

# Aportes de la testificación geofísica al conocimiento de la formación Salto Chico. Entre Ríos. Argentina

D. Mársico.

ERRTER (Ente Regulador de los Recursos Termales de Entre Ríos) Artusi 40. 3260 Concepción del Uruguay. Entre Ríos. Argentina. Email: [errter@entrieros.gov.ar](mailto:errter@entrieros.gov.ar).

E. L. Díaz.

Universidad Nacional de Entre Ríos. Eva Perón 25. Concepción del Uruguay. Entre Ríos. Email: [ediaz@fca.uner.edu.ar](mailto:ediaz@fca.uner.edu.ar)

O. Dalla Costa

Consultor. P. Vignas 1876. Santa Fe. Argentina. Email: [odallacosta@hotmail.com](mailto:odallacosta@hotmail.com)

**RESUMEN:** El riego en la zona arrocerá de de Entre Ríos se produce mediante la extracción de agua desde fuentes subterráneas; esto ha conducido a una variación significativa de los niveles piezométricos de la formación geológica donde se aloja dicho recurso. Se aporta a partir del análisis de las testificaciones geofísicas un elemento que corrobore esta situación y brindar una serie de consideraciones a las autoridades competentes alcanzar una explotación sustentable del mismo. Se ha realizado un análisis de los antecedentes y de testificaciones geofísicas en sondeos. Esto ha permitido caracterizar el impacto del sector arrocerá y del agua es utilizada con otros fines. Se concluye que es necesario implementar de manera prioritaria los instrumentos legales que regulen los caudales explotados y a su vez se implemente un sistema de monitoreo que permita contar con elementos de juicio a la hora de tomar decisiones respecto del manejo.

**PALABRAS CLAVE:** Entre Ríos, Salto Chico, Riego, aguas subterráneas

**ABSTRACT:** The irrigated rice area in the province of Entre Rios is produced by extracting water from Groundwater and this has led to a significant variation of the piezometric levels of the geological formation that hosts the resource. The analysis of geophysical testifications corroborate this and provide a number of considerations to the competent authorities to achieve sustainable exploitation of it. To achieve this has been made an analysis of the background and job processing of geophysical surveys Testifications. This has led to a complete picture of the situation, including not only the rice sector but also the areas where water is used for other purposes. Its concluded that in such a situation it is necessary to implement a priority legal instruments governing the flow and in turn be exploited to implement a monitoring system that have allowed certain evidence when making decisions about management

**KEYWORDS:** Entre Ríos, Salto Chico, irrigation, Groundwater

## 1 INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales están a disposición del hombre; el agua no escapa a esta premisa pero está claro que todo uso que se haga de la misma debe realizarse no solo de manera acorde con su disponibilidad sino que además se debe respetar su vulnerabilidad sabiendo que actualmente se puede considerar a la misma como un recurso finito.

## 2 OBJETIVOS

Evaluar los cambios que se han producido en los últimos años en los niveles piezométricos de la formación Salto Chico que a partir de un balance de masas verificado por testificaciones geofísicas en sondeos.

## 3 METODOLOGIA

La simulación de las extracciones y recarga al nivel anual fue realizado mediante un balance de masa, donde se han tenido en cuenta los ingresos a partir del aporte de las precipitaciones al acuífero, las extracciones y los parámetros hidráulicos formacionales de coeficiente de almacenamiento en condiciones de acuífero semiconfinado y libre. La testificación geofísica consiste mediante una sonda multiparamétrica .de re-

gistrar la resistividad eléctrica aparente de las formaciones mediante sonda Normales, de corto y largo espaciado y el de potencial espontáneo para la correlación de los diferentes estratos. La Formación Salto Chico está dominada por una fracción gruesa, conformada por conglomerados y gravas que generalmente tienen una matriz arenosa de color pardo rojiza e intercalaciones de arcillas verdosas. En la fracción arenosa los clastos dominantes son de naturaleza cuarzoza. También se intercalan bancos de areniscas silicificadas y de arcillas verdosas. (Aceñolaza, F. 2007). Auge y Santi (2003) expresan que el techo de formación se encuentra a una cota IGM variable entre los 35 y 40 metros y su base a una profundidad entre los 90 y 100 metros. (Figura 1)

