



## COMPORTAMIENTO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

### Convocatoria

Tipo	Proyectos de Investigación y Desarrollo (2011 )
Categoría	No Aplica
Tipo de Proyecto	No Aplica

### Datos generales del proyecto

Áreas Temáticas	Principal : Ciencias de la Tierra e Hidro-atmosféricas Secundarias : Tecnología del Medio Ambiente
Prioridad Regional	No Aplica
Duración	3 años
Ubicación	Argentina, -No Aplica
Investigador Responsable	Santa Cruz, Jorge Nestor
Fecha de alta	31-08-2011

### Instituciones del Proyecto

Institucion Beneficiaria	Razón Social Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires	Telefono (02293) 422000	Email rector@rec.unicen.edu.ar
Representante Legal	Representate Legal Cr. Roberto Tassara	Cargo Director	
Dependencia	Razón Social Instituto de Hidrología de Llanuras - Rectorado UNCPBA	Telefono 02281 432666	Email ihlla@faa.unicen.edu.ar
Unidad Ejecutora	Razón Social Subsecretara de Recursos Hdricos	Telefono 4349-8559	Email ssrhidricos@minplan.gov.ar
Empresa Adoptante	Razón Social SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS.	Telefono TEL - 4349-8559 ? FAX ? 4349-7633	Email ssrhidricos@minplan.gov.ar

### Investigador Responsable

Nombre	Apellido	Rol
Jorge Nestor	Santa Cruz	Investigador Responsable

### Conformación de Grupo Responsable

Sergio Andres	Bea Jofre	Investigador Integrante
Pablo Ariel	Weinzettel	Investigador Integrante
Carlos Juan	Schulz	Investigador Integrante
Eduardo Eleuterio	Mariño	Investigador Integrante

### Conformación de Grupo Colaborador

Daniel Emilio	MARTINEZ	Investigador
Daniel Néstor	Arias	Personal Técnico
Fabiana	Limbozzi	Investigador
Enrique	Queupán	Personal Técnico
Sebastián	Dietrich	Becario
Carlos Tomas	Ayora Ibañez	Investigador
HECTOR ENRIQUE	MASSONE	Investigador
Magalí Evelín	Carro Pérez	Investigador
Franco Matías	Francisca	Investigador
Norberto	Bucich	Investigador
Maria del Valle	Venencio	Investigador
Alfredo	Tineo	Investigador

