

CARACTERIZACION DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO COMPLEMENTARIO EN LAS CUENCAS DE LOS ARROYOS LAS BRUSQUITAS Y EL DURAZNO, PARTIDO DE GRAL. ALVARADO

DONNA, F.¹; QUIROZ LONDOÑO, O.^{1,2}; MASSONE, H.¹ Y ROMANELLI, A.^{1,2}

1: Instituto de Geología de costas y del Cuaternario
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales- CIC
Universidad Nacional de Mar del Plata
Funes 3350
e-mail: flaviad_11@hotmail.com, massoneh@gmail.com

2: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - IMMyc
CONICET
Rodríguez Peña 4046 - Mar del Plata
e-mail: qlondono@mdp.edu.ar, asuncionromanelli@gmail.com

Resumen. *Las cuencas de los arroyos Las Brusquitas y El Durazno, ubicadas en el Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, se caracterizan por su alta productividad agrícola. Debido a la alternancia de periodos secos y húmedos que existen en la zona, los productores se ven obligados a la aplicación del riego artificial, siendo el acuífero pampeano la única fuente de agua. El objetivo de esta contribución es realizar una caracterización hidroquímica del agua subterránea del área, definiendo su aptitud para riego, teniendo como base las pautas para la aplicación de directrices ofrecidas por la F.A.O (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Se definieron cinco condiciones de aptitud de agua para riego en el área de estudio, resultando la mayor superficie a las condiciones de media a baja.*

Palabras clave: Riego, acuífero pampeano, aptitud, hidroquímica

1. INTRODUCCIÓN

El sudeste de la Provincia de Buenos Aires es reconocido como una zona de alta productividad agrícola en la Argentina. Desde el punto de vista morfoclimático, corresponde a un área húmeda, con bajas a muy bajas pendientes topográficas (en su gran mayoría menores al 1%) acompañadas de una muy baja densidad de drenaje y donde el recurso hídrico subterráneo es habitualmente la única fuente de aprovisionamiento. La alternancia de periodos climáticos secos y húmedos documentada inicialmente por [1], obliga a los productores de la región a utilizar herramientas que permitan adecuarse a las condiciones la solución más frecuente en épocas de déficit de lluvias convirtiéndose en una práctica cada día más común.

El riego se define como una aplicación artificial de agua al terreno que trata de suplir las necesidades básicas de las plantas en pro de su adecuado desarrollo y producción. Puede realizarse por gravedad, utilizándose la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución de agua o por aspersión, donde el agua se aplica imitando a la lluvia. Para que el riego suplementario cumpla adecuadamente su cometido, y no genere

impactos negativos como el aumento/descenso del acuífero hasta niveles perjudiciales, tanto para los cultivos como para la captación de agua subterránea [2], o se afecte la calidad química del agua subterránea, y/o la estructura del suelo, deben realizarse tareas de monitoreo y seguimiento que permitan definir el estado del recurso y generar pautas para un aprovechamiento sustentable del mismo.

El objetivo de esta contribución es realizar la caracterización hidroquímica del agua subterránea del área, definiendo su aptitud para riego, teniendo como base las pautas para la aplicación de directrices ofrecidas por la F.A.O (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). La información aquí generada servirá como herramienta en la gestión y protección del recurso hídrico en la región.

2. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a un sector del sudeste bonaerense, específicamente a las cuencas de los arroyos Las Brusquitas y El Durazno, abarcando una superficie de 310 km². Se ubica entre los 37,97° y 38,27° de Latitud Sur y los 57,7° y 57,9° de Longitud Oeste (Figura 1). Dentro del área se encuentran las localidades de Comandante Nicanor Otamendi y Miramar, además de los parajes El Boquerón y La Polola.

Geomorfológicamente, la zona comprende un sector de sierras al NO, ambientes periserranos en su parte central, y culmina en la llanura fluvioeólica en la zona costera. Las máximas alturas se ubican en la Sierra La Peregrina con 190 msnm. La misma presenta una forma tabular y un sector cuspidal plano. En la zona Periserrana se reconocen lomadas amplias y de formas irregulares con alturas de hasta 140 msnm. La zona de llanura se extiende con pequeñas ondulaciones hacia la costa [3].

El clima de esta región es de tipo templado-húmedo, las precipitaciones medias anuales, presentan un módulo pluviométrico anual de 955 mm, para el periodo 1971 – 2001. Para el período 1951-1990, los balances hídricos, realizados mediante el método de Thornthwaite, han permitido estimar que el “exceso” de agua, variaría entre 152,7 mm y 181,9 mm anuales [4].