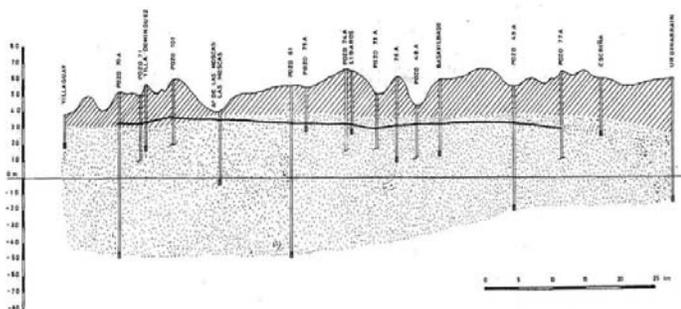


Figura 1. Perfil hidrogeológico transversal de la Formación Salto Chico. (Norte/Sur)

#### 4 RESULTADOS

La figura 2 muestra la ubicación de la Formación Salto Chico en la Provincia de Entre Ríos y en la figura 3 se presenta un perfil geológico del mismo, Mársico (2007), Romero et.al. (2007)

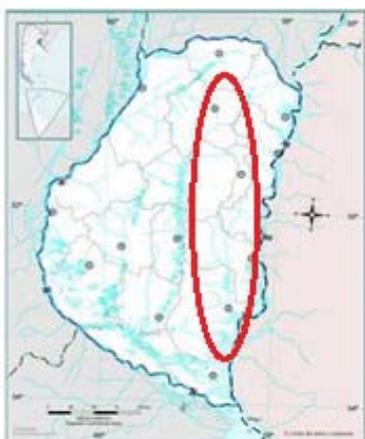


Figura 2. Salto Chico en el contexto provincial

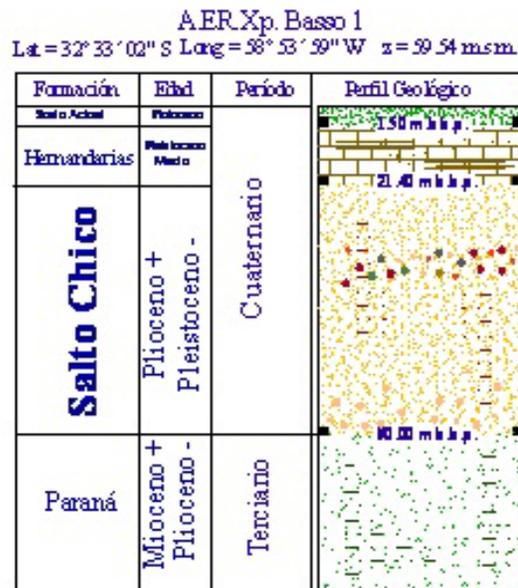


Figura 3. Corte geológico de la zona estudiada

El acuífero ha sido caracterizado a partir de los antecedentes y superficialmente el área de desarrollo y se puede sectorizar en tres zonas, figura 4, donde la variación más significativa está expresada por la conductividad eléctrica de las aguas.

