

# Caracterización físico química de las aguas superficial y subterránea de Pergamino (Bs. As.)

*Olga S. Heredia<sup>1</sup>, Romina V. Comese<sup>1</sup>, Marta S. Zubillaga<sup>1</sup>, Johanna D. Chirckes<sup>1</sup>, Ana L. Graziano<sup>1</sup> y Eduardo Pagano<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires

heredia@agro.uba.ar

**RESUMEN:** El área de estudio seleccionada es representativa de la cuenca media a inferior del Arroyo Pergamino. La zona se caracteriza por una histórica e intensa actividad agrícola - industrial. La calidad del agua involucra una descripción de la ocurrencia de sus constituyentes en relación a su posibilidad de uso y puede variar temporal y espacialmente. Se planteó como objetivo caracterizar el recurso hídrico superficial y subterráneo de distintos puntos de la subcuenca. Se efectuaron muestreos en el mes de setiembre 2013, en zona urbana y rural, en aguas superficiales y subterráneas (freática, acuífero Pampeano y Puelche). Se realizó a campo y en laboratorio la caracterización físico-química de las muestras y la evaluación de su calidad. La temperatura del agua varió entre 17.9 - 21.5°C en las muestras superficiales y entre 14.5 - 20°C en las subterráneas. Los valores de pH de las superficiales fueron 8,35 a 9,7; por otro lado las aguas subterráneas presentaron valores normales siendo en promedio 7,6. Las aguas subterráneas mostraron valores de 900 a 1500µS/cm y las superficiales presentaron un fuerte aumento en la concentración salina: 1643 y 4860µS/cm, el agua del Arroyo Botija presentó valores salinos menores a los del Arroyo Pergamino. Los valores de TSD se correlacionan con los valores de CE. En cuanto a los nitratos no se encontraron concentraciones significativas. Las diferencias halladas en la caracterización de recursos hídricos superficiales de la cuenca surgen de los distintos usos de la tierra. El Arroyo Pergamino recibe efluentes de actividades agrícola, industrial y urbana desarrolladas a lo largo de sus márgenes, a diferencia de su afluente el Arroyo Botija, mientras que la calidad de las aguas subterráneas viene definida por el acuífero al que pertenece. El monitoreo continuo de los mismos permitirá obtener herramientas eficientes de manejo y gestión del recurso hídrico.

## INTRODUCCIÓN

Pergamino, geográficamente se encuentra al norte de la provincia de Buenos Aires ocupando una superficie de 2.950km<sup>2</sup>. Cuenta con una población es de 110.000 habitantes, de los cuales 95.000 habitan la cabecera del partido, 10.000 en los 12 pueblos que lo conforman y 5.000 es población rural. Aproximadamente, el 86.5% de la población vive en su principal centro urbano, la ciudad de Pergamino. Las demás localidades del partido son secundarias y concentra un 9% en total. En las áreas rurales vive, aproximadamente, el 4.5% de la población total del municipio (<http://www.pergamino.gob.ar>).

Las diversas actividades que se desarrollan en el partido son la confección de ropa, maderas, plásticos, alimentación, metálicos, lácteos, avícola, turismo y agropecuario. Dentro del agropecuario el uso actual de la tierra es predominantemente agrícola. El clima de la región es pampeano templado, con una temperatura media anual de 15°C (10°C en invierno y 22°C en verano). La precipitación anual media es de 970mm. Los meses más secos se producen en el invierno y los más lluviosos en enero y marzo. La evapotranspiración potencial anual media ronda los 1000mm. La irregularidad en las precipitaciones hace que se produzcan

déficits hídricos de diferente magnitud generalmente en verano y en los últimos diez años se ha dado la ocurrencia de ciclos muy húmedos, seguidos de ciclos muy secos (Portela *et al.*, 2006).