PROYECTO ENVIADO

## COMPORTAMIENTO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

### Investigadores recursados como evaluadores

La presencia del Arsénico, y otros oligoelementos en las aguas para consumo humano plantean una serie de interrogantes que nos lleva a establecer nuevas líneas de razonamiento hidrogeológico que tiendan a establecer otras pautas de control y eliminación de los mismos, en aquellos casos en que sus guarismos son superiores a los permisibles con la consecuente ventaja competitiva que presenta el nuevo desarrollo tecnológico e identificación del mercado. La zona completa de este acuífero aporta más del 60% del PBI de Argentina proveyendo de agua potable a millones de personas, abasteciendo a más de 55 millones de cabezas de ganado, contribuyendo a las tareas agrícolas desarrollando amplias zonas de regadíos. Los organismos provinciales, nacionales e internacionales encargados de la gestión de recursos hídricos adoptan diversos criterios para establecer los contenidos límites de Arsénico permisibles para consumo humano. Si bien tal situación está contemplada en la numerosa bibliografía existente aún no se ha definido un criterio al respecto. Cabe preguntarse entonces, si deben establecerse normas rígidas o adaptadas a las posibilidades regionales, tomando como base estudios previos de caracterización geográfica e hidrológica. En la región central de la República Argentina, es bastante dificultoso poder establecer o delimitar zonas con distintos valores de Arsénico en las aguas subterráneas, aunque existen áreas que se destacan por su elevado contenido en este ion, llegando en algunos sectores puntuales a presentar valores mayores a 15 mg/l, coexistiendo con sectores acuíferos portadores de aguas de muy buena calidad. Esto ocurre fundamentalmente en aquellas zonas ligadas a áreas arenosas, de médanos o de recarga, de donde en muchos casos se extrae el agua para los servicios de provisión. También hay casos en provincias en que las poblaciones no tienen la posibilidad de tener agua de buena calidad y cuentan con plantas de tratamiento por el sistema de ósmosis inversa para consumo humano, con altos costos de operación y mantenimiento. Ejemplos de la anarquía de patrones hidrogeológicos e hidroquímicos que presenta el Arsénico en nuestro medio, tanto en lo que respecta a su distribución areal como vertical, se verifican en casos en que en un mismo sector se pueden localizar valores de 0,05 mg/l en la parte superior del acuífero y 0,30 mg/l en profundidad o exactamente el fenómeno a la inversa. Asimismo, también es importante determinar en que estado de valencia se encuentra, si como arsénico tetraivalente o pentavalente, ya que de ello depende en gran parte su nocividad o toxicidad que afecta a la salud humana. Como se ha manifestado, la compleja génesis y presencia de este elemento en las aguas subterráneas, constituye una incógnita desde el punto de vista hidrogeoquímico y puede deberse, según a algunos estudios realizados, a tres factores preponderantes como lo son: los litológicos, hidráulicos y químicos. Lamentablemente, existe un profundo desconocimiento de esta problemática por parte de la población en general, incluyendo a los organismos vinculados a la salud que casi no registran estadísticas de patologías vinculadas al tema ni han encarado esta cuestión en el sentido de fomentar y desarrollar investigaciones científicas que tiendan a morigerar y determinar fehacientemente el origen y comportamiento de este elemento en las aguas subterráneas. Es por todo esto que este estudio se plantea a nivel interdisciplinario, convergiendo las distintas disciplinas que son responsables de los variados factores de presencia, dilución, movimiento y distribución del elemento y sus asociados. Se prevé integrar el marco geológico e hidrogeológico, geofísico, geomorfológico, hidráulico, hidroquímico, hidrogeoquímico a través de investigaciones de campo, laboratorio y gabinete, y en estudios locales, subregionales y regionales. Se utilizarán técnicas informáticas, empleo de instrumental y equipamiento de uso habitual en los países más desarrollados, técnicas de perforación y ensayos de detalle, estudios en la zona no saturada, y análisis de toda la información. El Mercado de utilización directa está constituido por las provincias de la región afectada a través de los Organismos hídricos de aplicación y explotación, Cooperativas, Asociaciones, Empresas privadas, y otros.

### Salvaguardia ética y ambiental

Durante la ejecución del proyecto de investigación propuesto y de los resultados obtenidos no se verán afectados los derechos humanos ni se causará ningún tipo de daño al ambiente, animales y/o plantas. Tampoco irá en detrimento del bienestar de las generaciones futuras. Las muestras a obtener no modificarán en absoluto el entorno y los análisis a realizar se harán con los debidos recaudos.



## COMPORTAMIENTO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Angel del Rosario	Storniolo	Investigador
Rodolfo Fernando	Garcia	Investigador
Eduardo Luis	Diaz	Investigador
Adriana Edith	Cabrera	Investigador
Edgardo René	Albouy	Investigador
Pablo Fernando	Dornes	Investigador
Maria Gabriela	Dalmaso	Investigador
Monica Teresa	Blarasin	Investigador
Edel Mara	Matteoda	Investigador
María Jesica	Giuliano Albo	Investigador
matias ricardo	silicani	Investigador
Leticia Beatriz	Rodriguez	Investigador
Mariana	Ruiz Espindola	Investigador
Eduardo Carlos	Castro	Investigador
Hugo Benjamín	Nicolli	Investigador
María Fátima	Altolaquirre	Personal Técnico
Jochen	BUNDSCHUH	Investigador extranjero en el exterior
Fatima Noelia	Becher Quinodoz	Investigador
Marina Luciana	Maldonado	Investigador
Jorge	Garcia	Investigador

