

# CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

## Informe Científico

Código de finalización: 7909e9d24b

### PERÍODO

*Desde:* 2017      *Hasta:* 2018

### 1. DATOS PERSONALES.

*Apellido/s:* Pablo Ariel

*Nombre/s:* Weinzettel

*Correo electrónico:*

### 2. TEMA DE INVESTIGACIÓN.

Investigación del origen y movilidad del arsénico para mejorar la exploración de aguas subterráneas en la llanura pampeana

#### Palabras Claves

*Palabra 1:* Arsénico      *Palabra 2:* Geofísica      *Palabra 3:* Acuífero pampeano

### 3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA. Ingreso

*Categoría:* Adjunto con director      *Fecha:* 01/01/2007

#### Actual

*Categoría:* Independiente      *Fecha:* 30/12/2013

### 4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA.

Instituto de Hidrología de Llanuras

### 5. DIRECTOR DE TRABAJOS

*Apellido/s:*

*Nombre/s:*

*Título Universitario Superior:*

-----  
Firma del Director

-----  
Firma del Investigador

## **6. EXPOSICIÓN SINTÉTICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERÍODO.**

- *Descripción para el repositorio institucional:*

*Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

### **RESUMEN DE LA LABOR DESARROLLADA**

Estudio de la hidrodinámica de la zona no saturada y aplicación de métodos geofísicos eléctricos para la evaluación del flujo y transporte de solutos hacia el acuífero freático. Exploración de agua subterránea en base a sondeos eléctricos verticales y tomografías de resistividad eléctrica, estudios hidroquímicos. Investigación de la presencia y movilidad de arsénico en la zona no saturada y el acuífero pampeano. Desarrollo de posibles metodologías para la detección de niveles acuíferos con menores contenidos de arsénico. Aplicación de perfilaje eléctrico con diferentes sondas (resistividad, espectroscopía de gamma natural, conductividad eléctrica y temperatura, sonda de flujo) para la ubicación de las zonas más favorables para la ubicación de filtros.

Observación de suelos compactados y descompactados mecánicamente mediante la aplicación de tomografía de resistividad eléctrica, tensiometría, y medición continua de la humedad del suelo.

### **EXPOSICIÓN SINTÉTICA DE LA LABOR DESARROLLADA**

Se continuó con las tareas del proyecto denominado Procesos de flujo y transporte en suelo y zona no saturada con presencia de niveles petrocálcicos y su relación en la retención y liberación de arsénico al acuífero. Financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). Se tomaron y procesaron los datos de los testigos de zona no saturada y acuífero, especialmente los resultados obtenidos de las extracciones secuenciales, método para evaluar la concentración de arsénico y su posible liberación apartir del sedimento del acuífero. Estas tareas se llevaron a cabo en una parcela experimental del IHLLA en el campus de la UNCPBA en Azul. Dicho proyecto finaliza durante el año 2019, por lo que ya se han realizado prácticamente todos los muestreo de campo y se han realizado tomografías de resistividad eléctrica tanto de superficie como las combinadas con electrodos en la perforación. Por otra parte, se continuaron con las mediciones y procesamiento de datos del piloto ubicado en la ciudad de Tres Arroyos, financiado a través del proyecto iniciado en el año 2013, el PID de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica titulado Comportamiento y Evolución Espacio Temporal del Arsénico en Aguas Subterráneas de la República Argentina. En este caso se han relevado los 8 pozos del sector de estudio, con nuevas mediciones de perfilaje con sonda de espectroscopía gamma natural y flowmeter. También se realizaron tomografías de resistividad eléctrica combinada con electrodos en superficie y 24 electrodos en unbo de los pozos. Para estos ensayos se utilizó una perforación cuya camisa se encuentra totalmente ranurada y con una profundidad de 70 metros. Los datos obtenidos han sido relacionados con los análisis químicos tanto del agua poral como de los sedimentos. Los análisis a los sedimentos del acuífero se realizaron con agua regia con lo cual se removió una gran parte del arsénico de la muestra original. Resultados obtenidos se encuentran compilados en una de las tesis doctorales presentadas en la Universidad Nacional de Córdoba para su corrección y defensa, trabajo que se realizó bajo la dirección de este investigador.

Una nueva línea de investigación se ha desarrollado a partir de la incorporación de un becario doctoral en el tema descompactación de suelos sometidos a varios años de siembra directa. Para ello se han realizado mediciones con tensiómetros y sondas de humedad y la aplicación de una serie de tomografías de resistividad eléctrica tanto en un sector natural compactado y uno que fue sometido a descompactación mecánica. Los ensayos se han realizado en diferentes momentos durante el desarrollo del cultivo. Se aplicó en sembrados de maíz y trigo observando las diferencias en el uso del agua del suelo en ambos tratamientos y su comparación con el rendimiento obtenido.



## 7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERÍODO.

### I. Publicaciones:

Dietrich, S., Carrera, J., Weinzettel, P. y Sierra, L. 2017. **Estimación del rendimiento específico (Sy) aplicando tomografía de resistividad eléctrica. Estudios de la zona no saturada del suelo.** Moret Fernández, D. y López, V. ed. Vol. XIII. Pp 151 -161. Zaragoza, España. ISBN: 978-84-947468-9-5. Zaragoza, España.

