

**Monitoreo de niveles estáticos y de calidad  
de aguas para riego - Sistema Acuífero Salto/Arapey  
Primavera 2013 - 2014  
Departamento de Salto – Uruguay**



*Foto: detalle sistema de riego en pozo #208 (USA 9) – El Tropezón*

**DIRECCION NACIONAL DE MINERIA Y GEOLOGIA**  
**Ministerio de Industria, Energía y Minería**

Área Geología – División Hidrogeología

Montevideo, marzo de 2015

*Abelenda, E; Pintos, V; Pena, S; Massa, E.*

## Monitoreo de niveles estáticos y de calidad de aguas para riego Sistema Acuífero Salto/Arapey

Primavera 2013 - 2014

Departamento de Salto – Uruguay

*Abelenda, Esteban; Pintos, Valentina; Pena, Sergio; Massa, Enrique*  
Área Geología – División Hidrogeología  
**MARZO de 2015**

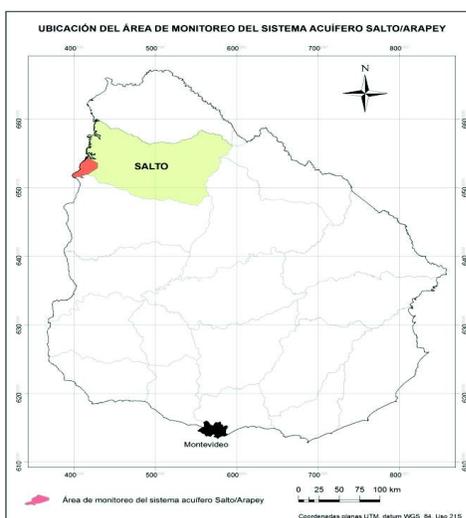
### **INTRODUCCION y ANTECEDENTES**

En el mes de setiembre de 2014 se realizó la gira de monitoreo de niveles estáticos del sistema acuífero Salto/Arapey. En este informe se presenta el estudio comparativo para el período comprendido entre los meses de setiembre de 2013 y setiembre de 2014.

El objetivo de este monitoreo es poner a disposición pública información referente al estado dinámico y el comportamiento de las aguas subterráneas del sistema acuífero indicado como contribución de DINAMIGE a brindar información para la gestión de los recursos naturales. Este monitoreo se lleva a cabo desde el año 1996, habiendo comenzado con el financiamiento del Proyecto de Riego PRENADER.

En esta gira, con el apoyo logístico de la Regional Salto del área Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) y del Laboratorio de Suelos y Aguas del MGAP, se analizaron 19 muestras de aguas de pozo para presentar una interpretación de mapas de calidad de las aguas subterráneas con fines agropecuarios. Asimismo se realizó un doble muestreo de los pozos para, también, ser analizados en el Laboratorio de Tecnogestión del Ministerio de Industria, Energía y Minería.

El presente trabajo se focalizó en el área de producción hortifrúcticola del departamento de Salto, la cual básicamente está distribuida a manera de anillo en torno a la capital departamental (*Figura N° 1*)



**Figura N° 1** – Mapa de ubicación del sistema acuífero Salto / Arapey

### **Contexto del ambiente geológico e hidrogeológico monitoreado**

Tomando como base el informe de la *Consultora CONSUR para el Proyecto de Riego PRENADER* de enero de 1995, se monitorean dos ambientes hidrogeológicos diferentes:

