



# AGUA SEGURA A BAJO COSTO

## PLANTA DE REMOCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA MEDIANTE LA TÉCNICA ZVI

### **i** Información general

#### **Síntesis**

El proyecto consiste en la instalación de una planta de remoción de arsénico en la localidad de Castelli, Pcia. de Buenos Aires. La tecnología utilizada es sencilla y de muy bajo costo comparada con otras utilizadas comúnmente. A partir de ensayos de laboratorio previos y el trabajo de campo realizado con el personal de la cooperativa de servicios de Castelli, que tiene a su cargo la distribución de agua, en un proyecto de extensión previo (2015-2016) se pudo ajustar el diseño de la planta piloto en pequeña escala (700 litros por día) y se verificó el buen funcionamiento del proceso. En este proyecto se propone fortalecer y dar continuidad al emprendimiento iniciado, llevando la producción a una escala mayor, del orden de cuatro mil litros por día. Esta escala de producción resulta de interés en vistas a replicar el proyecto en otras zonas afectadas por el arsénico, especialmente en áreas rurales con baja densidad de población que se abastece con agua de pozo, permitiendo proveer de agua segura para consumo distribuida en bidones a 200 hogares, con bidones de 20 litros de agua por día.

#### **Convocatoria**

Convocatoria Ordinaria 2016

#### **Palabras Clave**

#### **Línea temática**

PRODUCCIÓN, ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIA

**Unidad ejecutora**

Facultad de Ingeniería

---

**Facultades y/o colegios  
participantes**

---

**Destinatarios**

Población de la localidad de Castelli comprendida en el área de influencia de la cooperativa de servicios CUECCA.

---

**Localización geográfica**

El proyecto se desarrollará tanto en la Facultad de Ingeniería como en la Cooperativa de Servicios de la localidad de Castelli. En la Facultad se trabajará en la construcción de la planta y se realizarán los ensayos de laboratorio sobre las muestras de agua tratada. En la cooperativa se instalará la planta y se realizará el resto de las actividades comprendidas en el proyecto.

La cooperativa pertenece a FEDECOBA (Federación de Cooperativas de Electricidad y Servicios de la Provincia de Buenos Aires Limitada), federación que nuclea a 140 Cooperativas. De ellas unas 66 presta el servicio de distribución de agua potable a lo largo y ancho de la Provincia de Buenos Aires.

---

**Centros Comunitarios de Extensión Universitaria**

---

**Cantidad aproximada de destinatarios directos**

0

---

**Cantidad aproximada de destinatarios indirectos**

0

---

## ☰ Detalles

---

### Justificación

El arsénico (As) es un elemento que por su elevada toxicidad, ejerce una significativa limitación sobre la potabilidad del agua. Elevadas concentraciones ( $>10 \mu\text{g/l}^*$ , límite OMS) afectan a 140 millones de personas en 70 países a lo largo del mundo. La llanura Chaco-Pampeana es una región reconocida a nivel mundial por su elevado contenido de As en agua subterránea, donde el área involucrada abarca 106 km<sup>2</sup> de nuestro país afectando a 4 millones de habitantes. En la Provincia de Buenos Aires 87 % del territorio se ve afectado, llegando a niveles de As  $>100 \mu\text{g/l}$ , principalmente en la zona sur y noroeste.

La mayor parte del As incorporado a los acuíferos utilizados para abastecimiento en nuestro país, tiene origen natural y provino de la disolución de minerales vinculados a erupciones volcánicas y actividad hidrotermal, principalmente en la Cordillera de los Andes, en los últimos 5 millones de años.

La ingesta prolongada de agua con tenores elevados de As causa daños al organismo, dando lugar a una enfermedad conocida como hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE). Produce cáncer de riñón, hígado, pulmón entre otros. Se acumula en huesos, músculos y piel. Se fija en pelos y uñas produciendo hipo/hiper pigmentación, queratosis y cáncer de piel. En zonas donde se conoce este problema, la población con recursos económicos compra bidones de agua potable segura para consumo, pero aquellos con escasos recursos consumen agua de pozo (directamente o a través de la red).