El principal acuífero de la región es el acuífero Pampeano [5]. Este acuífero además de ser fuente de abastecimiento de agua potable para la gran mayoría de las ciudades y localidades de la región, presenta una gran injerencia sobre los arroyos y ríos, ya que la mayoría de ellos poseen un comportamiento efluente en su recorrido ([6]; [7]; [8]).

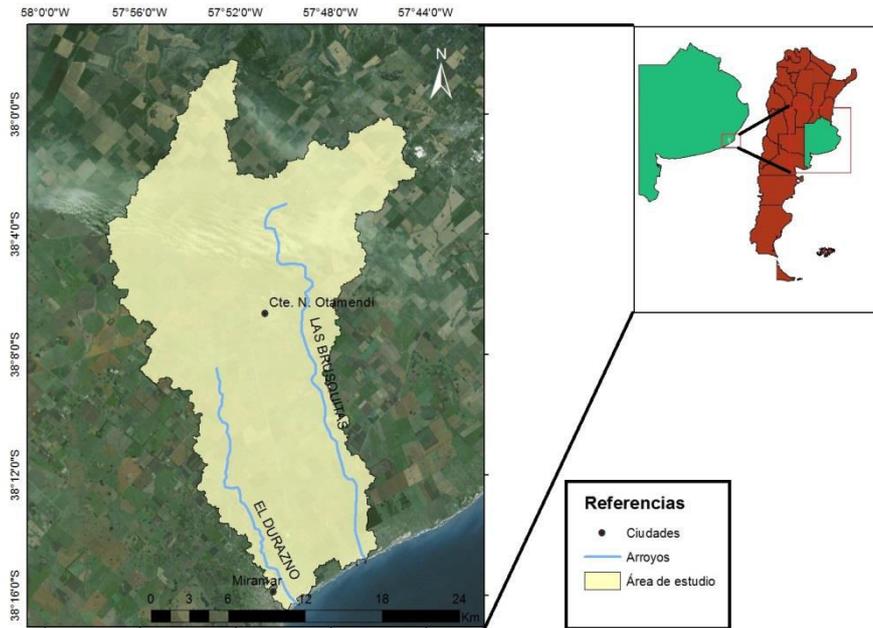


Figura 1. Localización del área de estudio

El acuífero presente en la zona es el Pampeano. Este acuífero es de tipo libre a semilibre, con espesores que pueden alcanzar los 200 m; constituido por sedimentos limo-arenosos cuaternarios (Varela y Teruggi, 2001) [9]. El basamento hidrogeológico está conformado por las ortocuarcitas de la formación Balcarce (Amos et al., 1972) [10], que afloran en las sierras que limitan la zona al norte y/o por rocas ígneo-metamórficas del basamento cristalino precámbrico (Dalla-Salda et al., 2005) [11].

El flujo subterráneo tiene una dirección noroeste-sudeste, desde la zona de sierras hacia la costa atlántica. La recarga del acuífero está dada por el exceso de las precipitaciones.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para esta investigación se realizó un muestreo de aguas subterráneas durante el año 2016, en el cual se incluyeron 30 captaciones de agua subterránea, la mayoría de ellas, pozos de riego. Dichas muestras fueron tomadas a la profundidad media de la columna de agua en el pozo, usando un bailer. Se midió in situ, el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura del agua. En el laboratorio se determinaron los iones mayoritarios (calcio, sodio, magnesio, cloruro, bicarbonato y sulfato) siguiendo la metodología detallada por APHA (1992) [12].

El Total de Sólidos Disueltos (TSD) y la Relación de absorción de sodio (RAS) se calculó usando el programa AQUACHEM (Calmbach y Waterloo Hydrogeologic Inc., 2003) [13]. Se construyeron los mapas de isovalores para los parámetros físico-químicos relevados utilizando el software QGIS 2.14.12 [14]. Utilizando el método de interpolación inverso a

la distancia (IDW), y luego se reclasificaron según las pautas para la aplicación de las directrices de la FAO (Ayers y Westcot, 1985) [15] (Tabla 1), definiendo el grado de restricción del uso de agua para riego, dando un valor de 1 a la condición de ninguno, 2 a ligero a moderado y 3 a severo.