**RESUMEN:** El rendimiento específico (Sy, del inglés, *specific yield*) se define como el volumen medio de agua que puede ser drenado de un acuífero por unidad de descenso del nivel freático. Este parámetro es fundamental para estimar los recursos subterráneos. Sin embargo, la variación espacial de las propiedades de retención, la histéresis, la dependencia con la profundidad de la superficie freática y el drenaje diferido, hacen que su estimación sea compleja. En este trabajo se utilizó la tomografía de resistividad eléctrica para monitorear las variaciones del nivel freático y la humedad, de cuya integración pudo obtenerse Sy. El método fue aplicado en un sitio en Argentina durante el descenso de la superficie freática desde los 0,71 hasta los 3,20 m.b.n.t. Se comprobó que algunas de las variaciones en la humedad fueron debidas a artefactos de la inversión numérica.

Grado de participación: se aplicó una idea propia de medir descensos del nivel freático con una serie de tomografías para calcular el valor de rendimiento específico, se participó en un 50 % en la escritura del trabajo.

Weinzettel, P., Dietrich, S., Varni, M. y Sierra L. 2017. **Investigación hidrogeológica en un valle serrano mediante la aplicación de métodos geoelectricos.** Geoacta 41(2):74-86. ISSN 1852-7744 (en línea) ISSN 0326-7237 (impreso).

**RESUMEN:** Se realizó una exploración geofísica mediante sondeos eléctricos verticales y tomografía de resistividad eléctrica en una zona ubicada al sudoeste de la ciudad de Tandil. El sector corresponde a un valle de pequeñas dimensiones en la cual se halla emplazada una cancha de golf y un barrio residencial. El objetivo del trabajo ha sido determinar los espesores del sector acuífero y evaluar las reservas de agua para aumentar la extracción y el abastecimiento a todo el complejo. La zona de estudio presenta la misma problemática que gran parte del área de Tandil, en la cual la roca del basamento se encuentra muy cercana a la superficie produciendo una situación muy compleja para la obtención de agua subterránea.

Mediante la exploración realizada se logró complementar los resultados obtenidos mediante sondeos eléctricos verticales y tomografía de resistividad eléctrica, con lo cual se pudo definir la geometría del acuífero y las zonas más adecuadas para nuevas perforaciones. Por otra parte, y a partir de los resultados de la exploración, se realizaron cálculos de la recarga y reservas de agua subterránea lo cual permitió evaluar los caudales diarios a extraer.

Grado de participación: la participación cubrió un 80 % del trabajo en las tareas de campo y prácticamente la totalidad de la escritura del mismo

Cacciabue, L., Ayora, C., Bea, S., Dietrich, S. y Weinzettel P. 2017. **Disminución de las concentraciones de arsénico en el agua mediante la adición de sales de calcio.** III Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental. Santa Fe, Argentina. Ambiente y desarrollo sostenible desde una perspectiva multidisciplinaria. <http://www.isbn.org.ar/cal/laimg/19116/519886.pdf>. ISBN 978-987-46096-3-2

**RESUMEN:** La presencia de arsénico (As) en aguas subterráneas de la llanura pampeana, con valores que exceden el máximo permisible por el CAA (Código Alimentario Argentino) para agua potable (50 ppb As), se ve favorecida por las aguas bicarbonatadas sódicas con altos pHs que caracterizan el acuífero pampeano. Se sostiene como hipótesis de trabajo que las concentraciones de As en el agua pueden disminuir con la adición de sales de calcio. Dicha adición induciría la precipitación de calcita, disminuyendo el pH de la solución y favoreciendo la retención de As en la fase sólida. Con el objetivo de comprobar esta hipótesis se llevaron a cabo experimentos batch sobre cinco muestras de sedimentos en contacto con una solución bicarbonatada sódica con una concentración de As conocida. De las muestras utilizadas, tres corresponden a sedimentos de diferente profundidad de un pozo perforado en el acuífero pampeano (12, 22 y 41 metros). La cuarta muestra corresponde a sedimento del metro 41 del mismo pozo al que se le agregó un 1% de ferrihidrita, y la quinta, tomada como blanco, corresponde a cuarzo puro. Las suspensiones fueron equilibradas durante 48 hs con la adición de diferentes masas de sales de Ca (CaSO<sub>4</sub>

y CaCl<sub>2</sub>). Se utilizó la herramienta PHREEQC para comprobar que el descenso del pH del agua del acuífero pampeano, con la adición de estas sales, fuera termodinámicamente posible. Finalizado cada tiempo de equilibrio se midió el pH y se tomaron muestras de cada solución para determinar la concentración de As al final de los experimentos. Los resultados muestran que la adición de sales de Ca efectivamente genera un descenso del pH del agua bicarbonatada, con variaciones máximas de hasta 0,3 unidades. El CaCl<sub>2</sub> muestra mayor efectividad que el CaSO<sub>4</sub> para bajar el pH en muestras de loess sin carbonato. El descenso del pH no sólo induce la precipitación de calcita, que puede retener arsénico en su estructura, sino también aumenta la carga superficial positiva de minerales del sedimento (óxidos e hidróxidos de Fe), favoreciendo la adsorción del anión arseniato.