- *Al Norte y Este de la capital de Salto se encuentra el de mayor extensión; se conforma por un sistema acuífero Salto / Fray Bentos / Arapey, donde las areniscas de la Formación Salto tienen una expresión máxima de 20 metros de espesor y se comportan como acuífero, aunque la porosidad primaria se encuentra limitada por silificación secundaria entre clastos. Subyacente a éstas pueden aparecer los limos y arcillas de la Formación Fray Bentos, ya que se deposita sobre la paleotopografía existente en el basalto y ha sido, posteriormente, erosionado. El espesor o potencia de esta formación, es del orden de los –máximo- 20 metros, sobretudo hacia el Río Uruguay, entre el Aº San Antonio al N y el Aº Ceibal al S. Se comporta como no acuífero debido a que los poros de las partículas constituyentes no se encuentran interconectados. Por debajo de la formación anterior se encuentran las lavas básicas o basaltos de la Formación Arapey, que se trata de un acuífero en rocas duras, fisurado y alterado. En la zona y asociado a las areniscas de Salto, constituyen el principal sistema acuífero de soporte del riego en las explotaciones hortifrutícolas en producción. Hacia el Este, desaparecen los depósitos de Fray Bentos, siendo la sucesión estratigráfica Salto / basalto de Arapey, para luego dominar únicamente la presencia de las lavas de Arapey. La superficie del área monitoreada es del orden de los 400 km<sup>2</sup>.*
- *Al Sur de la ciudad de Salto, en los parajes de Arenitas Blancas, Corralitos y Nueva Hespérides, las formaciones geológicas presentes se conforman de una importante cobertura de limos pardos (Pleistoceno), asociados a la Formación Libertad/Dolores (unidad informal Nueva Hespérides, según CONSUR), que es el soporte del suelo cultivable. Por debajo de estos sedimentos se halla la mencionada Formación Salto y como piso, las areniscas rojizas y blancas de la Formación Guichón. El comportamiento y rendimiento hidrogeológico de las perforaciones en este conjunto sedimentario, es de menor productividad que en la zona anterior debido al carácter arcillo-carbonático y de ópalo en el cemento en los sedimentos. Asimismo es frecuente la presencia de arena muy fina, que no es retenida por los filtros de los pozos, enturbiando el agua de los mismos y provocando problemas en las bombas sumergibles. No obstante ello, para mejorar la calidad de la información, se deben incorporar nuevos puntos de observación (pozos) con información consistente para esta zona (perfil geológico y datos hidráulicos). Sondeos geofísicos realizados, indican que los basaltos se encuentran entre 60 y 80 metros de profundidad según el método utilizado. La superficie monitoreada de esta porción del acuífero es de 100 km<sup>2</sup>.*

*El paleorrelieve del basalto como del conjunto sedimentario post basalto ha estado controlado geoestructuralmente por fracturas de rumbo SE – NW (arroyo San Antonio y bucles del río Daymán) y su conjugada SW - NE (río Uruguay en Corralitos – Arenitas Blancas), y el basculamiento de un bloque de basalto hacia el WNW entre los cursos de agua mencionados, lo cual explica la ocurrencia de los depósitos de loess de Fray Bentos en el área mencionada y no en las restantes. La superficie total de monitoreo, zonas N y S es de unos 500 km<sup>2</sup>.*

*La Formación Salto está constituida por depósitos fluviales de por areniscas y conglomerados atribuidos al Mio-Plioceno (Cenozoico 5.3 M.A, en tanto los basaltos de la Formación Arapey tienen una edad entre 120 y 150 M.A (Jurásico - Cretácico).*

### **TRABAJO DE CAMPO**

Los trabajos realizados durante la salida de campo, la cual tuvo lugar en setiembre de 2014, consistieron en el monitoreo en la red de pozos instalada por DINAMIGE en el área del sistema acuífero, tanto de niveles estáticos como extracción de muestras de agua para análisis. En esta oportunidad en el monitoreo de aguas participó personal de RENARE del MGAP, en la extracción de muestras para su envío al Laboratorio de Suelos y Aguas del citado ministerio, con el fin de establecer mapas de calidad de agua subterránea para riego (*Figura Nº 2*)

Como resultado se relevaron 26 puntos de observación, que componen la red de monitoreo de DINAMIGE. Se pudo medir nivel estático al 92% de los pozos y se muestrearon 19 pozos (73% del total de la red) para realizar análisis de calidad de agua. 15 pozos fueron muestreados directamente y 4 por medio de una sonda. A su vez, se realizó en campo la

determinación de los parámetros Conductividad Específica, pH y temperatura para las muestras de agua extraídas. Los análisis realizados a las muestras de agua fueron exclusivamente físico-químicos, no habiéndose realizado análisis microbiológicos ni de agroquímicos en agua.