La composición geológica general corresponde a la Formación Pampeano, parcialmente cubierta en forma local por la Formación Junín, la que se caracteriza como de sedimentos eólicos limo arenosos a arenos limosos, en general friables y macizos, de color pardo rojizo a pardo claro. La altura sobre el nivel del mar es de 55 a 65m con una inclinación general del W a E.

A lo largo de los cauces del sistema fluvial regional, se encuentra la Formación Luján, que corresponde a los depósitos incluidos de un modo amplio en el Postpampeano. La cuenca puede ser clasificada como típica, de acuerdo a ciertos indicadores hidrológicos como divisoria de agua definida, red de drenaje desarrollada y punto de descarga único. La longitud total del arroyo en el partido de Pergamino es de 109km, con un desnivel de 50m (82,5m a 32,5m IGN) y una pendiente media de 0,046% (0,00046). Las unidades cartográficas fueron representadas por el suelo modal serie dominante. En total se identificaron ocho series de suelos de aptitud de uso mayoritariamente agrícola. En el nivel taxonómico de sub-grupo prevalecen los Argiudoles Típicos, seguidos por los Hapludoles y Natracuoles Típicos. Ocho series de suelo integran la cuenca del Arroyo Pergamino: Arrecifes (Argiudol típico), Arroyo Dulce (Argiudol típico), Gouin (Argiudol ácuico), Pergamino (Argiudol típico), Ramallo (Argiudol vértico), Rojas (Argiudol típico), Santa Lucía (Natracuol típico) y Venado Tuerto (Hapludol típico) (Uriburu Quirno *et al.*, 2010).

El Arroyo Pergamino pertenece al sistema del río Paraná y está ubicado dentro de la cuenca del río Arrecifes. Se encuentra situado en el norte de la provincia de Buenos Aires, región denominada Pampa Ondulada, caracterizada por un relieve suavemente ondulado y en parte recortado por cañadas, arroyos y ríos. Este curso de agua se presenta erosionado y desgastado, incorporando a su caudal gran cantidad de partículas, arcilla y material calcáreo; aumentando aguas abajo el contenido de arena. Asimismo tiene elevado contenido de sales proveniente del suelo (CESA, 2004). Por ambos márgenes recibe el aporte de pequeños cursos de carácter temporario (Botija, Chu-Chu, de los Padres) o permanente (Tambo Nuevo). Atraviesa la ciudad homónima, tras recorrer 19km desde su nacimiento en la laguna del Pescado y desemboca en el río Arrecifes después de recorrer aproximadamente 70km. Su cuenca comprende aproximadamente 2000km<sup>2</sup> y forma parte de un sistema mayor que desemboca en el río Paraná: el sistema Pergamino - Arrecifes (con una cuenca de 10.336km<sup>2</sup> de superficie), que recibe como tributarios a los ríos Rojas, Salto y Pergamino (Herzer *et al.*, 2003). En ella se desarrolla, como actividad principal, la agricultura, que en las últimas tres décadas se ha intensificado (Manuel-Navarrete *et al.*, 2005).

Los cursos superficiales de agua juegan un rol fundamental en el desarrollo de las actividades humanas, constituyendo un importante recurso natural, cuyo carácter de renovable es discutible en la actualidad. Estrechamente relacionados se encuentran los acuíferos subterráneos, otro importantísimo recurso.

Varios autores analizaron tanto las características del agua subterránea de esta zona como los efectos de la aplicación de riego sobre las propiedades físico-químicas del suelo. Entre estos trabajos se pueden citar a

Santa Cruz (1994) y Santa Cruz y Silva Busso (1999), quienes realizaron sondeos geoeléctricos y análisis químicos del agua subterránea de una amplia zona de la Pampa Ondulada, encontrando por debajo de la zona no saturada, al acuífero Pampeano que incluye en su parte superior el acuífero libre o freático y, a mayor profundidad, niveles permeables de carácter semiconfinado, siendo el agua del tipo bicarbonatada sódica.