Grado de participación: se participó en la discusión de la estructura del trabajo y parcialmente en la escritura del mismo.

Grosso, J., Ressia, J M., Bongiorno, C., Weinzettel, P., Mendivil, G., Lázaro, L., de Pablo, C. **Dinámica hídrica de un suelo bajo descompactación mecánica. Respuesta en rendimiento y calidad del cultivo de trigo.** 2018.. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Tucumán 15 al 18 de mayo de 2018. pp 1087-1092. <https://www.congresosuelo2018.org/contribuciones/> ISBN 978-987-46870-0-5

**RESUMEN:** La descompactación mecánica es una práctica que mejora las propiedades físicas del suelo, aunque no siempre se traduce en mayor rendimiento en grano. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la descompactación mecánica sobre la dinámica del agua en el suelo y su respuesta en rendimiento y calidad de un cultivo de trigo. En un lote, con signos de compactación, ubicado el centro de la provincia de Buenos Aires, se realizó un ensayo, donde se contrastaron dos tratamientos: i) testigo, sin descompactar y ii) descompactado. Se utilizó un diseño en bloques al azar, se midieron precipitaciones, escurrimiento, percolación, y humedad del suelo. En el cultivo se cuantificó la biomasa seca producida, el rendimiento en grano, algunos parámetros de calidad y se calculó la eficiencia del uso del agua (EUA). La descompactación no modificó la dinámica hídrica del suelo; sí generó un aumento en la producción de biomasa seca de 608 kg ha<sup>-1</sup> aunque este aumento no se tradujo en mayor rendimiento en grano. El porcentaje de proteína en los tratamientos descompactados aumentó casi medio punto porcentual. La EUA fue un 5 % mayor en grano y un 7 % mayor en biomasa, respecto al tratamiento testigo. Esta mayor eficiencia podría explicarse por un aumento en la captura de otros recursos (radiación, nitrógeno) que mejoraron principalmente el crecimiento inicial, respecto al tratamiento sin descompactar; si bien las diferencias de rendimiento no fueron suficientes para detectar diferencias estadísticas, al considerarlas juntamente con una menor ET producida, permitieron que la EUA resultara mayor en el tratamiento descompactado.

Grado de participación: se tuvo participación en la discusión de los datos y la definición de la estructura del trabajo.

Grosso, J., Weinzettel, P., Ressia, J M., Bongiorno, C., Dietrich, S. **Observación del comportamiento hídrico de un suelo descompactado mediante tomografía de resistividad eléctrica.** 2018. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Tucumán 15 al 18 de mayo de 2018. pp 1081-1086. <https://www.congresosuelo2018.org/contribuciones/> ISBN 978-987-46870-0-5

**RESUMEN:** Se presentan los resultados preliminares obtenidos de una serie de tomografías de resistividad eléctrica en un suelo con cultivo de maíz. Las mediciones se realizaron en distintos estadios del cultivo para observar las variaciones de resistividad y definir los cambios en la humedad del suelo. El ensayo se realizó en un lote con dos tratamientos: suelo compactado por siembra directa continua durante varios años y suelo descompactado. Las mediciones fueron realizadas con un tomógrafo AGI USA R1/IP e interpretadas con el programa Earthimager 2D. Para obtener la humedad del suelo se utilizaron sondas de registro continuo, complementariamente se instalaron tensiómetros para observar la dirección del flujo de agua. Periódicamente se extrajeron muestras para conocer la humedad volumétrica de la sección de estudio. Los cambios de humedad en el ensayo se estudiaron en base a la resistividad para lo cual se procesaron las tomografías mediante la función lapso de tiempo. Esta función permitió observar las diferencias resistividad en la transecta de 16,5 m de longitud y relacionarlas con la variación de la humedad mostrando un secado más profundo en la zona sin descompactar.

Grado de participación: se participó en todos los relevamientos de tomografía de resistividad eléctrica y en el procesamiento de los datos. Se escribió el 90 % del trabajo.

Ximena Solana, M., Quiroz Londoño, M., Weinzettel P., Donna, F. 2018. **Aportes al modelo hidrogeológico conceptual de la cuenca del río Quequén Grande en su límite suroccidental.** X Congreso Argentino de Hidrogeología. Hidrología Regional Vol II, 197-204, Salta. 23 al 26 de octubre de 2018. ISBN 978-987-633-539-3