**Figura N° 2** – Muestreo en #75 – Colonia Garibaldi

## **CONCLUSIONES**

El área monitoreada del sistema acuífero Salto/Arapey es de 500 km<sup>2</sup>, representando la densidad de puntos de la red un punto de monitoreo cada 19 km<sup>2</sup>, lo que se condice con la normativa internacional de la WMO (*World Meteorological Organization*) de un pozo entre los 5 y 20 Km<sup>2</sup>

Con la información obtenida se realizó un análisis comparativo entre los niveles estáticos del monitoreo anterior (setiembre 2013) y el realizado en setiembre 2014, habiéndose trabajado con un universo comparable de 20 pozos del total.

En relación a las variaciones de los niveles estáticos entre setiembre 2013 – setiembre 2014 (*Figuras N° 5 y 6 del Anexo*), se tiene que:

- 55 % de los pozos han mantenido el mismo nivel o han aumentado hasta 0,50 m su nivel estático.
- 25% de los pozos han tenido recuperaciones de nivel entre 0.50 m hasta 1,0 metro
- 10 % han tenido una recuperación mayor a 1,0 metro.
- 10 % disminuyeron su nivel estático en valores inferiores a 0,5 m.

Una interpretación de esta recuperación de los niveles estáticos reflejaría el ingreso al sistema de agua proveniente de las lluvias ocurridas en el periodo y una menor intensidad de extracción de agua subterránea mediante bombeo de pozos. Las precipitaciones en los meses a setiembre de 2014, superó en casi cinco veces la precipitación ocurrida en el otoño – invierno del año anterior, de 55 mm en 2013 a 235 mm (*Fuente: INIA – Banco de datos meteorológicos- Estación Salto*).

Los niveles estáticos que se han mantenido o recuperado se ubican principalmente en la zona de Colonia 18 de Julio, en la porción norte y este del sistema acuífero, registrándose las mayores recuperaciones al N de Ruta 31 – Av. Barbieri, al E de Ruta 3 vieja (Av. Blandengues) y al sur del curso del Arroyo San Antonio Grande.

Los niveles estáticos que han descendido ocurren en Colonia Garibaldi y en Playa Corralito al SW del sistema acuífero; los descensos no son significativos.

Se concluye por tanto que en el período considerado, para el 90% de los pozos medidos, los niveles estáticos del agua subterránea se mantuvieron o, incluso se recuperaron, atribuyéndose los mismos al exceso de lluvias respecto a la media y a la menor extracción de agua subterránea para riego como consecuencia de lo anterior. (Figura N° 6 del Anexo)

En relación con los aspectos hidroquímicos, se muestreó el 73% de la red de monitoreo, extrayéndose 38 muestras de agua (dos de cada perforación) que fueron remitidas al Laboratorio de Suelos y Aguas del MGAP a efectos de su clasificación referida a la calidad de agua para riego y al Laboratorio de Tecnogestión para un análisis físico-químico completo. Una vez procesados los resultados, copia de los análisis puntuales se distribuirán a los productores que permitieron la extracción de muestras de sus perforaciones.

En la Figura N° 7 del Anexo se presenta el mapa de Relación de Adsorción de Sodio (RAS) del área de monitoreo y las líneas de isovalores de Conductividad Específica.