En ese contexto se ha desarrollado una planta simple y sencilla, basada en el empleo de la técnica "Hierro Cero-Valente" (ZVI), que permitirá obtener hasta 4 m<sup>3</sup>/día de agua de bebida libre de arsénico en forma continua para la cooperativa de servicios de la localidad de Castelli. La propuesta se apoya en el importante el vínculo establecido previamente con FEDECOBA (federación de cooperativas de la provincia de Bs As.), y en particular con la Cooperativa de Castelli, que permite trabajar en forma conjunta para resolver las problemáticas concretas de la explotación de la planta y buscar soluciones adaptando el diseño. De resultar exitosa la intervención propuesta en este proyecto, se tendrá una solución replicable para todas las cooperativas u organizaciones con problemáticas similares en la calidad del agua.

\* microgramos por litro

---

### Objetivo General

Fortalecer y dar continuidad al emprendimiento iniciado con la cooperativa de servicios de Castelli para producir agua libre de arsénico. Asimismo se espera construir nuevos saberes en la interacción entre los distintos actores del proyecto durante la puesta en marcha y mantenimiento de la planta: operarios, personal administrativo de la cooperativa, alumnos, graduados y docentes de la Facultad de Ingeniería.

---

## Objetivos Específicos

- Llevar a campo la tecnología desarrollada en el Departamento de Hidráulica para la remoción de arsénico tri-valente y penta-valente en aguas subterráneas contaminadas.
  - Obtener un diseño final de la planta que incluya, tanto los aspectos técnicos previamente analizados, como los requerimientos que surgen de su funcionamiento en un contexto real con la participación activa de los operarios de la planta.
  - Aumentar el alcance del servicio de distribución de agua segura para consumo.
- 

## Resultados Esperados

- Obtener de 150 a 200 bidones de 20 litros de agua libre de arsénico por día.
  - Identificar y resolver dificultades u obstáculos que puedan surgir al pasar de la escala piloto de 700 a 4.000 litros por día.
  - Proponer planes de gestión de los residuos generados en el proceso y de distribución de agua tratada.
  - Elaborar en forma colectiva información relevante para ser transferida a otros emprendimientos.
  - Demostrar que puede realizarse un emprendimiento semejante en otros ámbitos, especialmente donde la población no tienen recursos para acceder al agua disponible comercialmente.
  - Fortalecer el emprendimiento cooperativo para la producción y envasado del agua tratada.
- 

## Indicadores de progreso y logro

Eficiencia de remoción: Se evaluará el porcentaje de remoción, a partir de las determinaciones de contenido de As realizadas en el agua a tratar y en el agua tratada en las instalaciones del laboratorio de la Facultad y por parte de los operadores con tiras reactivas.

Estabilidad del caudal de agua a tratar: Durante la operación de la planta los operadores de la cooperativa determinarán diariamente el caudal y realizarán correcciones en caso de ser necesario.

Comunicación: El intercambio de información entre los actores del proyecto, tanto en forma presencial como a distancia, está previsto como indicador fundamental para identificar obstáculos y proponer reorientación a las acciones previstas.

Adecuación de la tecnología: Las dificultades en la operación y mantenimiento serán un indicador a tener en cuenta. El logro de los objetivos estará condicionado a la adecuación de la tecnología para operarios no especializados.

Estos indicadores serán útiles para dar sustentabilidad al proyecto.

---

## **Metodología**

Reuniones de coordinación y evaluación de resultados: Se coordinará mediante reuniones previas, contacto telefónico e email las actividades a realizar con los dirigentes de la cooperativa y de FEDECOBA. A finalizar se discutirá con todos los integrantes del proyecto los resultados obtenidos y los pasos a seguir.

Tareas de construcción: Se construirá y de se probará en la Facultad cada módulo de la planta a llevar a Castelli. De esta tarea participaran alumnos, coordinadores y personal técnico del Departamento de Hidráulica.

Talleres: Al momento de la instalación y puesta en marcha de la planta se realizará un taller (que probablemente se realice en dos etapas) con el objetivo de capacitar al personal involucrado en la realización de diferentes actividades que incluirán: la operación de la planta, los controles necesarios, el muestreo y el planteo inicial de la problemática de disposición de los residuos.