**RESUMEN:** La Cuenca del Río Quequén Grande es una de las más extensas y productivas del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Geográficamente se encuentra formando parte de la Llanura Interserrana Bonaerense, que se extiende entre los sistemas serranos de Tandilia y Ventania. El límite suroccidental de esta cuenca constituye una divisoria de aguas caracterizada por la presencia de numerosas lagunas, así como de rocas paleozoicas que afloran saltuariamente y constituyen el basamento hidrogeológico del acuífero Pampeano. En la zona de estudio y desde el punto de vista geoquímico se diferencian dos tipos de laguna, uno de ellos caracterizado por su alto contenido en cloruros que podría estar relacionado con flujos regionales ascendentes. El objetivo del presente trabajo consiste en aportar nueva información al modelo hidrogeológico conceptual que se tiene para la zona mediante el análisis de información fisicoquímica e isotópica de captaciones de agua tanto superficial como subterránea. En el análisis fisicoquímico se observó que la mayoría de las muestras de agua subterránea presenta una composición bicarbonatada sódico-magnésica. Por otro lado, las muestras de agua de laguna presentaron una composición bicarbonatada sódica, distinguiéndose un grupo principal con mayor contenido en cloruros. La correlación entre las desviaciones isotópicas de ambos tipos de muestra expuso la presencia de recarga de estas lagunas procedente de las zonas de recarga regional en el sistema serrano de Tandil. Toda esta información se integró al modelo hidrogeológico conceptual del área.

Grado de participación: se colaboró en los relevamientos geoelectrónicos de campo y en la escritura del trabajo.

Sierra, L., Weinzettel, P., Dietrich, S., Cacciabue, L., Bea, S., Basso, M., Kruse, E. **Estudio de la variabilidad de la concentración de arsénico en un sector experimental de la cuenca del arroyo Claromecó.** X Congreso Argentino de Hidrogeología. Hidrología Regional Vol I, 245-252. Salta. 23 al 26 de octubre de 2018. ISBN 978-987-633-538-6

**RESUMEN:** Una parcela experimental fue instalada para el estudio de la variabilidad del ion arsénico y fluoruro en el agua subterránea en la cuenca media del Arroyo Claromecó, provincia de Buenos Aires, Argentina. Está compuesta por una perforación de estudio y cinco nuevos piezómetros a distintas profundidades con filtro basal corto. Su ubicación fue seleccionada a partir de un análisis integrado de la geomorfología, litología e hidroquímica de la zona de estudio donde se reconoció la marcada influencia de una zona de descarga local de agua subterránea hacia el curso de agua. Por otra parte, se han realizado tomografías de resistividad eléctrica (TRE) que permiten distinguir la relación entre los piezómetros y las variaciones litológicas tanto en profundidad como lateralmente. Los análisis químicos del agua subterránea de la zona de estudio y de los piezómetros (6, 16, 4 and 35 m de profundidad) indican importantes variaciones en las concentraciones de arsénico y fluoruro que son atribuidas a las variaciones en la alcalinidad y el aporte litológico controladas por las unidades geomorfológicas. Mientras que el piezómetro más profundo (65 m) presenta bajo arsénico posiblemente debido a la presencia de líneas de flujo regionales sobre un sustrato de mayor edad previamente lavado. Finalmente, las perforaciones censadas próximas a la planicie de inundación tienen la mayor abundancia de arsenito, indicando condiciones subóxicas, hasta por lo menos los 35 metros de profundidad.

Grado de participación: se participó en la discusión y escritura del trabajo.

Dietrich, S., Carrera Ramirez, J., Weinzettel, P. y Sierra, L. 2018. **Estimation of Specific yield and its variability by electrical resistivity tomography.** Water Resources Research. Vol. 52. Online ISSN: 1944-7973 DOI:10.1029/2018WR022938

**Abstract:** Specific yield (Sy) is defined as the average volume of water that can be drained, per unit surface of aquifer per unit drop of head. This parameter is of critical relevance for groundwater resources assessment, but its estimation suffers from numerous difficulties, including spatial variability, hysteresis, dependence on depth to water table, or delayed drainage. As a result, no widely accepted method is available for its estimation. Here we show that most of these difficulties can be overcome by using time-lapse electrical resistivity tomography (ERT) to map water content variations in response to phreatic level fluctuations. We applied the method to a synthetic example and to a real site in Argentina. Results demonstrate that the approach is robust and provides a picture of how, how much and where water is being released from the soil when aquifer heads drop, which is the ultimate

goal of Sy concept. ERT produced some oscillations in estimated water contents, which we attribute to inversion artifacts. Still, the error analysis and the synthetic example suggest that the impact of spurious oscillations tends to cancel out during estimation of Sy, which supports the robustness of the method. Estimated Sy is sensitive to the petrophysical law. If the slope of this law is inadequate, calculated values of Sy may be biased, but their variability patterns are well captured by the method. What is clear is that Sy is a spatially and temporally variable parameter, whose estimation is difficult. ERT represents a possible avenue to evaluate Sy and its variability.

Grado de participación: Se ideó el ensayo con tomografía eléctrica aprovechando la posición del nivel freático cercana a la superficie y entendiendo que por la época del año el nivel comenzaría un descenso paulatino. Se planificó las mediciones y luego se procesaron los datos para obtener información del rendimiento específico del acuífero a lo largo de una transecta y en distintas posiciones en la vertical.

II. *Trabajos en prensa y/o aceptados para su publicación:*

III. *Trabajos enviados y aun no aceptados para su publicación:*

Onchi-Ramuco, N.L., Gómez-Tagle Chávez, A., Gómez-Tagle Rojas, A.F., Weinzettel, P.A., de Jesús, M.A., Hernández Guzmán, R., Mendoza Cantú, M. **Vertical electrical sounding applied to volcanic soil characterization in a forested catchment.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2018.