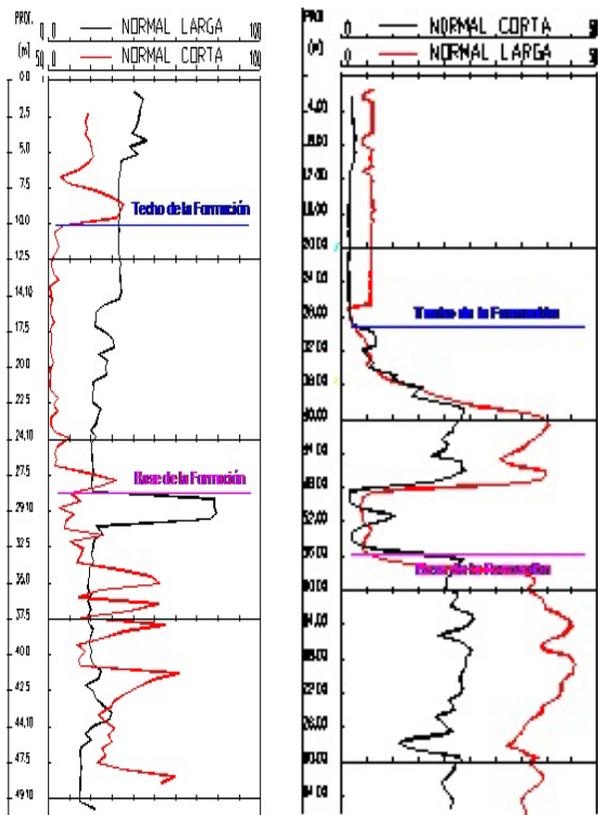


Figura 4. Sectorización de la formación y testificaciones

Son ellas: La zona sur, por debajo de las latitudes de una línea aproximada que une de este a oeste las ciudad de C. del Uruguay y Rosario del Tala, presenta los menores valores de conductividad eléctrica explicado por la disminución de los espesores de la cubierta arcillosa, y el vínculo con el ciclo externo dado los afloramientos del acuífero en coincidencia con los cursos

de agua y donde se producen localmente recargas de importancia. En este sector el agua es utilizada principalmente para el consumo humano y animal. La zona central que se encuentra definido en el norte por una línea imaginaria que une las ciudades de Ubajay y Villaguay, que es donde se producen las mayores extracciones con destino al riego de arroz y conductividades eléctricas del orden de los 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , finalmente la zona norte donde se manifiesta un mayor espesor de la Fm. Hernandarias y conductividades eléctricas que superan los 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , alcanzando en algunos casos valores superiores a los 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Valenti et al (2007). Son limitados los volúmenes que se utilizan para riego y el mismo destinado al consumo humano y animal. En la figura 4 se representa la ubicación de las perforaciones analizadas.

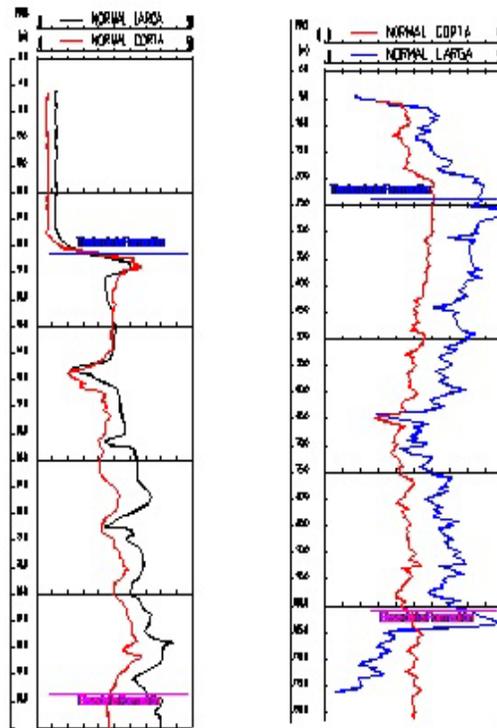
En la zona sur se han seleccionado las testificaciones realizadas en las localidades de Gualeguay y Urdinarrain, (Figuras 6 y 7).



Figuras 6 y 7. Testificaciones en Gualeguay (Izquierda) y Urdinarrain (Derecha)

En la zona centro, es donde más se evidencia la disminución de los niveles piezométricos dado que allí se encuentran las perforaciones destinadas al riego de arroz, mientras que las de consumo humano y animal representan extracciones despreciables frente a ellas.

Las figuras 8 y 9 presentan las testificaciones realizadas en Santa Anita y San José.



Figuras 8 y 9. Sondeos en Santa Anita (Izquierda) y San José (Derecha)