Seguimiento diario e intercambio de información: Diariamente se consultará a los operadores sobre el estado de la planta y las dificultades encontradas. Se discutirán soluciones en conjunto frente a los problemas planteados.

Análisis de muestras. Se realizaran en el laboratorio del Departamento de Hidráulica de la Facultad.

---

## **Actividades**

- 1.- Se realizará un encuentro en la localidad de Castelli, con los involucrados por parte de la Cooperativa, a fin de intercambiar información, inquietudes, ajustar los aspectos logísticos necesarios, etc.
- 2.- El diseño y construcción de la planta se realizará en el Departamento de Hidráulica, a partir de los avances ya realizados en la etapa de investigación y prueba en campo de la planta en su versión inicial.
- 3.- El equipo se llevará al sitio para su instalación y puesta a punto. También se llevaran los insumos necesarios para la operación de la planta.
- 4.- Luego de instalado el prototipo se tomarán tres muestras semanales a la salida del sistema para la determinación de arsénico (As) y hierro (Fe). Semanalmente se traerán las muestras de la semana al laboratorio del Departamento de Hidráulica para él análisis en el laboratorio de los parámetros mencionados y se retirarán envases para la semana siguiente (análisis interno).

- 5.- El operador del prototipo realizará un monitoreo diaria del caudal de operación y del contenido de As a la salida del sistema cada dos días utilizando kit de tiras reactivas.
  - 6.- A los 15 y 30 días de funcionamiento continuo del prototipo se tomarán muestras para la realización de análisis fisicoquímico del agua tratada (análisis externo).
  - 7.- En base a los resultados de los dos primeros meses de operación, se evaluarán los parámetros indicadores de la eficacia del proceso con vistas a realizar ajustes al diseño.
  - 8- Se dedicarán dos meses (estimativamente) al ajuste y adaptación de diseño, su materialización y su nueva puesta en operación.
  - 9.- En paralelo con las etapas mencionadas, se evaluarán las condiciones de manipulación y las características del residuo del proceso, para recomendar alternativas seguras de disposición de los mismos.
  - 10.- A lo largo de todo el proceso se trabajará en la evaluación de costos del proceso y de las posibilidades de distribución del agua tratada.
  - 11.- Al cierre del proyecto, se realizará una evaluación global de las etapas realizadas, los resultados obtenidos, los obstáculos encontrados en el proceso y se plantearán las recomendaciones que surjan para dar continuidad al tema objeto de este proyecto.
-

## Cronograma

<b>ACTIVIDADES</b>
<b>DIAGRAMACION GENERAL DE ACTIVIDADES (Mes 1)</b>
coordinación con los referentes de la Cooperativa
viaje para observación de instalaciones
<b>DISEÑO , CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA PRUEBAS PRELIMINARES (Mes 1-3 y 8)</b>
construcción de la planta en el Dpto. de Hidráulica/montaje en lab./prueba
pruebas en laboratoiro
eventuales mejoras/adaptaciones (luego de evaluación parcial)
<b>MONTAJE DE LA PLANTA PILOTO ( Mes 3 - 4)</b>
Adaptación de las instalaciones en campo en campo
instalación y puesta a punto
<b>CAPACITACIÓN DE LOS OPERARIOS ( Mes 3 - 4)</b>
elaboración de manual de procedimientos para los operarios
taller de capacitación en aspectos básicos del proceso y disposición de residuos
<b>INICIO DE LA OPERACIÓN CONTINUA ( Mes 4 - 6) y (Mes 9 - 11)</b>
pruebas y puesta a punto del proceso
<b>MONITOREO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA ( Mes 4 - 6)</b>

Toma de muestra 3 veces por semana (para enviar a dpto de hidráulica)
Análisis de las muestras en dpto de hidráulica (As y Fe)
Muestreo 3 veces por semana para verificación interna (As) (monitoreo mediante tiras reactivas)
Muestreo eventual para análisis externo
<b>EVALUACIÓN PARCIAL</b> <b>( Mes 7)</b>
evaluación de estado de avance
<b>EVALUACIÓN Y REDACCIÓN DE INFORME</b> <b>(Mes 9 - 11)</b>
evidencias de cumplimiento del objetivo de remoción de As
identificación de dificultades /obstáculos
recomendaciones/continuidad del proyecto
Evaluación de costos y posibilidades para la distribución del agua

## **Bibliografía**

Antecedentes, algunas de las publicaciones realizadas:

Evento: Argentina Ambiente 2015

Título: Remoción de As en columnas con ZVI. Efecto de las variables operativas

Autores: E. Berardozi, G. Ortigoza Medina, C. Lucino, y F.S. García Einschlag

Lugar: Buenos Aires, Argentina.

