea Profunda	Transferencia Regional	Subterránea > 150 m	2000 a 120000	6

Agradecimientos

El presente trabajo se ha desarrollado en el marco del Proyecto PICTO 210-2009 financiado por la ANPCYT, la UNER, el INTA y la CAFESG. Se encuentra enmarcado además en el Proyecto PID UNER 2143 "Diagnostico de las condiciones del sistema socio productivo y ambiental del Delta del río Paraná "el que se encuentra financiado por la Universidad Nacional de Entre Ríos.

Referencias

Amato, S y Silva Busso, A. (2005). "Análisis de Interrelación Geológica-Hidrogeológica en el área del Delta del Río Paraná, Provincias de Entre Ríos y Buenos Aires, República Argentina". 16º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 697-705, La Plata.

Auge, M. (1984). Regiones Hidrogeológicas. República Argentina y Provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. Edición Electrónica en la WEB.

Castellanos, A. (1938) "El subsuelo de Rosario". Separata de Anales de la Sociedad Científica Argentina, T. 127, Nº 1, 1939, pp. 3-13. Extracto de una conferencia en la Sociedad científica Argentina, sección Santa Fe, pronunciada en la Facultad de química industrial y agrícola el 8 de Octubre de 1938

Cavallotto, J. L., Violante, R. A. y Parker, G., (1999). Historia evolutiva del Río de la Plata durante el Holoceno. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas, I, Salta, 508-511.

Cavallotto, J. L.; Violante, R.A. y Colombo, F. (2005). Evolución y cambios ambientales de la llanura costera de la cabecera del río de la Plata Revista de la Asociación Geológica Argentina, 60 (2): 353-367

Dirección de Hidráulica de Entre Ríos (2001). "Sistema de Información Geográfica de los recursos hídricos de Entre Ríos". Departamento de Hidrología y Ordenamiento de Cuencas. Características físicas de las cuencas. Extraído el 05 de Junio de 2013 desde <http://www.hidraulica.gov.ar/cuencas.php>

Dirección General de Minería Nación (1940). Registro de perforaciones ejecutadas por la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. Período 1914-1945.

Díaz, E. ; Boschetti, N.; Quintero, C. ; Duarte, O. y Romero, E. (2012) "Los flujos subterráneos regionales y su influencia en la hidrogeología del delta del Río Paraná. Argentina". XI Congreso Latinoamericano de Hidrogeología y IV Congreso Colombiano de Hidrogeología. 19 al 22 de Agosto de 2012. Cartagena de

Indias. Colombia. Memorias del Congreso página 152. Extenso en CD.

Díaz, E.I.; Boschetti, N.G.; Quintero, C. E.; Duarte, O. C. y G. E. Carriel (2013). "El impacto ambiental de las aguas subterráneas en el delta del Río Paraná". Argentina. XXIV Congreso Nacional del Agua 2013. San Juan. En prensa.

Filí, M.F. y O.C. Tujchneider (1977). Características geológicas regionales del subsuelo de la provincia de Santa Fe (Argentina). Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral nº 8: 105-113, Santa Fe.

Iriondo, M., (1980). El Cuaternario de Entre Ríos. Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 11:125-141. Santo Tomé. Padula, E.L. (1972). Subsuelo de la Mesopotamia y regiones adyacentes. En Geología Regional Argentina. Editor: A. Leanza. p: 213-235

Iriondo, M. (2004) "The litoral complex al the Parana mouth". Quaternary International. 143-154.

Iriondo, M. y Scotta E. (1978). The evolution of the Paraná River Delta. Proceedings of the International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary: 405-418. INQUA. San Pablo

Padula, E. (1972). Subsuelo de la Mesopotamia y regiones adyacentes. En: Leanza, A. F. (Ed.) Simposio de Geología Regional Argentina: Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 213-235, 869 pág

Proyecto PNUD ARG. 85/019. (1990). "Atlas de Suelos de la República Argentina. Tomo I. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro de Investigaciones de Recursos Naturales". Imprenta La Paz, Heredia 5832. Buenos Aires, Argentina. 677 Pp.

Subsecretaría Recursos Hídricos Nación (2002). "Cuencas Hidrográficas de la República Argentina". Extraído el 05 de Junio de 2013 desde <http://www.hidricosargentina.gov.ar/>

Silva Busso, A. A. (1999). "Contribución al conocimiento de la Geología e Hidrogeología del Sistema Acuífero termal de la Cuenca Chacoparanaense Oriental Argentina. Tesis Doctoral. UBA. 1999. Tomos I y II.