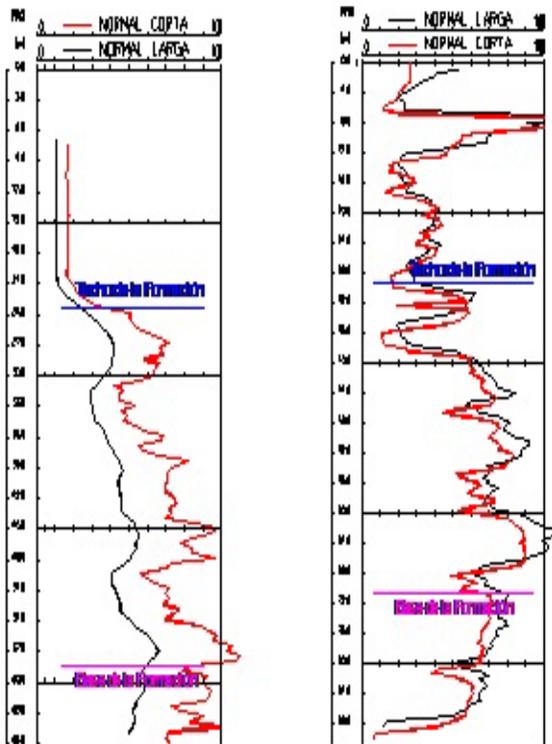
En la Tabla 1 se muestra la evolución en el tiempo de las extracciones con destino a riego, determinadas a partir de la superficie arrocera bajo riego en los últimos 12 años y los consumos por hectárea, determinados por Díaz et al (2011), en el que se han incluido los datos de la última campaña 2011/12. La evaluación de la superficie bajo riego fue estimada a partir de imágenes satelitales por Carñel (2011), las extracciones representan volúmenes entre 300 a casi 900  $\text{Hm}^3/\text{año}$ , lo que impacta sobre el sistema.

Campaña arrocera	Superficie (ha)	Volúmenes ( $\text{Hm}^3/\text{año}$ )	Caudal continuo ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
2000/01	44.736	608,4	70,4
2001/02	26.566	361,3	41,8
2002/03	28.703	390,4	45,2
2003/04	31.234	424,8	49,2
2004/05	38.449	522,9	60,5
2005/06	41.069	558,5	64,6
2006/07	42.494	577,9	66,9
2007/08	38.569	524,5	60,7
2008/09	62.320	847,6	98,1
2009/10	67.389	916,5	106,1
2010/11	65922	896,5	103,8
2011/12	57951	761,7	91,2

Tabla 1. Evolución de las extracciones a partir del riego de arroz

Debe señalarse que otros usos del recurso y volúmenes explotados en el sistema, lo constituyen las extracciones de agua para otros usos consuntivos con destino a agua potable para 100.000 habitantes con un consumo diario estimado de 400 litros/día, y el abrevado de animales, 1.000.000 cabezas de ganado vacuno con un consumo medio de 50 litros/día, producen extracciones regionales del orden de los 14 y 18 Hm<sup>3</sup>/año. Las principales industrias están relacionadas al procesamiento de pollos, distribuidos en la zona sur, con caudales diarios estimados del orden de 2000 m<sup>3</sup>/día en las cuatro principales plantas ubicadas dos en Concepción del Uruguay, una en Basavilbaso y otra en Gualeguay, y las extracciones concentradas en los parques industriales de Gualeguaychú y Concepción del Uruguay, no alcanza los 12 Hm<sup>3</sup>/año. Por lo que la son despreciables frente a los consumos destinados al arroz, en la zona centro.

Por otra parte las Figuras 10 y 11, muestran las realizadas en las localidades de Ubajay y San Salvador.



Figuras 10 y 11. Geofísica en Ubajay (Izquierda) y San Salvador (Derecha)

De la simulación de la recarga, de las precipitaciones y de las extracciones con destino al riego de arroz, se estimó la piezometría a nivel regional. Se puede observar que el mismo se comportaba como un acuífero semiconfinado y a partir del año 1972, los niveles des-

cendieron por debajo del techo del mismo, pasando a comportarse como libre, el mismo disminuyó de cota IGM 45 metros a los 31 actuales. Ello ha sido confirmado a partir de las perforaciones destinadas al consumo ganadero, que actualmente se encuentran fuera de servicio. Localmente, fuera del período de bombeo, la recuperación de los niveles permite en períodos muy cortos el funcionamiento de las mimas. En la Figura 12 es posible observar las variaciones de la cota piezométrica en los últimos 30 años, simuladas a partir del balance de masas

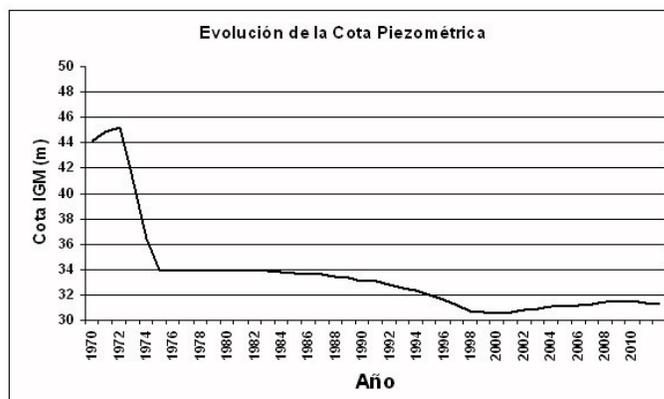


Figura 12. Evolución de la piezometría simulada por el balance de masas.