Toda la información SIG cartográfica fue proyectada en el sistema Gauss Kruger, faja 6 (Campo Inchauspe) y migrada al sistema de información del grupo de hidrogeología de la UNMdP. El tamaño de pixel utilizado fue de 200x200.

Por último, usando el álgebra de mapas y utilizando los mapas reclasificados correspondientes a los parámetros más relevantes para evaluar la aptitud del agua subterránea para riego, se elaboraron dos Mapas finales que delimitan Áreas de Aptitud del Agua para Riego por Aspersión (MAARA) y por Gravedad (MAARG). Dichos mapas fueron clasificados en 5 categorías que denotan la mayor a menor aptitud de agua para riego.

Los mapas de aptitud del agua para riego finales se pueden calcular utilizando las siguientes fórmulas:

$$MAARA = CEr \times TSDr \times RAS - CEr \times RASr \times Clr \times HCO3r$$

Donde MAARA es el mapa de aptitud de agua para riego por aspersión por unidad de mapeo (pixel) y r es la calificación para cada parámetro.

$$MAARG = CEr \times TSDr \times RAS - CEr \times RASr \times Clr \times HCO3r$$

Donde MAARG es el mapa de aptitud de agua para riego por gravedad por unidad de mapeo (pixel) y r es la calificación para cada parámetro.

| Problema potencial | Unidades | Grado de restricción | | |
|----------------------------------|----------|----------------------|-------------------|--------|
| Salinidad | | Ninguno | Ligero a Moderado | Severo |
| Conductividad eléctrica (CE) | dS/m | <0.7 | 0.7-3 | >3 |
| Total de Sólidos disueltos (TSD) | mg/l | <450 | 450-2000 | >2000 |
| Infiltración | | | | |
| RAS: 0-3 y CE | dS/m | >0.7 | 0.7-2 | <0.2 |
| RAS: 3-6 y CE | dS/m | >1.2 | 1.2-0.3 | <0.3 |
| RAS: 6-12 y CE | dS/m | >1.9 | 1.9-0.5 | <0.5 |
| RAS: 12-20 y CE | dS/m | >2.9 | 2.9-1.3 | <1.3 |
| RAS: 20-40 y CE | dS/m | >5 | 5-2.9 | <2.9 |
| Toxicidad de Iones | | | | |
| Riego por gravedad: | | | | |
| Sodio (Na ⁺) RAS | | <3 | 3.0 - 9.0 | >9 |
| Cloro (Cl ⁻) | meq/l | <4 | 4.0 - 10 | >10 |
| Riego por aspersión: | | | | |
| Sodio (Na ⁺) RAS | | <3 | >3 | |
| Cloro (Cl ⁻) | meq/l | <3 | >3 | |
| Efectos diversos | | | | |
| Nitrógeno (Nitrato) | mg/l | <5 | 5.0-30.0 | >30 |
| Bicarbonato (HCO ³⁻) | meq/l | <1.5 | 1.5-8.5 | >8.5 |

TABLA 1. Pautas para la aplicación de las Directrices de la F.A.O

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo las pautas de la FAO para la restricción del uso del agua subterránea de acuerdo a su calidad para riego, se obtuvieron los siguientes resultados:

Conductividad eléctrica (CE): los valores varían de 0,593 dS/m a 1,260 dS/m. El aumento en general sigue el sentido del flujo subterráneo (NO-SE), aunque también se observa un incremento en dirección este-oeste. El 99% del área presenta una restricción de ligero a moderado, el 1% restante se localiza en el sector norte de la zona y no presenta restricción para el parámetro en consideración (Figura 2a).

Total de sólidos disueltos (TSD): los valores varían de 689 mg/l a 1610 mg/l. Se observa el mismo comportamiento que la conductividad eléctrica. El grado de restricción para toda el área es ligero a moderado (Figura2b).

Existen dos factores que pueden alterar la permeabilidad del suelo, la baja salinidad del agua de riego y la alta proporción de sodio [15]. Es por esto que dichos parámetros (la RAS y la CE) son analizados en forma conjunta. En el área, el grado de restricción es nula en algunos sectores de NO y centro y es ligero a moderado en la mayor parte del área (Figura 2c).

La productividad de los cultivos es afectada de diferente manera por el *sodio* y el *cloruro* dependiendo el tipo de riego que sea aplicado. En este sentido fueron evaluadas las restricciones por gravedad y por aspersión en la zona.