En la zona de la cuenca del Arroyo Pergamino, Sainato et al., (1997) obtuvieron, mediante estudios geofísicos, profundidades del nivel freático entre 2–8m, y espesores del acuífero Pampeano variables según el sitio (Sainato et al., 2000). La interface entre el agua dulce y el agua salada se halla a diferente profundidad en ambos márgenes del Arroyo Pergamino. El acuífero libre se utiliza para consumo humano y animal. Reynoso y Andriulo (2009) encontraron que las características físico químicas de las aguas de los arroyos no reflejan un alto grado de interacción con las aguas subterráneas. Las aguas subterráneas conservan sus características determinadas por los sedimentos sobre los que están asentados los acuíferos, mientras las aguas del arroyo, reciben la influencia de los bañados y lagunas, donde nacen. Posteriormente, a lo largo del curso, esta influencia del sistema de lagunas se va diluyendo, con el aporte de los cursos temporarios y permanentes que desaguan en el.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la calidad del recurso hídrico superficial y subterráneo de distintos puntos de la subcuenca. Se efectuaron muestreos en el mes de setiembre 2013, en zona urbana y rural, en aguas superficiales y subterráneas (freática, acuífero Pampeano y Puelche).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Selección del área de estudio*

En la Figura 1 se presenta la ubicación del Arroyo Pergamino y la cuenca del Arrecifes a la cual pertenece, siendo tributarios a la Cuenca del Plata.

La cuenca del arroyo Pergamino está ubicada al N de la denominada Pampa Ondulada, caracterizada por un relieve suavemente ondulado con pendientes que no superan el 2%, en la parte más baja del relieve se encuentran cañadas, arroyos y ríos. Los suelos son profundos, pudiendo alcanzar 2m de profundidad sin limitaciones en el perfil, lo que permite una alta retención de humedad. La textura es variable, predominando los Argiudoles típicos en las lomas donde los materiales son más pesados con horizontes B texturales con más del 35% de arcilla y la permeabilidad es lenta, en los bajos estos suelos son complejos alcalino sódicos (INTA Cartas de Suelo de la Rep. Argentina, 1972).

La zona de estudio fue representativa de la cuenca media superior del Arroyo Pergamino, desde las nacientes hasta su paso por la ciudad cabecera, la cual abarca una superficie aproximada de 2019km<sup>2</sup>. Para este estudio, además, se ha elegido una subcuenca tributaria al Arroyo Pergamino que corresponde a su afluente el Arroyo Botija.



### *Metodología de muestreo*

El agua en los Arroyos Pergamino y Botija fue tomado a unos metros de la ribera aguas abajo, donde el agua corría libremente, para evitar muestrear zonas de agua estancada (Figura 3).



**Figura 3.** Confluencia entre Arroyo Pergamino y su afluente el Arroyo Botija.

El agua subterránea se tomó de perforaciones preexistentes extrayendo agua de la canilla tanto en molinos como en toma mediante bomba; en los molinos el agua esta a una profundidad de 8 a 16m y en el caso de bombas están construidos para tomar el agua en la base del acuífero a los 40m de profundidad, todas las muestras corresponden al acuífero pampeano. El muestreo de agua de la freática, donde existen freatímetros se tomaron por medio de bailers descartables, descartando la primer toma como lavado del bailer (Figura 4).



**Figura 4.** Muestro de aguas superficiales y subterráneas.

Los muestreos de agua subterránea y superficial se realizaron en el mes de Septiembre de 2013. En términos generales puede decirse que las aguas subterráneas de la zona son influentes a las aguas superficiales (el río es efluente).

Las muestras fueron recolectadas en botellas de polietileno de 500ml de capacidad y refrigeradas a 4°C hasta el momento de su análisis.