Fecha: Diciembre de 2015.

Evento: XIX Congreso Argentino de Fisicoquímica y Química Inorgánica.

Título: Influencia de las condiciones operativas sobre la producción de Fe(II) en columnas rellenas con hierro cero valente: análisis de las superficies de respuesta.

Autores: Eliana Berardozzi; Jorge A. Donadelli; y Fernando S. García Einschlag.

Lugar: Buenos Aires, Argentina.

Fecha: Abril de 2015.

Evento: 30° Congreso Argentino de Química

Título: Remoción continua de arsénico empleando hierro cero valente. Evaluación de las etapas de oxidación del hierro metálico y análisis de la curva de ruptura a escala piloto

Autores: Eliana Berardozzi, Edgardo Contreras, Carlos Tagliero y Fernando S. García Einschlag

Lugar: Buenos Aires, Argentina

Fecha: Octubre de 2014

Evento: 4° Jornada de Agricultura Familiar

Título: Probando un Prototipo para remover el arsénico del agua de consumo familiar, basado en la técnica de Hierro Cero Valente.

Autores: Eliana Berardozzi, Joaquín Córdoba, Cecilia Verónica Lucino, Fernando García Einschlag; Sergio Oscar Liscia y Alejandra Moreyra

Lugar: La Plata, Argentina

Fecha: Agosto de 2014

Evento: 5° Congreso Internacional sobre Arsénico en el medio ambiente

Título: Effects of changes in operating conditions on the iron corrosion rate in zero valent iron columns

Autores: E. Berardozzi, J. M. Galindez y F. S. García Einschlag

Lugar: Buenos Aires, Argentina

Fecha: Mayo de 2014

Evento: 4° Congreso de Ciencias Ambientales – COPIME 2013

Título: Diseño de prototipo basado en la técnica ZVI para la remoción continua de arsénico.

Autores: Eliana Berardozzi, Elena Rosales, Cecilia Lucino y Sergio Liscia.

Lugar: Buenos Aires, Argentina.

Fecha: Octubre de 2013.

Evento: XVIII Congreso Argentino de Fisicoquímica y Química Inorgánica.

Título: Procesos fisicoquímicos relevantes para la remoción de arsénico en sistemas continuos basados en el empleo de hierro metálico.

Autores: Eliana Berardozzi, Natalia Matamoros, Mariana Costante, Cecilia Lucino, Sergio Liscia, Andrés Porta, Edgardo Contreras y Fernando S. García Einschlag.

Lugar: Rosario, Argentina.

Fecha: Abril de 2013.

Título del Libro: Arsenic: Sources, Toxicity and Environmental Impact

Editor: Andrea Masotti

Título del Capítulo: Arsenic removal in continuous systems using zero-valent iron fixed beds. (Capítulo #16)

Autores: Fernando S. García Einschlag\* y Juan Manuel Triszcz.

Editorial: Nova Science Publishers, Inc. 400 Oser Ave Suite 1600 Hauppauge New York 11788-

3619 United States of America

Link: [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=32809](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=32809) ISBN: 978-1-62081-320-1

Título: Métodos basados en el empleo de hierro cero-valente. Influencia del As sobre la oxidación de especies de hierro

Autores: Juan M. Triszcz, Andrés Porta y Fernando S. García Einschlag

Evento: XVII Congreso Argentino de Fisicoquímica

Lugar: Córdoba, Argentina

Fecha: Mayo de 2011

Título: Desempeño del comportamiento de columnas reactivas permeables para el tratamiento de aguas arsenicales.