**RESUMEN:** El proceso para llevar a cabo un levantamiento de suelos con fines cartográficos empleando métodos convencionales es demandante en tiempo y esfuerzo. La variación vertical de los horizontes es difícil de inferir y usualmente no se representa en la cartografía edáfica. Conocer el espesor de los horizontes y del suelo es importante tanto en el ámbito agronómico, ecológico e hidrológico. Recientemente, los métodos geoelectricos han sido empleados en la exploración del espesor y profundidad de distintas capas en los suelos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el SEV en la disposición vertical de capas del suelo en una microcuenca forestal con suelos de origen volcánico en el centro de México. Para ello, se describieron perfiles edáficos y se tomaron muestras de suelo con barrenas para determinar propiedades físicas y químicas. Los resultados indican que la resistividad del suelo se relacionó significativamente con el pH, la arcilla y a nivel de paisaje, con la altitud. En los Cambisoles háplicos las capas identificadas con el SEV fueron: 1) horizonte orgánico, 2) horizonte Ah, 3) horizonte Bt + BC y 4) horizonte Cw mientras que en los Regosoles háplicos las capas fueron: 1) horizonte orgánico, 2) horizonte orgánico, 3) horizonte AC y 4) horizonte Cw. Se concluyó que el método de SEV permite identificar las profundidades de contacto entre capas del suelo contrastantes disminuyendo el tiempo y esfuerzo necesario para inferir el espesor y profundidad de las capas, respecto al método convencional. Sin embargo, es indispensable contar con información detallada de las características y propiedades del suelo en ciertos puntos para poder generar los modelos de variación vertical a fin de que la interpretación de los SEV sea coherente y refleje la variación vertical de los suelos.

Grado de participación: se participó ayudando en el procesamiento de los datos experimentales, para lo cual la primer autora procedente de México hizo una pasantía bajo mi dirección para perfeccionarse en métodos geoelectricos aplicados al suelo.

Varni, M. y Weinzettel, P. **Definition of a conceptual model of regional aquifers based on geophysical analyses and mathematical modeling** Hydrology Research. 2018. En revisión.

**Abstract:** Claromecó creek basin (Buenos Aires, Argentina) there is an interesting hydrochemical heterogeneous product of sedimentary composition of the materials that make up the stratigraphic column of that basin. The presence of continental sediments of quaternary of marine origin in the upper part and the inlet of Miocene in the lower part, derive in a strong increase of salts dissolved as drillings go deeper. More specifically they increase in salinity around Quequén Salado river. That is why vertical electrical soundings have been fundamental. This allowed to define the position of these units in the basin as well

as the depth of the hydrological basement. For a better understanding of hydrological functionality of the basin the recharge of the phreatic balance of water in the soil is reached by studying the relation of recharges and annual precipitation, finally by taking into account hydrochemical parameters. This analysis permits the sectorization of zones of recharge to the aquifer. Starting from information a conceptual model of the regional aquifer is defined and the mathematical model of groundwater flow is made; that allowed us to validate the conceptual model, evaluate the flow of groundwater, its relationship with water courses and to make a balance of the water masses in the aquifer.

**IV. Trabajos terminados y aun no enviados para su publicación:**

Weinzettel, Pablo, Varni Marcelo, Zárate Marcelo, Dietrich Sebastián, Sierra Leonardo.

**Exploración geoelectrica en la cuenca del arroyo Claromecó como base para estudios hidrogeológicos.**

**RESUMEN:** Mediante una exploración geoelectrica llevada a cabo en la cuenca del arroyo Claromecó (Provincia de Buenos Aires) se ha podido definir la profundidad del basamento hidrogeológico conformado por rocas paleozoicas y se ha intentado esbozar en base a las resistividades obtenidas el espesor de las formaciones de Sedimentos Pampeanos y de la Formación Paraná que rellenan la cuenca y cuyos sedimentos son acuíferos. Como metodología de trabajo se recopiló información antecedente proveniente de algunos antiguos perfiles de pozos profundos, y de otros más actuales realizados por compañías petroleras. Como método de exploración se efectuó una campaña geofísica con la realización de sesenta sondeos eléctricos verticales, separados entre sí aproximadamente unos diez kilómetros. Los sondeos fueron procesados con programas específicos que permitieron la obtención de un modelo geoelectrico, con el cual se interpretó la geología del subsuelo junto con la salinidad del agua presente en las distintas formaciones. Se observa una profundización del basamento hacia el sur llegando a detectarse a profundidades mayores a 900 metros desde superficie en la zona costera. La Formación Paraná se presenta desde el centro de la cuenca hacia la zona de la costa con una baja pendiente. Por último se determinaron la presentica de los sedimentos pampeanos contenedores de los principales acuíferos de la región los cuales presentan de 30 m a 200 m de espesor.