### Becas

Tipo	Descripcion
Doctoral	Ciencias de la Tierra e Hidroatmosféricas

### Resumen del Proyecto

#### Palabras clave

HIDROGEOQUIMICA, HIDROQUIMICA, ACUIFEROS, HIDROGEOLOGIA, HIDROLOGIA SUBTERRANEA

#### Resumen

Mejorar el conocimiento regional y local de los mecanismos hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e hidrodinámicos que controlan la incorporación y el comportamiento del arsénico en el suelo, sedimentos y en el agua subterránea. Avanzar en el estudio de los mecanismos que controla la disolución del Arsénico, Flúor y otros oligoelementos, aparentemente producto de una combinación de factores de velocidad de flujo (hidráulicos) y reacciones físico-químicas con la superficie del mineral en mayor medida. Es por ello que se considera necesario abordar con énfasis el análisis detallado de la estratificación hidroquímica y de los procesos modificadores actuantes durante la infiltración. Proponer pautas de gestión para la explotación del agua subterránea a partir del conocimiento de la movilidad del arsénico. Obtener en base a estudios hidrogeológicos e hidrogeoquímicos herramientas que sean útiles para la exploración de acuíferos que contengan agua con bajo contenido en arsénico. Transferencia de conocimientos adquiridos en el proyecto a través de la capacitación de recursos humanos tanto a nivel científico como de capacidad de gestión y toma de decisiones.

### Impacto del Proyecto

#### Impacto sobre el sector socio-económico y/o sector productivo

Base de Datos Hidrogeológicos e Hidroquímicos de las provincias involucradas y Áreas Piloto. Base de Datos bibliográfica con la recopilación de la principal bibliografía existente a nivel mundial y de Argentina sobre la problemática del As y las aguas subterráneas, que seguirá activa durante el desarrollo del estudio. A la base creada se podrá acceder por distintas entradas (autor, año, contenido con palabras clave, etc), en la que se recogerán tanto las referencias de los artículos encontrados, como un resumen de su contenido y su localización física o electrónica. Estado de situación del conocimiento de la concentración y distribución espacial y profundidad del Arsénico y otros oligoelementos en Aguas Subterráneas en el Centro Norte de Argentina, brindando herramientas específicas científico-técnicas para la exploración de acuíferos que contengan agua con bajo contenido en arsénico, y explotación de los mismos. Mapas temáticos de características hidrogeológicas, hidrodinámicas e hidroquímicas (a escala regional y local) que controlan la movilidad, distribución, especiación y estabilidad redox del As en los sistemas naturales estudiados de la República Argentina. Metodología ajustada de estudios específicos, hidrogeológicos, hidrogeoquímicos, de campo y laboratorio, para la determinación y predicción de la movilidad del arsénico en sectores representativos de la región pampeana, y su posible validación subregional. Puesta a punto de técnicas de especiación del As sobre la proporción de As 3 y As 5 en aquellas aguas que presentan un elevado contenido de As total y unificación de metodología de muestreo, cadena de custodia, análisis químicos en laboratorio del agua subterránea, geoquímica y sedimentología. Capacitación de Recursos Humanos para su desempeño en los Organismos de gestión provinciales y otros afines a la temática. Modalidad de transferencia: Transferencia de conocimientos adquiridos en el proyecto a través de la capacitación de recursos humanos tanto a nivel científico-técnico, como de capacidad de gestión y toma de decisiones. Capacitación en el campo, gabinete y laboratorios. Talleres y Conferencias provinciales y regionales. Especial atención a



## COMPORTAMIENTO Y EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ONGs y Comunidad organizada. Edición de Manuales técnicos de procedimientos para los estudios específicos regionales y locales, de campo y laboratorio. Producción de notas científico-técnicas para la prensa y periodismo científico de divulgación. Desarrollo de una página Web desde el inicio del Proyecto. Plan de transferencia: Establecimiento de un grupo específico de difusión con actividad permanente durante el desarrollo del Proyecto con contraparte en las provincias. Organización de Cursos regionales, talleres temáticos y Conferencias a todo nivel. Capacitación en trabajo de profesionales y técnicos de los Organismos involucrados. Twinning entre integrantes de Organismos provinciales, laboratorios y otras entidades. Presentación final del proyecto.