Riego por gravedad: Para este tipo de riego, el sodio genera una restricción ligera a moderada en la mayor parte del área, a excepción de una pequeña superficie en la zona norte y en el sector próximo a la localidad de Nicanor Otamendi (Figura 2d). En cuanto al cloruro, no presentaría ningún riesgo en todo el área, ya que su concentración es menor a 4 meq/l (Figura 2e).

Riego por aspersión: La restricción por sodio genera un mapa igual al de riego por gravedad (Figura 2f). Por otro lado, el ion cloruro, genera una restricción ligera a moderada en el sector sur del área (Figura 2g).

Bicarbonato: va en aumento el grado de restricción de NE a SW. Los valores varían de 5,72 meq/l a 13,6 meq/l. (Figura 2h).

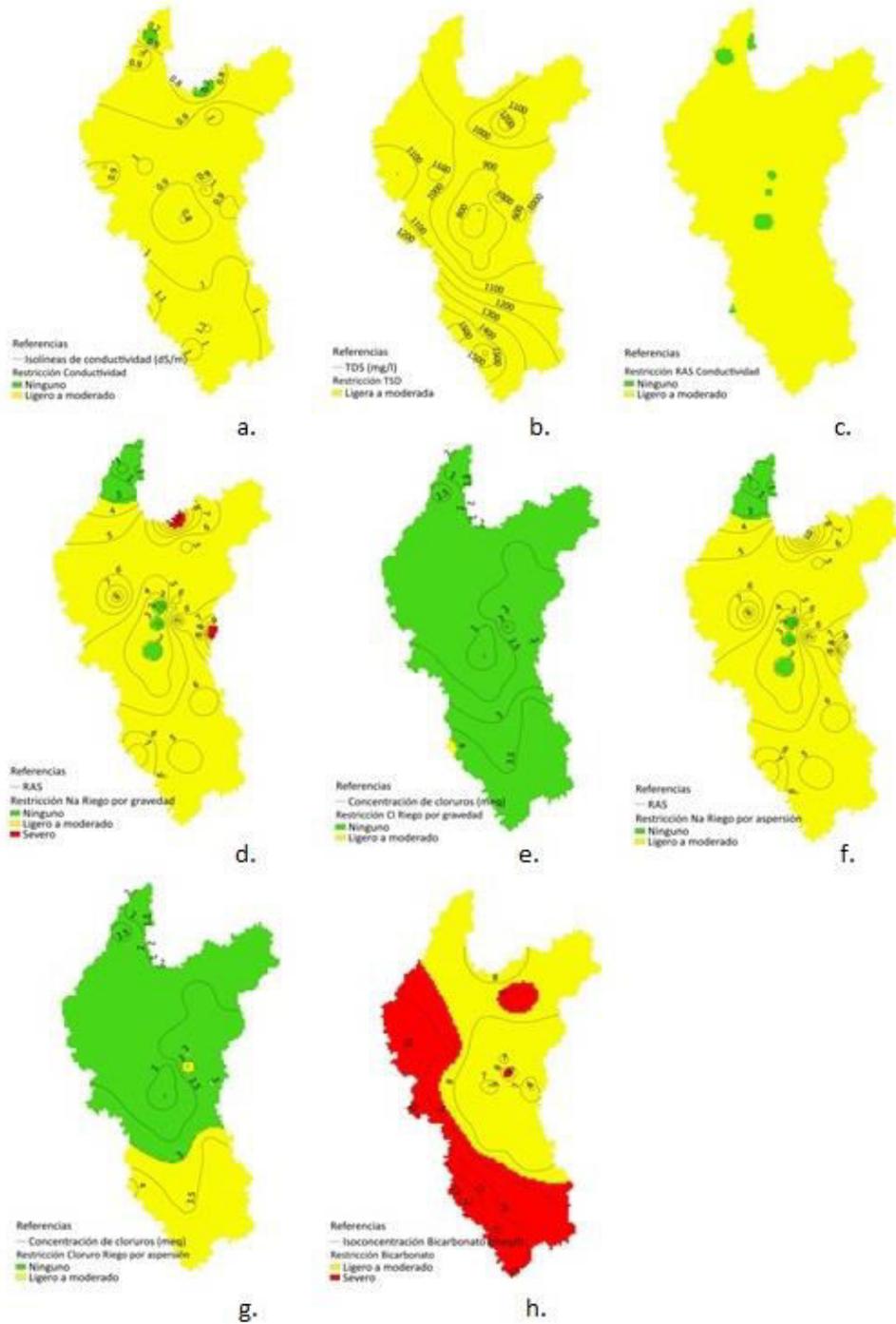


Figura 2

La combinación de los mapas de Conductividad, TSD, RAS-Conductividad, Sodio y Cloruro, dan como resultado dos mapas que delimitan 5 condiciones de aptitud de agua para riego por aspersión (Figura 3a) y por gravedad (Figura 3b). La mayor parte del área presenta una aptitud de moderada a baja (Tabla 2).