Se realizaron mediciones de parámetros físico-químico *in situ* con equipos portátiles de medición en el momento en que la muestras fueron tomadas: pH, T°C, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), Potencial de Óxido Reducción (ORP). En laboratorio se determinaron aniones mayoritarios y minoritarios como fluoruros (F<sup>-</sup>), cloruros (Cl<sup>-</sup>), nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) y bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) fueron medidos en laboratorio según los métodos estándares de análisis (APHA; 1997).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Características físico-químicas*

El flujo de agua subterránea regional es NO a SE, con una disminución de la CE en el mismo sentido, en coincidencia con resultados anteriores (Sainato et al., 2003; Galindo et al., 2007). El agua subterránea presentó valores superiores de pH a los encontrados por Galindo et al. (2007) siendo el valor medio 7,86 y el máximo de 8,3. La tabla 1 muestra los valores descriptivos que resumen los parámetros físicoquímicos medidos para el agua subterránea y superficial

**Tabla 1.** Valores promedio y máximos (*itálica*) de los parámetros físico-químicos evaluados en aguas superficiales y subterráneas pertenecientes a la cuenca del Arroyo Pergamino.

	Parámetro							
	pH	CE μS cm <sup>-1</sup>	SDT (ppm)	Fluor (mg l <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mg l <sup>-1</sup> )
Agua Superficial	8,73	1808,50	900,00	0,49	1,53	36,82	781,60	152,32
	<i>9,70</i>	<i>3999*</i>	<i>2000*</i>	<i>0,72</i>	<i>5,45</i>	<i>75,00</i>	<i>1646,34</i>	<i>255,59</i>
Agua Subterránea	7,86	1244,67	621,89	0,46	3,28	18,33	453,93	190,90
	<i>8,25</i>	<i>1505,00</i>	<i>756,00</i>	<i>0,74</i>	<i>13,91</i>	<i>45,00</i>	<i>1402,44</i>	<i>255,59</i>

La CE, los SDT y el pH mostraron valores promedios y máximos superiores en las fuentes de agua superficiales, presentando valores similares a los hallados por Andriulo y Reynoso (2009). Los valores de pH se encuentran dentro de valores normales según las normas internacionales de calidad de agua.

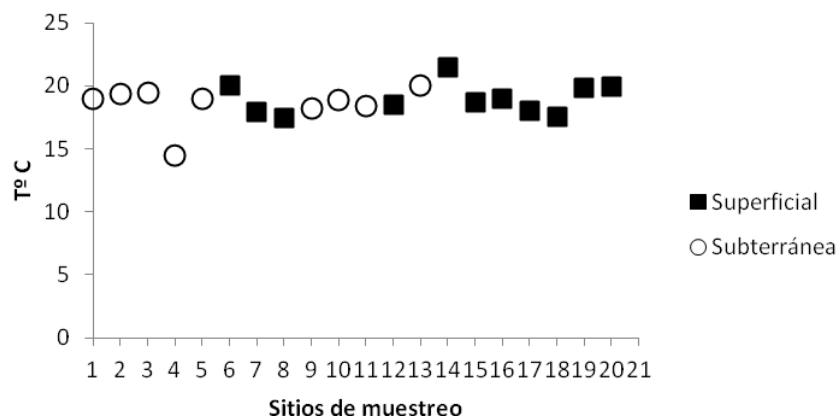
Las aguas superficiales presentaron mayores concentraciones de  $\text{HCO}_3^-$ . No se encontraron grandes diferencias en los valores de F entre aguas superficiales y subterráneas (Tabla 1). Las aguas son bicarbonatadas, lo que estaría asociado a la interacción entre el flujo local de agua subterránea y la litología del acuífero (Galindo et al., 2007). Esto coincide con lo encontrado en trabajos anteriores (Sainato et al., 2003; Amato y Busso, 2006).

Las aguas subterráneas mostraron valores de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{Cl}^-$  superiores, respecto de las superficiales.

Los valores analíticos de CE, pH y temperatura determinados in situ en el muestreo de las aguas se muestran en las figuras 5, 6 y 7.