### Impacto sobre las capacidades institucionales

En la zona de estudio se encuentra la mayor parte de la población argentina. La existencia de red de agua corriente (en el total de las viviendas, población rural agrupada y dispersa) fue escogida para señalar la exposición y el posible riesgo sanitario de la población. Las provincias argentinas de la región chacopampeana que poseen arsénico en sus aguas subterráneas son: Buenos Aires, Salta, Córdoba, Santiago del Estero, Santa Fe, La Pampa, Chaco, Jujuy y Formosa, principalmente. La existencia de red de agua corriente por vivienda (INDEC, 2001) es para: Buenos Aires (si) 3.520.022, (no) 1.186.895 Salta (si) 253.045, (no) 21.113 Córdoba (si) 948.919, (no) 108.774 Santiago del Estero (si) 156.708, (no) 50.108 Santa Fe (si) 864.759, (no) 167.958 La Pampa (si) 98.804, (no) 13.776 Chaco (si) 207.285, (no) 56.753 Jujuy (si) 154.691, (no) 11.924 Formosa (si) 98.011, (no) 31.601. La Existencia de red de agua corriente en población rural agrupada menos de 2000 h (INDEC, 2001) es para: Buenos Aires (si) 55.026, (no) 37.025 Salta (si) 14.474, (no) 1.269 Córdoba (si) 48.582, (no) 11.115 Santiago del Estero (si) 10.602, (no) 6.519 Santa Fe (si) 31.746, (no) 23.195 La Pampa (si) 12.321, (no) 782 Chaco (si) 7.479, (no) 1.927 Jujuy (si) 11.672, (no) 980 Formosa (si) 3.922, (no) 716. La Existencia de red de agua corriente en población dispersa (INDEC, 2001) es para: Buenos Aires (si) 31.486, (no) 115.458 Salta (si) 15.795, (no) 19.046 Córdoba (si) 24.227, (no) 50.060 Santiago del Estero (si) 11.156, (no) 35.860 Santa Fe (si) 13.817, (no) 53.702 La Pampa (si) 2.762, (no) 10.004 Chaco (si) 9.113, (no) 32.180 Jujuy (si) 10.828, (no) 8.881 Formosa (si) 3.732, (no) 19.967. El consumo de agua con valores superiores a 10  $\mu\text{g/l}$  puede ocasionar una enfermedad denominada HACRE. Existen unos pocos estudios epidemiológicos publicados hasta la fecha; sin embargo, esto no es suficiente para dimensionar la problemática sanitaria teniendo en cuenta la cantidad de población asentada en áreas de peligrosidad; estas proveen de agua potable a millones de personas, a millones de cabezas de ganado, a la agricultura de regadío y a las industrias de la región. Además del consumo, el agua con altos valores de arsénico es utilizada en la agricultura bajo riego y en la cocción de alimentos, incorporándose a la dieta diaria de la población. La población con NBI presenta mayor riesgo y vulnerabilidad a contraer enfermedades. Los beneficios de las medidas mitigantes que se podrían implementar ante los resultados obtenidos por el presente proyecto se verán reflejados en la calidad y costos de los productos agro-industriales, en la salud de la población, en la canasta básica total de la población al consumir en menor medida agua envasada y en la SSRH (como Entidad Adoptante) una mayor eficiencia de sus objetivos como organismo público.