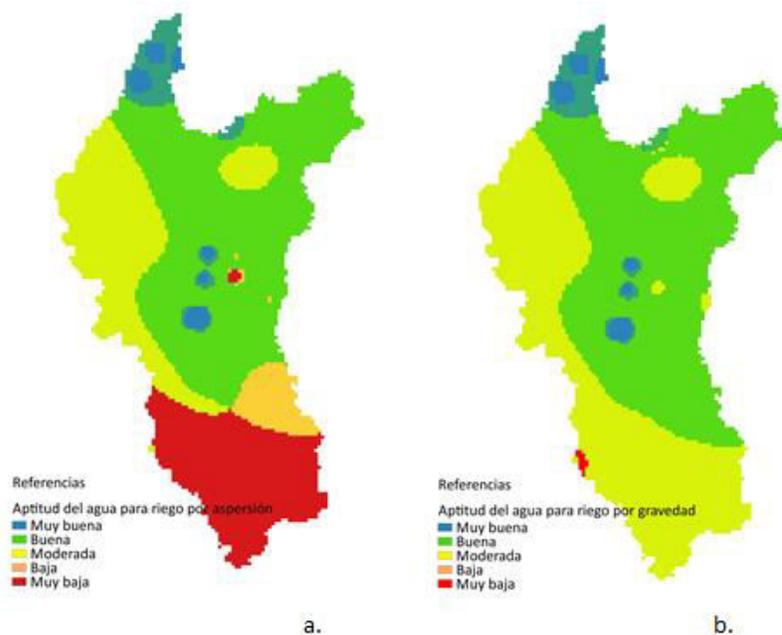


Figura 3.

| Aptitud | Área (km ²) | |
|-----------|-------------------------|--------------------|
| | Riego por aspersión | Riego por gravedad |
| Muy buena | 6.65 | 6.65 |
| Buena | 12.45 | 11.28 |
| Moderada | 144.4 | 159.39 |
| Baja | 83.26 | 131.96 |
| Muy baja | 63.2 | 0.68 |

Tabla 2.

La descripción de cada categoría de aptitud de agua para riego es la siguiente:

1: Este sitio tiene una MUY BUENA aptitud para riego. No se observan efectos perjudiciales debido a la alta calidad del agua subterránea.

2: Este sitio tiene una BUENA aptitud para riego. Si las prácticas agrícolas se mantienen en el nivel actual, la probabilidad de un impacto adverso a los recursos hídricos y al suelo sería baja.

3: Este sitio tiene una MODERADA aptitud para riego. La probabilidad de un impacto adverso a los recursos hídricos y al suelo es mayor que la de un sitio verde. Algunas medidas correctivas se deben tomar para disminuir la probabilidad de problemas de salinidad.

4: Este sitio tiene una BAJA aptitud para riego. Hay una alta probabilidad de un impacto adverso a los recursos hídricos, a menos que se tomen medidas. La conservación del suelo y agua, así como las prácticas de gestión son necesarias para reducir el riesgo de peligro de salinidad, y la degradación de la calidad del agua y la probable pérdida de la estructura del suelo.

5: Este sitio tiene una MUY BAJA aptitud para riego. La probabilidad de un impacto adverso a los recursos de agua es muy alta. Se requieren medidas correctivas para reducir el riesgo de problemas de salinidad, la degradación de la calidad del agua y la pérdida de la estructura del suelo. Es necesario prácticas de conservación del agua y de suelo además de un plan de manejo que busque reducir el potencial de la degradación de la calidad del agua. Se requiere un monitoreo del suelo y de la calidad del agua para riego.