A nivel regional y a la escala del presente muestreo, el mapa que se presenta pondera el riesgo de alcalinización que tienen los suelos en función del índice de Relación Adsorción Sodio (RAS) o SAR (en inglés). Este parámetro refleja la posible influencia del ion sodio (Na) sobre las propiedades del suelo que tiene efectos dispersantes sobre los coloides y afecta a su permeabilidad. Sus efectos no dependen sólo de la concentración en sodio sino también del resto de cationes. Si en una agua predomina el ion sodio, inducirá cambios de calcio y magnesio por sodio en el suelo, lo que podría llevar a la degradación de éste, con la consiguiente pérdida de estructura y permeabilidad del suelo.

**Fuente:** Universidad Politécnica de Catalunya.

El procesamiento de los datos de RAS siguió las pautas de la Circular N° 969 del USDA de noviembre de 1955: "Classification and Use of Irrigation Waters".

Los resultados obtenidos y graficados en el diagrama de la Figura N° 3, concluyen que la mayoría de las aguas (el 90 %) tienen las características C2 - S1, lo que indica que son aguas subterráneas de salinidad media y bajo riesgo de alcalinización de suelo, siendo su uso para riego prácticamente sin restricciones.

En tanto, el 10 % restante, se clasifican como C3 - S1, aguas con salinidad media y también baja tendencia a la alcalinización. Su utilización como agua para riego tiene algunas restricciones en suelos de drenaje deficiente. Los pozos de esta clase se ubican en la Colonia 18 de Julio, al norte de la vía férrea en Salto y al sur de Arenitas Blancas, en la porción sur del sistema acuífero. Gráficamente estos resultados se presentan en el mapa de la Figura N° 7.

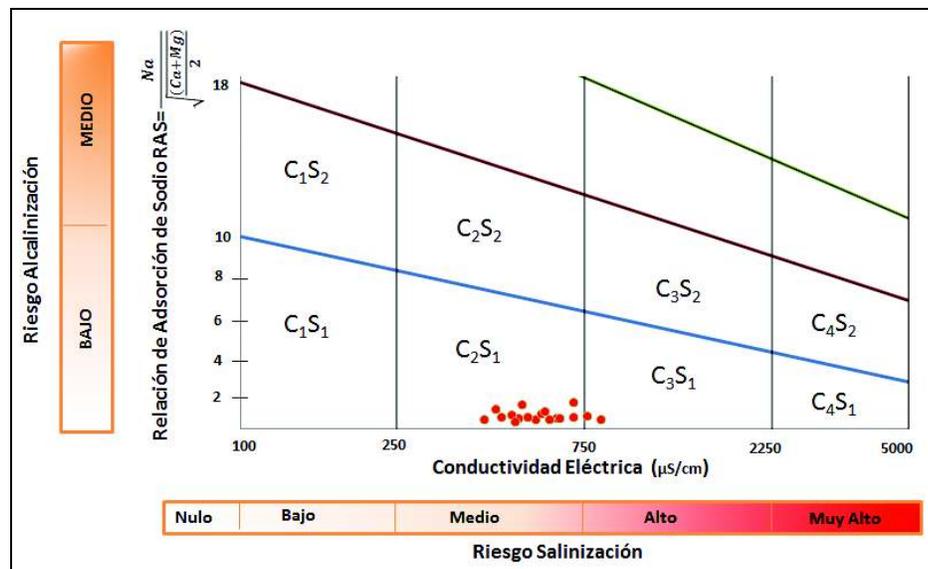


Figura N° 3– Diagrama de RAS con resultados obtenidos (USDA, 1955)

Comentario

Como comentario general, se observa que la clasificación de las aguas no ha variado en el término de 20 años puesto que los resultados obtenidos en 2014 son similares a los presentados en el informe *CONSUR – Sociedad de Consultores en 1995*. Se muestra una reproducción facsimilar de dicho documento (*Figura N° 4*).

|                      |   |
|----------------------|---|
| 1 % de las Muestras  | Categoría C <sub>3</sub> S <sub>1</sub><br>(Alta conductividad y bajo SAR)  |
| 99 % de las Muestras | Categoría C <sub>2</sub> S <sub>1</sub><br>(Conductividad media y bajo SAR) |