Autores: Juan M. Triszcz, Elena Rosales, Andrés Porta y Fernando S. García Einschlag.

Evento: 9na Jornadas Expo Universidad Comunidad & III Congreso Internacional sobre cambio climático y 20 desarrollo sustentable.

Lugar y Fecha: La Plata, Argentina. Agosto de 2011

Título: Evaluación del desempeño de los procesos de precipitación química para la remoción de arsénico y fluoruro en agua.

Autores: Juan M. Triszcz, Mariana L. Riesgo, Elena M. Rosales y Fernando S. García Einschlag.

Revista: Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ISA, AIDIS Argentina, ISSN: 0328-2937) Vol. 114, 2011 31-35

Título: "Evaluación del desempeño de un sistema continuo para el abatimiento de Arsénico empleando la técnica ZVI".

Autores: Juan M. Triszcz\*, Luciana Chippano, Enzo Pacho y Fernando S. García Einschlag

Revista: Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ISA, AIDIS Argentina, ISSN: 0328-2937) Vol 104, 2009, 52-58 10.1.06

Título: Effect of operating conditions on iron corrosion rates in zero-valent iron systems for arsenic removal.

Autores: Juan M. Triszcz, Andrés Porta and Fernando García Einschlag\*.

Revista: Chemical Engineering Journal, 2009, 150, 431-439 (ISSN: 1385-8947)

Título: Estudio de adsorción de As(III) y As(V) sobre partículas de HFO en suspensión.

Autores: Juan M. Triszcz, Andrés A. Porta and Fernando S. García Einschlag.

Evento: V Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental.

Lugar: Mar del Plata, Argentina.

Fecha: Abril de 2008.

Título: Corrosión de hierro cero-valente en presencia de concentraciones crecientes de arsénico

Autores: Juan M. Triszcz, L. Chippano, Daniela N. Zuliani, Rocío .C. Rava, Cecilia E. Bernardelli, Roberto T. Casagrande y Fernando S. García Einschlag.

Evento: XXVII Congreso de la AQA  
Lugar: San Miguel de Tucumán, Argentina.  
Fecha: Septiembre de 2008.

Título: Cinética de formación de Fe(III) en la técnica ZVI para la remoción de arsénico de aguas de consumo

Autores: Juan M. Triszcz, Elena M. Rosales y Fernando S. García Einschlag  
Revista: CIENCIA, Año 2007 (ISSN: 1668-2009) 10.1.04

Título: Tratamiento de aguas arsenicales mediante el empleo de ZVI. Filtración de suspensiones de oxi/hidroxidos de hierro.

Autores: Juan M. Triszcz, Nicolás Luchessi y Fernando S. García Einschlag  
Revista: ISA, AIDIS Argentina, N° 99, 2008 Pág 52-57. (ISSN: 0328-2937) 10.1.05

#### Bibliografía

- Auge, M., Espinosa Viale, G., y Sierra, L. Arsénico en el agua subterránea de la provincia de Buenos Aires (2013). VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Hispano Latinoamericano de Hidrología Subterránea.
- Bhattacharya, P., Claesson, M., Bundschuh, J., Sracek, O., Fagerberg, J., Jacks, G., Martin, R., Storniolo, A. del R. and Thir, M., 2006. Distribution and mobility of arsenic in the Rio Dulce alluvial aquifers in Santiago del Estero Province, Argentina. *Science of the total Environment*. 358 (1), 97-12.
- Bundschuh, J., Farias, B., Martin, R., Storniolo, A., Bhattacharya, P. and Corte, J., 2004. Groundwater arsenic in the Chaco-Pampean Plain, Argentina: case study from Robles county, Santiago del Estero province, Argentina. *Applied Geochemistry* 19 (2), 231-243.
- Castro de Esperanza, M.L., Wong, M. Remoción de arsénico a nivel domiciliario, HDT – CEPIS NO 74: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsair/e/hdt/hdt74.pdf>.
- Melitas, N., Wang, J.P., Conklin, M , O'Day, P., Farrell, J., 2002. Understanding soluble arsenate removal kinetics by zerovalent iron, *Environ. Sci. Technol.* 36 (2002) 2074-2081.
- Nicolli, H.B., Suriano, J.M., Gomez Peral, M.A., Ferpozzi, L.H., Balean, O., 1989. Groundwater contamination with arsenic and other trace – element in an area of the Pampa, Argentina. *Applied Geol. Water Sci.* (14): 3-16.
- Ravenscroft, P., Brammer, H., and Richards, K. (2009). *Arsenic Pollution: A Global Synthesis*. John-Wiley and Sons, Oxford
- Triszcz, J.M., Porta A. and García Einschlag F.S. Effect of operating conditions on iron corrosion rates in zero-valent iron systems for arsenic removal, *Chemical Engineering Journal*, 150 (2009) 431-439 (y referencias allí citadas).