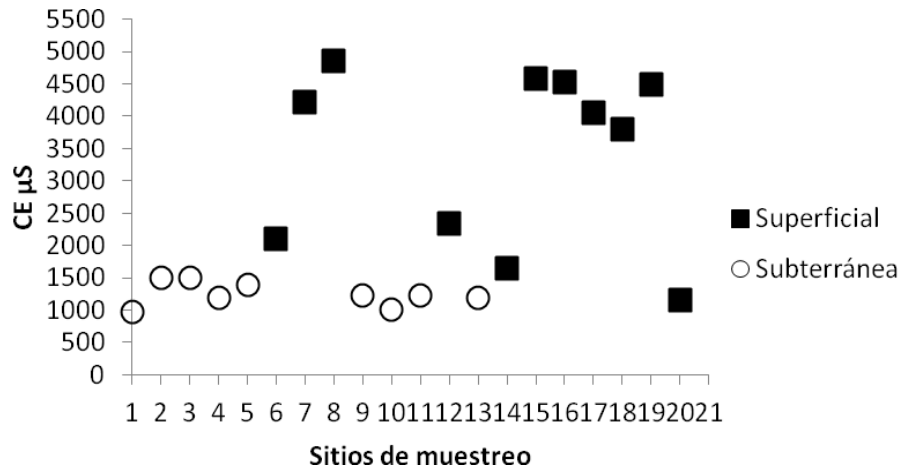
Las muestras de agua están altamente salinizadas para riego, pero no constituyen un problema para el consumo animal, en el caso de los bicarbonatos pueden tener un efecto negativo si están acompañadas por sodio como ion dominante (Heredia, 2010), valores que actualmente están en evaluación.

Los valores de ORP indican que las muestras se encuentran en el sector oxidativo y sus bajos valores están en directa relación con los valores de pH del agua. Si bien se aprecian en valores oxidativos, estos son bajos y por lo tanto la actividad microbiana y de virus en estas aguas puede ser importante, debido a que existe una fuerte correlación entre el ORP y la actividad microbiana. También podría decirse que los valores de ORP no estarían indicando que los valores de oxígeno disuelto en estas aguas es bajo según Atlas y Bartha (1993).

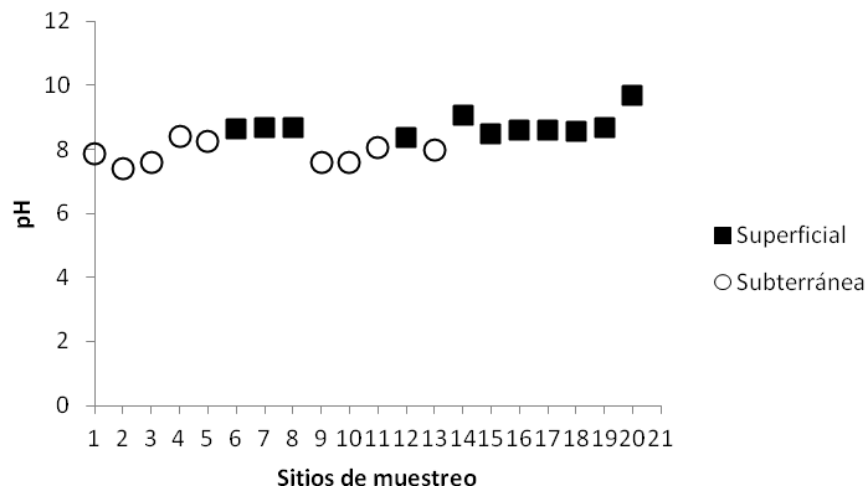


**Figura 5.-** Temperatura del agua en el momento del muestreo.





**Figuras 6.-** Variabilidad de los valores de CE de las aguas superficiales y subterráneas.



**Figuras 7.-** Variabilidad de los valores del pH de las aguas superficiales y subterráneas.

En términos generales se puede observar que las muestras superficiales presentan mayor variabilidad de los valores de CE que las subterráneas

Los valores de  $\text{NO}_3^-$  encontrados son bajos y no sería un factor de deterioro del agua. En otros trabajos se ha determinado que es el N el factor limitante de la eutrofización del agua superficial (Torti, 2014)

Del análisis de correlación de Pearson (Tabla 2) surge una correlación positiva y significativa entre el pH y carbonatos y de estos con los bicarbonatos y cloruros. La correlación entre carbonatos y bicarbonatos es lógica debido al equilibrio químico que existe en las aguas y su impacto sobre el pH de las mismas.