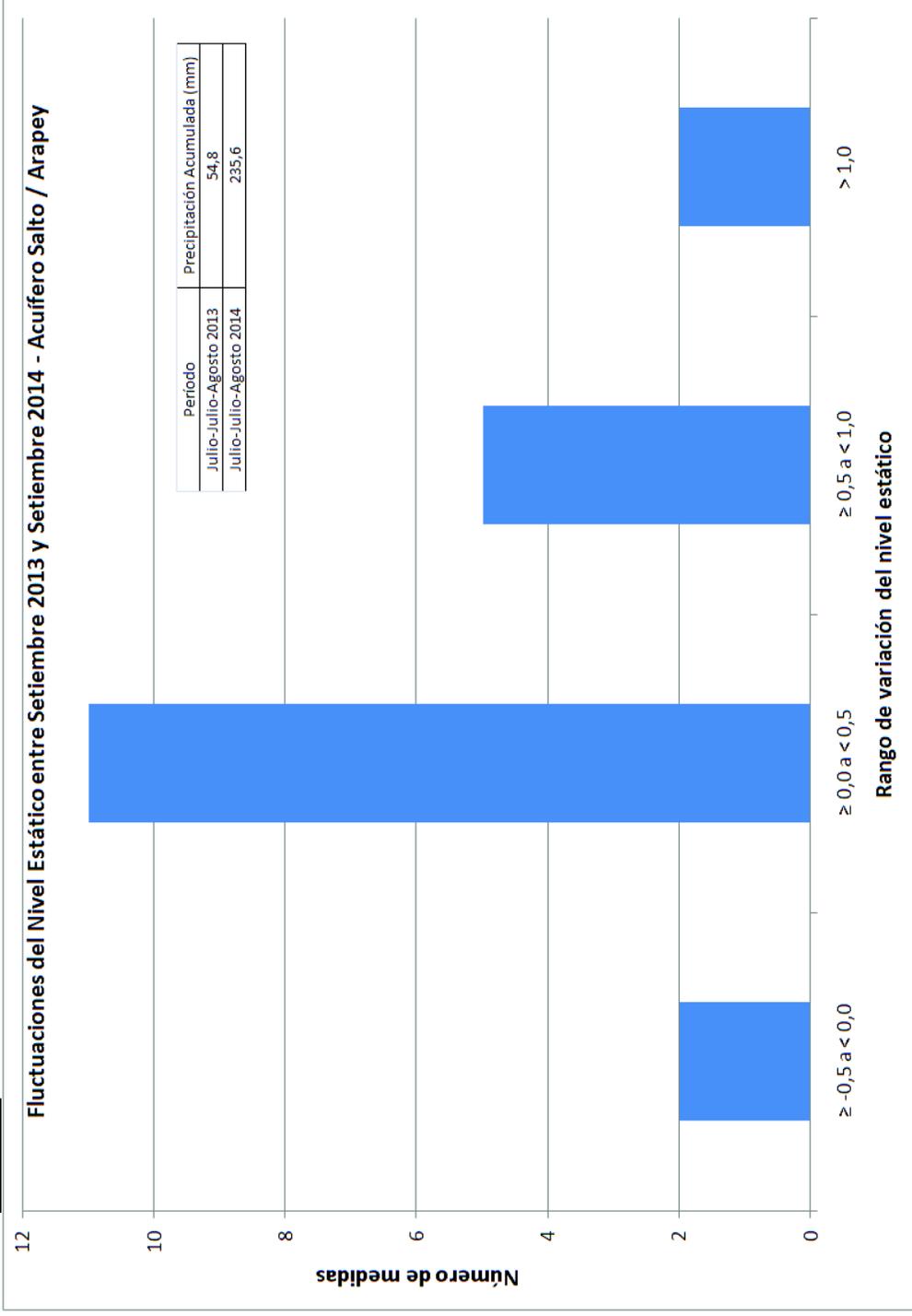
Característica de la Conductividad (C)