**V. Comunicaciones:**

**VI. Informes y memorias técnicas.**

**8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.**

**I. Desarrollos tecnológicos:**

**II. Patentes o equivalentes:**

**III. Proyectos potencialmente transferibles, no concluidos y que estan en desarrollo:**

**IV. Otras actividades tecnológicas cuyos resultados no sean publicables:**

**V. Referencias:**

**9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS**



Inspección de obra del pozo de explotación N° 7 de la ciudad de Rauch. Convenio UNCPBA - Municipalidad de Rauch. 2017.

Descripción: se realizó la inspección de tareas de perforación y construcción de un pozo de agua para la Municipalidad de Rauch. La tarea demandó unas 50 horas de trabajo.

Monto: pesos 57000

Estudio hidrogeológico y obtención del modelo conceptual en el yacimiento La Cabañita de Cementos Avellaneda S.A. (Olavarría). Convenio: Universidad Nacional del Centro - Cementos Avellaneda S.A. / 2017.

Descripción: la tarea consistió en el diseño de una red de freáticos que fueron perforados por la empresa para la obtención de una red de flujo de agua subterránea. Con mediciones realizadas durante seis meses se confeccionaron las curvas isopiezas del acuífero pampeano y se hicieron cálculos de volúmenes de entrada de agua a la cantera.

Monto: pesos 167.000

## **10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN**

### **I. Docencia:**

Ciencias de la Tierra en formato digital. Tercera edición de 219 páginas y 120 figuras. 2017

*El contenido de Docencia se encuentra depositado en el repositorio institucional CIC-Digital: No*

### **II. Divulgación:**

*El contenido de Divulgación se encuentra depositado en el repositorio institucional CIC-Digital: No*

## **11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES.**

### **DIRECCIÓN DE INVESTIGADORES**

Dirección del Dr. Sebastián Dietrich, Investigador asistente del CONICET. Tema: Estudio de procesos que controlan la movilidad del arsénico en la zona no saturada y acuífero somero en zonas de llanura. 2016 y continua.

### **DIRECCIÓN DE BECARIOS**

Dirección del Lic en Geología Leonardo Sierra, Beca Interna de Postgrado Tipo I (3 años) del CONICET. Nuevas metodologías en la exploración del agua subterránea en base a la investigación del origen y movilidad del arsénico en el acuífero pampeano. 2013 y continua.

Co Dirección de la Geóloga Lucía Cacciabue. Estudio sobre la movilidad del arsénico en sedimentos pampeanos: adsorción, competencia iónica y procesos de coprecipitación en carbonatos (tosca). Beca ANPCyT, Proyecto PID 075-2011. 2014 y continua.

Co Dirección de la Geóloga Ximena Solana. Aplicación de técnicas geofísicas, hidrogeoquímicas e isotópicas en la caracterización hidrogeológica de ambientes de llanura. Beca CONICET, Disposición GRH N° 0099, 24 de enero de 2017.

### **DIRECCIÓN DE PASANTE**

Dirección de la pasante Lic. Norma Onchi Ramuco de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, México. Tema métodos geoelectrónicos aplicados al estudio de suelos en una microcuenca. Estancia del 1 al 31 de septiembre de 2017.

## **12. DIRECCION DE TESIS.**

### **DIRECCIÓN Y CO DIRECCIÓN DE TESIS DOCTORALES**

Dirección del Lic en Geología Leonardo Sierra. Desarrollo de nuevas metodologías en la exploración del agua subterránea en base a la investigación del origen y movilidad del arsénico en el acuífero pampeano. a defender en 2019.

Co Dirección de la Geóloga Lucía Cacciabue. Estudio sobre la movilidad del arsénico en sedimentos pampeanos: adsorción, competencia iónica y procesos de coprecipitación en carbonatos (tosca). 2014 y continua.

Co Dirección de la Geóloga Ximena Solanas. Aplicación de técnicas geofísicas, hidrogeoquímicas e isotópicas en la caracterización hidrogeológica de ambientes de llanura. Resolución N° 1542, Facultad de Ciencias exactas, físicas y naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. 2016 y continua.

Dirección del Ing. Agrónomo Javier Alejandro Grosso. Dinámica del agua en suelos bajo siembra directa, sometidos a descompactación mecánica en la región centro de la provincia de Buenos Aires. Doctorado en ciencias agrarias de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA. 2018 y continua.

### **13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS.**

Jornada Análisis Ambiental del Partido de Azul con Base Interdisciplinaria. 29 de noviembre de 2018. Departamento de Biología Aplicada de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA. Expositor

### **14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC.**

Hydrochemistry and biochemistry of Arsenic and other trace elements in water resources. Insittuto de Hidrología de Llanuras (UNCPBA-CIC-Mun. Azul). Dictado por Dr. Saugata Datta (Kansas State University) y Dr. David Polya (University of Manchester) desde el 9 al 14 de mayo de 2018. Duración: 40 horas.

Conceptos básicos de hidráulica de pozos. Dictado por el Dr. Jesús Carrera Ramirez (CSIC Barcelona, España) en el Insittuto de Hidrología de Llanuras). 29 de mayo de 2018. Duración: 8 horas.