## 5 CONCLUSIONES

Los caudales extraídos a partir del riego de arroz son los principales responsables de los descensos puntuales y regionales, los que han sido simulados mediante un balance de masas y confirmados a partir de las perforaciones testificadas en las tres áreas en las que ha sido dividido arealmente el acuífero. Las mismas han alcanzado niveles de 14 metros, siendo los años 1972 a 1974 donde el mismo ha pasado de las condiciones de acuífero semiconfinado a libre. Otro impacto considerable se ha producido en el año 1998 donde la superficie irrigada alcanzó su máximo descenso, a partir de esa fecha los niveles se han mantenido estabilizados en alrededor de la cota IGM de 31 metros. Se concluye que el sistema sería sustentable con superficies máximas de 40.000 has destinadas al riego de arroz, el incremento de las mismas a 60.000 has ha generado descensos adicionales. Es necesario por parte de la Autoridad de Aplicación la regulación de las extracciones, incorporando el concepto de canon de riego con adecuados monitoreos para la adecuada la gestión.

## 6 AGRADECIMIENTOS

A la Fundación PROARROZ que subsidió los trabajos de campo. A la Agencia Nacional del Promoción Científica y Tecnológica que financió el Proyecto de Investigación "Sustentabilidad del Cultivo de Arroz en la Provincia de Entre Ríos". A la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) que, mediante el proyecto A/026490/09 "Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos Subterráneos del acuífero Salto Chico, Entre Ríos", la que financió la movilidad de los integrantes del equipo y gastos en los años 2010 y 2011.

## 7 REFERENCIAS

- Aceñolaza, F. G. (2007) Geología y Recursos Geológicos de la Mesopotamia Argentina. ISCG. UNT Tucumán.
- Auge, M. y Santi, M. (2003). "Riego con agua subterránea en la región arroceras de Entre Ríos-Argentina". Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Pp71, 64-71.
- Carñel, G. E. (2011). Evolución de la superficie arroceras de la Provincia de Entre Ríos. INTA-Fundación PROARROZ.
- Díaz E.L, Duarte O. C., Romero E. C & R. A. Valenti (2007). "Las aguas subterráneas de la Formación Salto Chico. Hidroquímica y aptitud en la producción agropecuaria". V Congreso Argentino de Hidrogeología. Paraná Entre Ríos. Pp125-131
- Díaz, E.; Pulido, A.; Vallejos Á.; Mársico, D.; Duarte, O.; Sánchez Martos, F. y Molina Sánchez, L. (2011). La caracterización de las extracciones para la gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos del acuífero Salto Chico, Entre Ríos. Congreso Argentino de Hidrogeología. Salta Pp 35. Extensivo en CD
- Díaz, E. L. y O. C. Duarte. (2000) Actualidad de las Técnicas Geofísicas aplicadas en Hidrogeología. Estudio Hidrogeológico de la cuenca del Río Gualaguaychú con fines de riego de arroz. República Argentina. Editorial: ITGM. Ed: M. Olmo Alarcón, J.A. López Geta. ISSN 84-7840-388-4. Páginas 145-150
- Mársico, D. (2007) Aportes al conocimiento geohidrológico del borde oriental de la cuenca chacoparanaense en la provincia de Entre Ríos - V Congreso Argentino de Hidrogeología. Paraná Entre Ríos Pp 13-30
- Romero, E. C; Díaz, E.L.; Duarte, O.C. & R. A. Valenti (2007). "El sistema de información geográfica de la Formación Salto Chico. Entre Ríos". V Congreso Argentino de Hidrogeología. Paraná Entre Ríos. Pp .117-124