-C2. Agua de salinidad media. Conductividad entre 250 y 750 micromhos/cm a 25°C correspondiendo aproximadamente a 160-480 mg/l de sólidos disueltos. Puede usarse con un grado moderado de lavado. Sin excesivo control de la salinidad se pueden cultivar, en la mayoría de los casos, las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

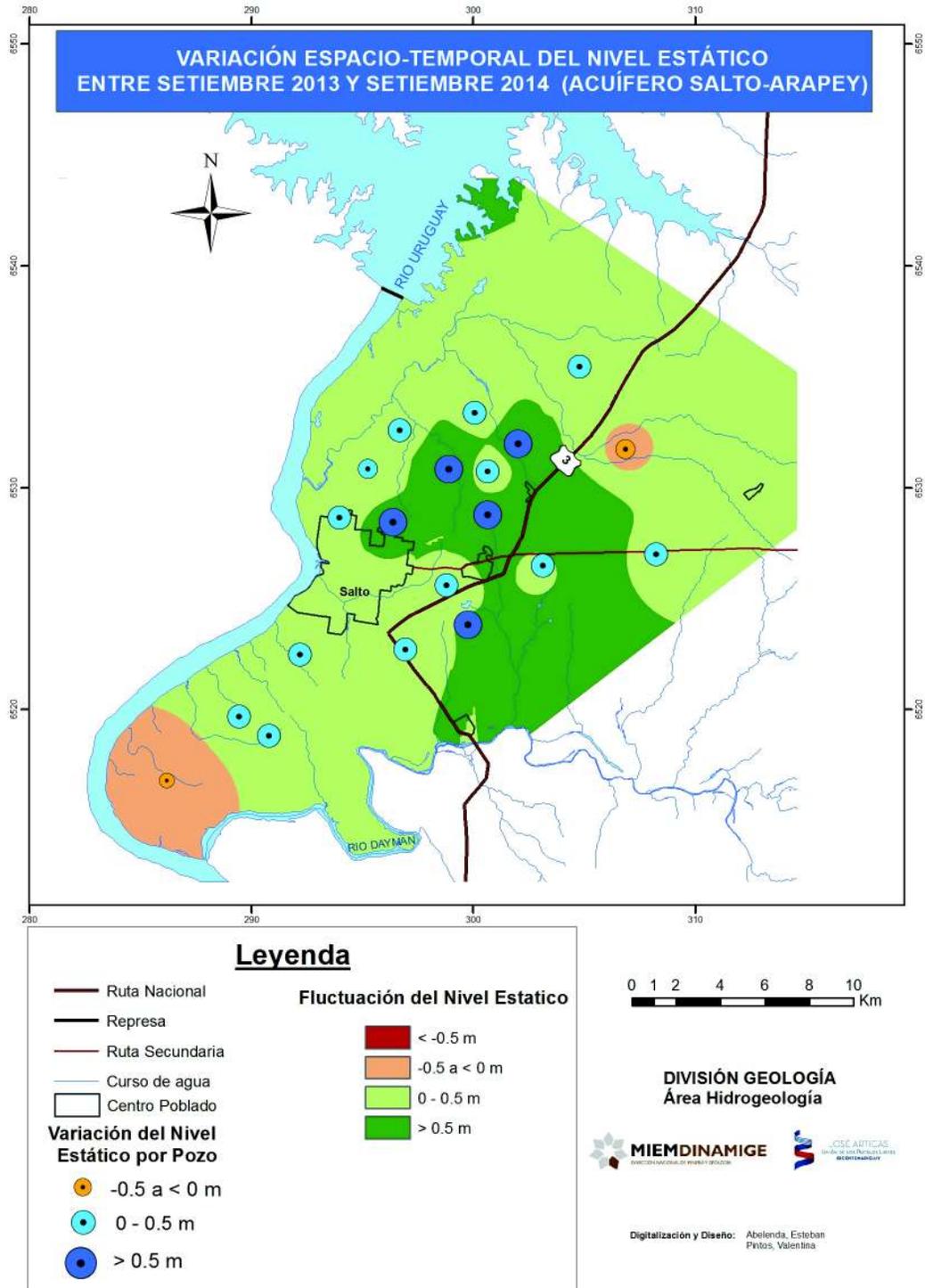
-C3. Agua altamente salina. Conductividad entre 750 y 2250 micromhos/cm a 25 °C, correspondiendo aproximadamente a 480-1440 mg/l de sólidos disueltos. No puede usarse en suelos de drenaje deficiente. Selección de plantas muy tolerantes a las sales y posibilidad de control de la salinidad del suelo, aún con drenaje adecuado.