**Tabla 2:** Correlaciones de Pearson entre las variables analizadas en el agua.

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	CE
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,00	0,71	0,87	0,89	0,76	0,10
pH	0,09	1,00	0,08	0,28	0,41	0,22
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-0,04	0,40	1,00	0,00	0,01	0,34
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,03	0,25	<b>0,73**</b>	1,00	0,29	0,54
Cl <sup>-</sup>	0,07	-0,20	<b>-0,59**</b>	-0,25	1,00	0,61
CE	-0,38	0,29	0,23	0,15	-0,12	1,00

Leyenda: \*\* p<0,01.

El Arroyo Pergamino recibe efluentes de actividades agrícola, industrial y urbana desarrolladas a lo largo de sus márgenes, a diferencia de su afluente el Arroyo Botija, mientras que la calidad de las aguas subterráneas viene definida por el acuífero al que pertenece. El monitoreo continuo de los mismos permitirá obtener herramientas eficientes de manejo y gestión del recurso hídrico.

Se continúa trabajando en este proyecto, evaluando otros componentes del agua, niveles freáticos, y suelos.

## CONCLUSIONES

Las aguas subterráneas de la ciudad de Pergamino son del tipo bicarbonatadas, siendo una característica común en la región Pampeana, asociado con la composición de sedimento del acuífero debido a la disolución de calcita y con el intercambio de iones con minerales de arcilla.

El agua subterránea mostró valores superiores de nitratos que las superficiales, a pesar de ello, los valores son bajos no mostrando contaminación.

El agua superficial presentó valores superiores en sales, carbonatos y bicarbonatos que las subterráneas

Los valores de ORP indican que las muestras se encuentran en el sector oxidativo. Existió variabilidad en los valores de CE, no así en los valores de temperatura y pH.

Del análisis de correlación de Pearson surge una correlación positiva y significativa entre el pH y carbonatos y de estos con los bicarbonatos y cloruros.

*Agradecimientos.* Se agradece el financiamiento de los proyectos PID 0032/11 y UBACyT.