Datación de aguas subterráneas: Teoría y práctica. Dictado por el Dr. Douglas Kip Solomon (Universidad de Utah, Estados Unidos de América) en el Instituto de Hidrología de Llanuras. Desde el 9 al 12 de octubre de 2018. Duración: 35 horas.

### **15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO.**

Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. Monto: \$ 13.000. Resolución CIC N° 48/2017. Subsidio Institucional para Investigadores.

Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. Monto: \$ 16.000. Resolución CIC N° /2018. Subsidio Institucional para Investigadores.

Agencia de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). BID 1728/OC - AR - PICT N° 1805-2014. Resolución ANPCyT N° 230/07. Monto: \$ 493.500

### **16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

### **17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO**

### **18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA.**

Integrante de la Comisión Asesora Honoraria en Geología Hidrología y Minería de la Comisión de

Investigaciones Científicas de la provincia de Bs. As. Resolución 314/2013.}

Integrante del Consejo Interno del Núcleo de Actividades Científicas Tecnológicas de la UNCPBA (NACT) en Investigaciones en Hidrología de Llanuras, CIHLLA. Desde el 28 de febrero de 2007.

## **19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO.**

Profesor Adjunto. Cargo ordinario obtenido por concurso. A cargo de la materia Ciencias de la Tierra de la carrera de Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Agronomía de la U.N.C.P.B.A. Resolución Consejo Superior UNCPBA N° 4452. 10 de agosto de 2011. Ingreso a carrera académica año 2017.

Dictado en colaboración de la asignatura Recursos Naturales del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Agronomía de la U.N.C.P.B.A., clases teóricas y prácticas. Período: 2008 y continúa.

Dictado parcial de la materia Manejo de Agua para la Producción Vegetal de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA. 2013, 2014, 2015 y 2016.

Profesor del curso Conceptos Básicos en Hidrología II, del Doctorado en Ciencias Aplicadas, Mención Ambiente y Salud de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Octubre de 2017.

## **20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES.**

### **DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

Procesos de flujo y transporte en suelo y zona no saturada con presencia de niveles petrocálcicos y su relación en la retención y liberación de arsénico al acuífero. Financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). Ejecución: 2015 - 2018. BID 1728/OC - AR - PICT N° 1805 - 2014. Resolución ANPCyT N° 270/15.

Evaluación del flujo y el transporte de solutos en el suelo y en la zona no saturada mediante técnicas geofísicas y modelación. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As. Ejecución 2017-2019 Acreditado para el Programa de Incentivos a Docentes Investigadores. Código 03/I037.

### **INTEGRANTE DEL GRUPO RESPONSABLE DE PROYECTOS**

Comportamiento y evolución espacio-temporal del arsénico en aguas subterráneas de la República Argentina. Financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, U.N.C.P.B.A. y UNPam. Ejecución: 2012 - 2016. PID 2011 -0075.

### **JURADO DOCENTE**

Jurado del concurso docente para el cargo de Ayudante Diplomado con dedicación simple del Área de Recursos Naturales y Tecnológicos con propuesta docente en Ciencias de la Tierra de la carrera del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA. 27 de noviembre de 2017.

### **EVALUADOR DE TESIS DOCTORAL**

Evaluador de la tesis doctoral de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Título: Modelado del balance hídrico a partir de datos satelitales y meteorológicos para el análisis de los flujos superficiales del ciclo hidrológico. Tesista: Ing. Agr. Sebastián Gavilán. 2018.

### **EVALUADOR DE ARTÍCULOS**

Evaluador de un artículo para la revista Minería y Geología, Revista Digital Científico Tecnológica, Instituto Superior Minero Metalúrgico, Cuba. Enero de 2017. ISSN 1993-8012.

Evaluador de un artículo para la revista Información Tecnológica (CIT). La Serena, Chile. Agosto de 2018. ISSN 0718-0764.

Evaluador de un artículo para la revista Ciencia del Suelo. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Junio de 2018. ISSN 0326-3169.

### **EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

Evaluador de un proyecto de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT),

convocatoria: PICTO Universidad Nacional de Cuyo, 2016. Marzo de 2017.

### **GESTIÓN ACADÉMICA**

Consejero Académico de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA. 2016 -2017. Resolución Consejo Superior de la Universidad Nacional del Centro en trámite.

## **21. TITULO, PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO.**

### **Evaluación del acuífero pampeano en zonas con distintas concentraciones de arsénico y flúor en base a estudios hidrogeofísicos e hidrogeoquímicos**

La llanura chacopampeana constituye una de las mayores áreas a nivel mundial afectada por la problemática del alto contenido de arsénico de sus aguas subterráneas (Bundschuh et al., 2004). Con sus casi 2.000.000 de km<sup>2</sup>, es portadora de uno de los acuíferos con mayor injerencia en el ámbito de la región involucrando a varias de las provincias argentinas económicamente más activas e importantes, desde el punto de vista industrial, agrícola-ganadero y con el mayor porcentaje de la población (Farías et al., 2003; Sracek et al., 2009).