**Figura N° 4** – Clasificación de las aguas para riego en el acuífero Salto (procedimiento del U.S. Salinity Laboratory Staff en *PRENADER MGAP/MTOP/Banco Mundial -"Estudio del acuífero Salto"*, CONSUR, 1995)

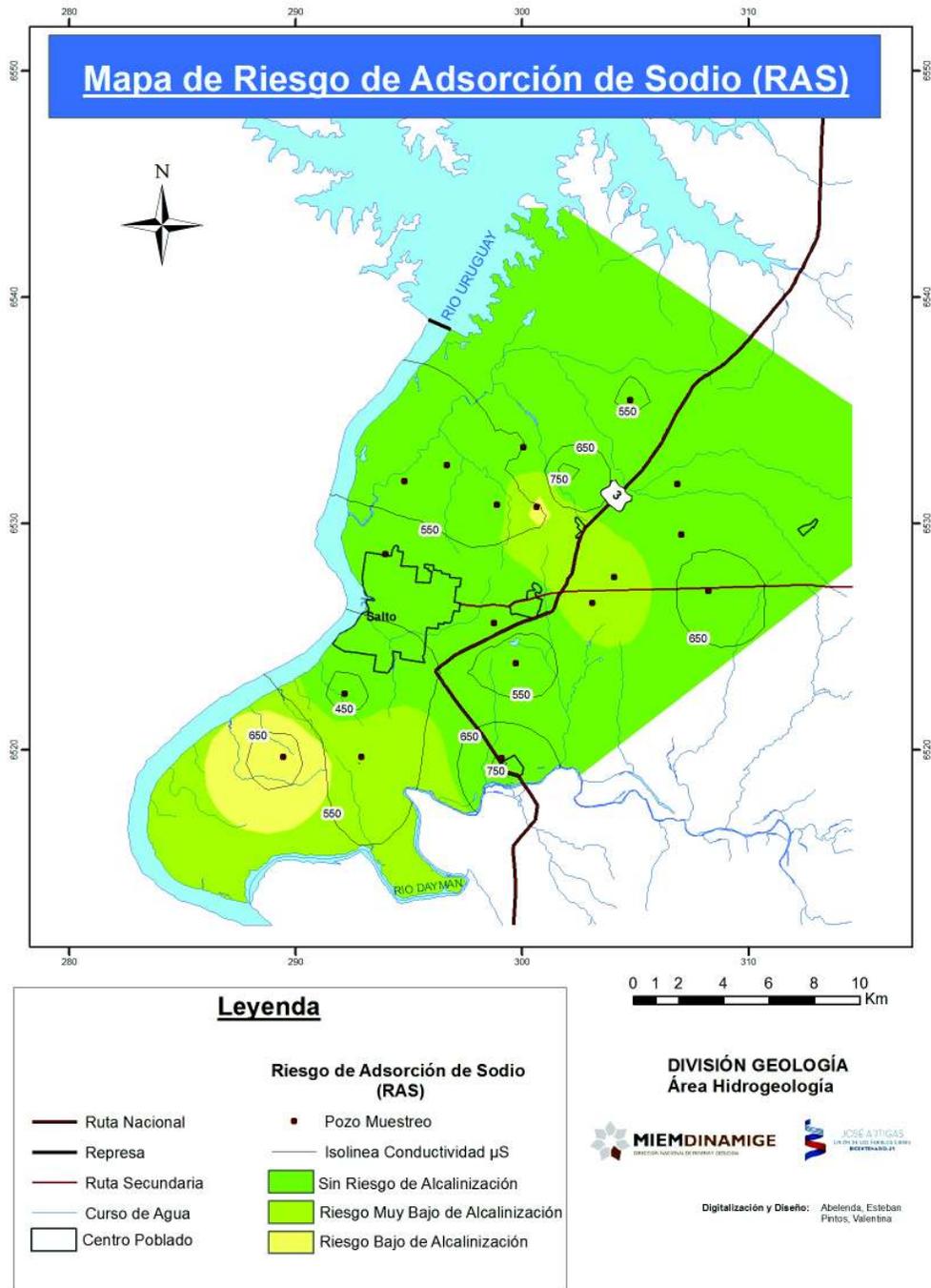
**ANEXOS**



**Figura N° 5** – Fluctuación de niveles estáticos en pozos de la red de monitoreo setiembre 2013 – setiembre 2014



**Figura Nº 6** – Variación espacio - temporal del nivel estático de los pozos monitoreados  
Período primavera 2013 – 2014.



**Figura N° 7** – Mapa de riesgo de adsorción de sodio (RAS) para la zona de estudio Acuífero Salto/Arapey.

## **Referencias**

1. INSTITUTO NACIONAL INVESTIGACION AGROPECUARIA-INIA, Banco de datos meteorológicos- Estación Salto <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/unidades/GRAS/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
2. PRENADER MGAP/MTOP/Banco Mundial, Estudio del acuífero Salto CONSUR, 1995.
3. RICHARDS, L. A. (Ed.). 1954, *Diagnosis and improvement of Saline and Alkali Soils*, USDA Handbook 60, 1954.  
<http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=10158&page=2>
4. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA Wikipedia  
<http://mie.esab.upc.es/arr/T24E.htm>
5. WILCOX, L.V.(United States Salinity Laboratory),  
*Classification and Use of Irrigation Waters Circular N° 969*,  
*Washington: United States Department of Agriculture, 1955*  
[www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/53102000/pdf\\_pubs/P0192.pdf](http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/53102000/pdf_pubs/P0192.pdf)