## REFERENCIAS

- Amato, S. y Busso, S., 2006. Relaciones de los acuíferos Pampeano y Puelches. 9. Rev. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n. s. 8 (1), 10.
- APHA., 1997. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *American Public Health Association*. Washington DC., USA.
- Atlas, R. M., y Bartha, R., 1993. *Microbial Ecology-Fundamentals and Applications*. Benjamin-Cummings, Redwood City, CA. (5).
- CESA. Centro de estudios Sociales y ambientales., 2004. Estudio de Caso: Pergamino. *Informe Final IAI – ENSO Argentina*. Cap. IV 35 pp.
- Galindo, G., Sainato, C., Dapeña, C., Fernández-Turiel, J.L., Gimeno, D., Pomposiello, M.C. y Panarello, H.O., 2007. Surface and groundwater quality in the northeastern region of Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. 23 (4): 336-345pp.
- Google Earth. Foto satélite de Pergamino, Pcia. de Buenos Aires. Consulta: Septiembre 2013, <http://earth.google.com>.
- Heredia, OS., 2006. El agua de riego. Criterios de interpretación, efectos sobre el suelo y la producción: 75-98. En Sainato C, Galindo G y Heredia O S. Aguas subterráneas. Exploración y utilización agropecuaria. EFA116pp.
- Heredia, OS., 2006. Calidad de agua para la bebida animal: 101-115. En Sainato C, Galindo G y Heredia O S. Aguas subterráneas. Exploración y utilización agropecuaria. EFA116pp. Herzer, H.; Celis, A., Bartolomé, M., Rodríguez, C. y Caputo, G., 2003. El manejo de cuencas y su impacto en áreas urbana: el caso de la llanura pampeana. Argentina. *III Congreso Latinoamericano de manejo de cuencas hidrográficas*. INRENA-FAO. Arequipa, Perú. 12 pp.
- INTA Cartas de Suelo de la República Argentina. 1972. Hoja 3360-32 Pergamino 106pp.
- Losinno, B., Sainato, C. y Giuffré, L., 2005. Propiedades edáficas y del agua subterránea. riesgos de salinización y sodificación de los suelos, en la zona de Pergamino-Arrecifes. *Revista Ciencia del Suelo* (23): 1. 47-58 pp.
- Manuel-Navarrete, D., Gallopin, G., Blanco, M., Diaz-Zorita, M., Ferraro, D., Herzer, H., Larterra, P., Morillo, J., Murmis, M.R, Pengue, W., Piñeiro, M., Podestá, G., Satorre, E.H, Torrent, M., Torres, F., Viglizzo, E., Caputo, M.G. y Celis, A., 2005. Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo 118*. CEPAL 65 pp.
- Portela, S., Andriulo, A., Sasal, M. C., Mary, B. y Jobbgy, E., 2006. Fertilizer vs. organic matter contribution to nitrogen leaching in cropping systems of the pampas: 15N applications in field lysimeters. *Plant Soil*. 289:265-277 pp.
- Reynoso, L. y Andriulo, A., 2009. Estado actual de la calidad del agua en la cuenca del Arroyo Pergamino. EEA Pergamino. [En línea] [http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2009/calidad\\_agua\\_cuenca\\_aperg\\_jun09.pdf](http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2009/calidad_agua_cuenca_aperg_jun09.pdf) [consulta: Marzo de 2014].
- Santa Cruz, J., 1994. Aspectos hidrogeológicos e interpretación de una nueva característica formacional de subyacencia del acuífero Puelches, Pcia. de Bs. As., Argentina. Pp. 261–272 en: E Bocanegra & A Rapaccini (eds). *Temas actuales de la hidrología subterránea*. CFI, UNMP. Mar del Plata, Argentina.
- Santa Cruz, J. N. y Busso, S., 1999. Escenario hidrogeológico general de los principales acuíferos de la Llanura Pampeana y Mesopotamia Septentrional Argentina. *II Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano-Argentino sobre temas actuales de hidrología subterránea*. Actas Tomo I, p 461-473, Tucumán, Argentina.
- Sainato, C.; Galindo, G., Pomposiello, M.C. y Malleville, H., 1997. Hidrogeología de la cuenca del Arroyo Pergamino. *Actas de la 19° Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas*. San Juan, Argentina. vol 1, 415 pp.
- Sainato, C., Losinno, B., Landini, A., Galindo, G. y Pomposiello, M.C., 2000. Prospección de los acuíferos subterráneos de la zona de Pergamino-Arrecifes, Provincia de Buenos Aires, mediante sondeos geoelectrónicos. Com. IV-51 en: *Actas del XVII Congreso Argentino de la Asociación de Ciencia del Suelo*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.
- Sainato, C., Galindo, G., Pomposiello, C., Malleville, H., de Abelleira, D. y Losinno, B., 2003. Electrical conductivity and depth of groundwater at the Pergamino zone (Buenos Aires Province, Argentina) through Vertical Electrical Soundings and Geostatistical analysis. *J. S. Am. Earth Sci*. 16, 177–186

Torti, M.J., 2014. Estado trófico del Arroyo Pergamino y su relación con el uso del suelo de la cuenca. Tesis magister en gestión del Agua, Escuela de Posgrado FCV UBA, 113 pp.

Uriburu Quirno, M., Damiano, F., Borús, J., Lozza, H. y Villareal, J., 2010. Modelación hidrológica en modo actualizado del Arroyo Pergamino. *Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*. Azul, Buenos Aires, Argentina.