### Impacto sobre las áreas disciplinares o campos de aplicación

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. Con sus casi 2.000.000 de  $\text{km}^2$ , es portadora de uno de los acuíferos con mayor ingerencia 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. Las provincias mayormente afectadas son Córdoba, Buenos Aires, Santa Fe, La Pampa y Tucumán, entre otras, involucrando a más de dos millones de personas (Smedley y Kinniburgh, 2002). No obstante la importancia y la extensión señalada, este acuífero, salvo en casos puntuales, no tiene la suficiente investigación como para tener un conocimiento y conceptualización hidrogeológica más acabada y detallada, en todo lo que concierne a su hidrodinámica, procesos y fenómenos de recarga, y procesos geoquímicos que se llevan a cabo en el mismo. La evolución temporal y areal del arsénico y otros iones asociados como son flúor y vanadio, se constituye en una variable muy importante a la hora de tener que gestionar y/o planificar un servicio de agua potable. En la actualidad no hay demasiada información como para tener una precisión de la temática. El principal problema, entonces, que plantea la presencia de elevados tenores de arsénico en las aguas subterráneas es la dificultad de cuantificar el impacto real que sobre la población, puede tener, tanto a lo largo del tiempo, como, en casos puntuales de acuíferos que abastecen a pequeñas poblaciones. Por otro lado, poco es lo que se ha experimentado mediante ensayos de laboratorio sobre sedimentos propios del acuífero Pampeano. Gran parte de las investigaciones sobre estos fenómenos fueron realizadas sobre muestras pertenecientes al delta de Bangladesh, una de las regiones con mayor población afectada por esta problemática. Sin embargo, en el acuífero Pampeano predominan las condiciones oxidantes y es de esperar que fenómenos como la desorción de As por reducción de los óxidos de Fe, o por la reducción del As (V) a As (III) no sean procesos de mayor importancia (Smedley, et al. 2005, Smedley y Kinniburgh, 2002). La variabilidad en el contenido del oligoelemento puede deberse a tres factores preponderantes: litológicos, hidráulicos y químicos. En el piloto de mayor área, provincia de La Pampa, se pretende observar especialmente la presencia y condiciones en áreas de recarga y descargahidráulica del agua subterránea, con especial interés en la variación temporal y vertical del ión y su comportamiento en la zona no saturada. En el piloto local -en la provincia de Buenos Aires- se estudiará detalladamente el origen relacionado con los sedimentos presentes y los fenómenos hidroquímicos e hidrogeológicos modificadores que pueden tener lugar en el ambiente bajo estudio y que controlan también la movilidad del arsénico. Se pretende lograr un conocimiento en detalle de la relación entre la presencia de arsénico y los diferentes rasgos geomorfológicos, geológicos e hidroquímicos, así como sobre la manera de cómo se libera el arsénico al agua subterránea y su transporte con los flujos (horizontales y verticales) de la misma. La presencia del arsénico en las aguas naturales viene también controlado por los procesos de adsorción, intercambio catiónico, disolución/precipitación, y las reacciones redox. Generalmente, el As (III) tiende a ser adsorbido en los suelos en comparación con el As(V) que es más soluble y más difícil de remover de la solución. Por esto, es fundamental también entender los procesos de transporte, adsorción y oxidación del arsénico en el suelo y en las aguas subterráneas para reducir el riesgo a ser expuesto a una contaminación por el mismo. Otro factor importante de destacar en esta región, es la anarquía que existe en la construcción de las perforaciones, fundamentalmente rurales, donde las mismas se llevan a cabo sin ningún criterio hidrogeológico, falta de conocimiento y escasa o nula participación de los organismos de aplicación del ámbito provincial, que traen como consecuencia que los datos aportados por las mismas nunca llegan a formar parte de bases de datos oficiales ni mucho menos del conocimiento público. El consumo de agua subterránea en nuestro país ha experimentado en los últimos años un incremento sustancial, cuyos factores esenciales hay que buscarlos en el crecimiento de la población, a cuya satisfacción ha contribuido de manera sustantiva la explotación de los recursos subterráneos, pero sumamente limitado por la presencia de elementos nocivos para la salud como el arsénico. El impacto sobre el conocimiento, realizado por la ejecución de este proyecto, y en sus distintos campos, contribuirá a mejoras en el ámbito de la salud y en la gestión de riesgos hídricos de una vasta región de nuestro país, y servirá como base para la mejor exploración y explotación del recurso hídrico subterráneo, fundamentalmente, debido a las especiales características de este elemento en el agua subterránea. Es por eso que en este proyecto la transferencia del conocimiento a los distintos gestores del agua en todo el país será de un alto impacto y contribuirá a permitir: 1) optimizar la gestión, explotación y definición de las medidas de preservación del recurso 2), contribuir al diseño de pequeñas obras de explotación en zonas rurales, 3) transferir el conocimiento a otras disciplinas que hasta la fecha desconocen la temática como la medicina, los educadores, veterinarios, ingenieros agrónomos, etc.