6. WMO-N° 168 *Guide to hydrological practice, Fifth edition 1994 – Data acquisition & processing, analysis, forecasting & other applications” – Chapter 20-Design and evaluation of hydrological networks.*  
<http://www.slideshare.net/indiawrm/guide-to-hydrological-practices-data-acquisition-and-processing-analysis-forecasting-and-other-applications-wmono168-fifth-edition-1994>

## **Agradecimientos**

*Expresamos nuestro reconocimiento al trabajo realizado en 1995 por la consultora CONSUR, bajo la dirección técnica del Lic. en Geología, Dr. Jorge Montaña, que resultó en el comienzo del estudio en profundidad de la constitución, dinámica hidráulica e inventario de pozos en el área del acuífero Salto, estudio financiado por el Proyecto de riego PRENADER.*

*Asimismo agradecemos el apoyo recibido a nuestro trabajo por parte del Ing. Agrón. Gervasio Finozzi de la Regional Salto de RENARE (MGAP) tanto en aspectos prácticos, como el acompañarnos en toda la gira, pero principalmente el aliento referente a que el trabajo realizado por DINAMIGE resulta en una investigación aplicada para el manejo de los recursos naturales, en este caso los suelos y aguas.*

*Finalmente agradecemos a la Bibliotecóloga Ana Rebellato por la clasificación de las referencias bibliográficas según las normas, y a la Lic. Vilma Daudy, de la asesoría de Dirección por la lectura y sustantivos aportes realizados para la publicación del documento.*