El plan de trabajo presentado es una continuación de las investigaciones que se vienen desarrollando, para ello se ha ubicado un área experimental en una zona cercana a la ciudad de Tres Arroyos donde dos becarios han desarrollado sus trabajos de tesis y están pronto a doctorarse. La complejidad de la zona amerita continuar trabajando en nuevas líneas de investigación relacionadas con los procesos hidrogeoquímicos que promueven la liberación del arsénico, flúor y otros iones. La ventaja para la continuación de los trabajos es que se cuenta actualmente con numerosas perforaciones de estudio y con un sector experimental instrumentado.

Las investigaciones que se vienen realizando son de suma importancia para la provincia de Buenos Aires ya que numerosas poblaciones abastecidas por agua de perforaciones contienen elevados tenores de arsénico y/o flúor. Una de las ideas del proyecto es tratar de obtener herramientas que permitan una exploración de agua subterránea con las menores concentraciones posibles de los iones contaminantes. Para ello es fundamental entender la hidrodinámica y los procesos hidroquímicos del acuífero.

El objetivo general del proyecto es obtener un modelo conceptual de funcionamiento del acuífero pampeano con énfasis en los procesos que movilizan el arsénico y otros oligoelementos.

En cuanto a los objetivos particulares:

Caracterización de la hidrodinámica del acuífero mediante isótopos estables

Vincular la hidrodinámica del acuífero con la variabilidad del ion arsénico

Relacionar resultados obtenidos en perfilajes de pozos y de tomografía de resistividad eléctrica con la litología y el contenido de arsénico.

Evaluar la presencia de arsénico relacionando la litología con la hidrogeoquímica y la edad del agua.

### **Metodología**

Se aplicarán tomografías de resistividad eléctrica en dos escalas, una con penetración somera de hasta 50 m y otra profunda de hasta 130 m. Para ello se cuenta con un equipo de tomografía con 112 electrodos con separación de 5 metros. Esto permitirá la definición de las variaciones litológicas del acuífero pampeano, teniendo en cuenta la presencia de diferentes calidades de agua (Dietrich et al., 2014). Para ajustar la metodología se hará uso de una transecta con cinco pozos a diferentes profundidades ubicados en el área de estudio. Las tomografías de superficie serán complementadas con tomografías de pozo. Para ello se cuenta con un cable provisto de 28 electrodos con separación de un metro, lo que permitirá mejorar la resolución en profundidad obtenida con las tomografías de superficie.

En pozos ya construidos de la zona de estudio se harán perfilajes con diferentes sondas. Se tratará de mejorar la interpretación de los datos obtenidos con sonda NGS (Natural Gamma

Spectroscopy) mediante una recalibración de las lecturas adaptada a este tipo de sedimento. Este equipo ha sido utilizado en el área de estudio para interpretación de la mineralogía relacionada con el arsénico (Sierra et al., 2016). Dichos resultados requieren de mayor análisis. Otra sonda de interés es el medidor de flujo en pozo (flowmeter) el cual permitiría deducir las entradas y salidas de agua de un pozo y relacionar las mismas con las concentraciones de arsénico. Datos previos muestran la potencialidad de la herramienta (Weinzettel et al., 2016).

Se llevarán a cabo experimentos de columna en laboratorio con sedimentos de la zona de estudio. A través de las mismas, se circularán soluciones con diferentes aniones y condiciones de pH y alcalinidad para analizar la respuesta del Arsénico y otros oligoelementos frente a tales variaciones. Se emplearán diferentes sedimentos para evaluar las capacidades de retención y/o adsorción de los mismos. Las extracciones secuenciales complementarán la experimentación dando a conocer las diferentes fases minerales en las que se alojan los elementos de interés (Dietrich et al., 2016). Al respecto, se empleará un protocolo específicamente diseñado para el estudio del arsénico en los sedimentos pampeanos (Cacciabue et al., 2016).

De una de las perforaciones de la zona de estudio se cuenta con datos de agua poral (Sierra et al., 2014), la cual servirá para comprobar los procesos que se deduzcan de la experimentación de laboratorio.

La utilización de isótopos estables,  $^2\text{H}$  y  $^{18}\text{O}$  permitirá mejorar el modelo conceptual hidrodinámico de la zona de estudio, permitiendo deducir diferentes procesos tales como evapotranspiración, recarga, descarga en ríos, etc. En cuanto a la edad del agua, la técnica a emplear dependerá de los rangos de edad a medir. Entre las opciones se propone utilizar  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{H}/^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ , CFCs y/o SF6, lo cual será evaluado luego de los resultados de los isótopos estables. Estas determinaciones serán relacionadas con los diferentes tipos de agua poral observados en la perforación.

Toda la información reunida permitirá construir un modelo conceptual que contemple las variaciones tanto laterales como en profundidad de la litología como de la hidroquímica relacionado con la presencia de arsénico y flúor.

### **Condiciones de Presentación**

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
- I. Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
  - II. Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda 'Informe Científico Período...'
  - III. Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico
1. Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [carrera.investigador@cic.gba.gob.ar](mailto:carrera.investigador@cic.gba.gob.ar) (puntos 1 al 22), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  2. En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.
- C. Sistema SIBIPA
1. Se deberá peticionar el informe en la modalidad on line, desde el sitio web de la CIC, sistema SIBIPA (ver instructivo página web).