---

#### **Sostenibilidad/Replicabilidad**

A través de los indicadores propuestos se espera lograr un avance en la confiabilidad del manejo de la planta que garantice la sostenibilidad. Se estima que el trabajo cooperativo con pautas organizativas y de asignación de responsabilidades consensuadas serán condiciones requeridas para dar sostenibilidad al proyecto.

Asimismo, del buen resultado de este proyecto se desprenderá la posibilidad de replicarlo en ámbitos similares (cooperativas de servicios) o a través de otras organizaciones sociales que puedan hacerse cargo de un emprendimiento similar.

---

## **Autoevaluación**

Los antecedentes de más de diez años de trabajo en forma continua, a lo largo de los cuales se desarrollaron proyectos de investigación, desarrollo, extensión y de formación de postgrado, evidencian el compromiso de la Facultad de Ingeniería y la Universidad con esta temática. Se ha consolidado un grupo de trabajo que orientó la investigación y el desarrollo de tecnología a resolver un problema concreto que afecta a la población de nuestro país, como es la contaminación del agua de pozo por altos contenidos de arsénico.

Es fundamental que en este camino de construcción de saberes, además de la componente científico-técnica, esté presente el contexto real de uso de la tecnología y la mirada de los actores que tendrán a su cargo la planta. Es por eso que la inserción del proyecto en el territorio en esta etapa es fundamental, ya que no se trata de un "producto" que pueda desarrollarse totalmente en un ámbito académico para luego ser llevado con éxito a cualquier sitio. Se trata de un proceso de intercambio de experiencias, construcción de conocimientos y apropiación de saberes, fundamentales para ganar confianza y resolver los problemas que se presenten. En este sentido, cabe mencionar que el antecedente de realización de un proyecto de extensión reciente (planta piloto en pequeña escala) con la cooperativa de Castelli favorece la factibilidad del proyecto.

Se puede decir que, contando con los insumos necesarios previstos, el trabajo podrá realizarse satisfactoriamente y representará un avance importante para poder ofrecerse a otras cooperativas u organizaciones con capacidad de gestionar emprendimientos similares.

## Participantes

<b>Nombre completo</b>	<b>Unidad académica</b>
Lucino, Cecilia Veronica (DIRECTOR)	Facultad de Ingeniería (Profesor)
Berardozzi, Eliana (CO-DIRECTOR)	Facultad de Ingeniería (Auxiliar)
Del Blanco, Maria Mercedes (COORDINADOR)	Facultad de Ingeniería (Auxiliar)
Ortigoza Medina, Gabriela De Jesus (PARTICIPANTE)	Facultad de Ingeniería (Alumno)
Maffey Fallesen, Diego Nicolás (PARTICIPANTE)	Facultad de Ingeniería (Alumno)
Saralegui, Gustavo David (PARTICIPANTE)	Facultad de Ingeniería (Profesor)
Garcia Einschlag, Fernando (PARTICIPANTE)	Facultad de Ciencias Exactas (Profesor)

## Organizaciones

<b>Nombre</b>	<b>Ciudad, Dpto, Pcia</b>	<b>Tipo de organización</b>	<b>Nombre y cargo del representante</b>
CUECCA	Castelli, Buenos Aires	Cooperativa	Silvia Rollié, Presidenta de la Cooperativa
FEDECOBA	Azul, Buenos Aires	Federaciones regionales	Ricardo Ceriale, Asesor agua y saneamiento