5. CONCLUSIONES

Dentro del área de estudio, podemos observar que en general el grado de restricción del uso de agua para la mayoría de los parámetros es ligero a moderado, dando como resultado en los mapas de aptitud una mayor superficie con aptitud de agua para riego moderada a baja (74 % del área para riego por aspersión y 94% para riego por gravedad). La aptitud muy baja está dada por la alta concentración de bicarbonatos en combinación con el contenido de cloruros, que es mayor, próximo a la zona costera (SE).

Se espera que esta propuesta metodológica pueda ser aplicada en zonas de llanura con características similares, y que la información proporcionada sea útil para mejorar el manejo de los recursos hídricos y la ordenación del territorio. Los resultados obtenidos a partir de los mapas finales, basados en el SIG, pueden prevenir el deterioro del suelo y del agua, y por lo tanto, contribuir a la gestión sostenible de estos recursos naturales.

La metodología propuesta incluye parámetros fácilmente medibles y usados comúnmente en los estudios hidrogeológicos que pueden analizarse espacial y temporalmente. Permite comparar y monitorear los cambios en la aptitud del agua subterránea para el riego, facilitando la toma de decisiones para la protección del suelo y la producción agrícola.

6. REFERENCIAS

- [1] Ameghino F. “Notas sobre cuestiones de geología y paleontología argentinas”. Boletín del Instituto Geográfico Argentino 17: pp. 87–119; (1896).
- [2] Ayars, J.E., Christen et al. “The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture: a review”. Irrigation Science 24, pp. 147-160; (2006).
- [3] Kruse, Eduardo. “Aspectos geohidrológicos de la región sudoriental de Tandilia-Cuencas de los Aos. Vivoratá, Las Brusquitas y El Durazno”. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Tomo XLI (3-4), pp. 367-374; (1986).
- [4] Cionchi, José L et al; “La explotación racional de los recursos hídrico subterráneos en el partido de General Pueyrredón (Buenos Aires-Argentina). El caso de Obras Sanitarias Mar del Plata S.E.” (2000)
- [5] Sala, J. M. “Recursos Hídricos, Especial Mención de las Aguas Subterráneas”. Relatorio Geología de la Pcia. de Buenos Aires. IV Congreso Geológico Arg; pp. 169 - 193;(1975).
- [6] Quiroz Londoño et al.; “Modelación matemática de flujo subterráneo en un sector de la llanura interserrana bonaerense, provincia de Buenos Aires”. VI Congreso Nacional de Hidrogeología y IV Seminario hispanoamericano de Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea; ISBN 978-987-1082-36-7; pp; 541 – 550; (2009)
- [7] Martínez, D. Quiroz Londoño et al. “Aportes al modelo hidrogeológico conceptual de la cuenca del río Quequén grande, provincia de Buenos Aires”. V Congreso de Hidrogeología y III Seminario hispanoamericano de Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea; pp. 262 - 271. ISBN 978-987-23936-3-2;(2007).
- [8] Kruse, E. et al.; “Caracterización de la Red de Drenaje para la Evacuación Hidrológica en la Región Interserrana (Provincia de Buenos Aires)”. Actas del I Congreso Nacional de Hidrogeología y II Seminario Hispano – Argentino sobre Temas Actuales de Hidrología Subterránea; pp. 133 – 145; (1997).
- [9] Varela L. y Teruggi, L. “Caracterización hidrológica de la cuenca del río Quequén Grande, provincia de Buenos Aires”. Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas Planificación Territorial. Vol. 1, pp. 19-29; (2001).
- [10] Amos A.J et al; “El grupo “La Tinta” (provincia de Buenos Aires) ¿Paleozoico o Precámbrico?” XXV Congr. Bras. Geol., Vol. 1, núm. 1; pp. 211-221 (1972).
- [11] Dalla Salda, L et al; “El Basamento de las Sierras de Tandilia. Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del 16° Congreso Geológico Argentino IV, pp. 31-50; (2005)
- [12] APHA. “Standard methods for the examination of water and wastewater”. 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC, 1100 p; (1992).
- [13] Calmbach y Waterloo Hydrogeologic. Water Quality Data Analysis, Plotting, y Modeling; Aquachem User’s Manual v.4.0., Co-Developed by Lukas Calmbach and Waterloo Hydrogeologic, Inc., United States of America, 276 p.(2003)
- [14] Quantum Gis Development Team 2016. Quantum GIS. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. [Http//qgis.osgeo.org](http://qgis.osgeo.org)
- [15] Ayers, R.S. y Westcot, D.W.; “Water quality for agriculture”. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.1, 174 p (1985).