

**II ENCUENTRO DE
COMUNICACIÓN,
INVESTIGACIÓN, DOCENCIA Y
EXTENSIÓN**

Y

**I FORO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

GAIA

**(GRUPO DE ACTIVIDADES INTERDISCIPLINARIAS
AMBIENTALES) - UTN – FRLR**



Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Rioja. Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales

II Encuentro de Comunicación, Investigación, Docencia y Extensión y I Foro de Ingeniería Ambiental UTN FRLR / compilado por Vicente Calbo; coordinación general de María Cecilia Baldo - 1a ed compendiada. - La Rioja: Suyay, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-48010-0-5

1. Actas de Congresos. 2. Ingeniería. I. Calbo, Vicente, comp. II. Baldo, María Cecilia, coord. III. Título.
CDD 620.8

ISBN 978-987-48010-0-5



9 789874 801005

TRABAJOS II ECIDE y I FIA

**II ENCUENTRO DE
COMUNICACIÓN,
INVESTIGACIÓN, DOCENCIA Y
EXTENSIÓN**

Y

**I FORO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

GAIA

**(GRUPO DE ACTIVIDADES INTERDISCIPLINARIAS
AMBIENTALES) – UTN - FRLR**

PRÓLOGO

La Facultad Regional La Rioja, entre sus políticas y acciones, prioriza la participación de sus investigadores en eventos de comunicación de resultados de los proyectos de investigación y extensión, sin descartar otras actividades académicas.

Docentes investigadores, extensionistas, doctorandos y maestrandos, tienen la oportunidad y posibilidad de presentar sus ponencias localmente, en un evento de calidad y rigor evaluativo, como primeros pasos o consolidación de experiencia previa para la participación en eventos más amplios, sean nacionales o internacionales. La convocatoria es amplia y se suman las comunidades académicas de otras universidades radicadas en la provincia de La Rioja.

Quienes llevamos años en la carrera de docente investigador, sabemos por experiencia que los comienzos son difíciles, por ello, en 2017 dimos origen al Primer Encuentro de Comunicación, Investigación, Docencia y Extensión, como evento a repetir cada dos años. Transcurrido este tiempo, y con las carreras de posgrado “Especialización en Ingeniería Ambiental” y “Maestría en Ingeniería Ambiental”, se sumó un espacio especial para los cursantes de las mismas, el Primer Foro de Ingeniería Ambiental.

Esperamos estar logrando los objetivos originalmente planteados.

Dr. Vicente Calbo
Secretario de Ciencia y Tecnología
UTN Facultad Regional La Rioja

HIDROARSENICISMO - ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE ARSENICO DE LA RIOJA

Calbo, Vicente^(1,5); Soulé, Rubén^(3,5); Baldo, Cecilia^(1,4,5); Munuce, Cecilia^(2,5); Díaz, Esteban^(1,5); Mercado, Manuel^(2,5); Alitta, Mónica^(3,5); Julián, Silvia^(2,5); Morzán, Laura⁽⁵⁾ y Bruculo, Romina⁽⁵⁾

⁽¹⁾Departamento de Ingeniería Civil

⁽²⁾Departamento Materias Básicas

⁽³⁾Departamento Ingeniería Electromecánica

⁽⁴⁾Departamento Ingeniería Electrónica

⁽⁵⁾GAIA: Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales
Facultad Regional La Rioja – UTN

vicentecalbo@yahoo.com.ar

Resumen

El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre con una concentración media de 2 mg/kg. Está presente en cantidades ínfimas en todo tipo de rocas, suelos, agua y aire. El arsénico se acumula en los tejidos produciendo la enfermedad que se conoce con las siglas HACRE (Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico) que afecta seriamente la salud de las personas. La presencia de arsénico en del agua subterránea es un problema mundial, puesto que este elemento tiene poder carcinógeno y neurotóxico. El propósito de este trabajo surge frente a la demanda concreta planteada por el IPALaR (Instituto Provincial del Agua de La Rioja), dada la necesidad de detectar la cantidad de arsénico presente en aguas subterráneas de la provincia de La Rioja. Con los datos nuevos y los ya existentes, se pretende actualizar el mapa de arsénico de la provincia. En el caso puntual de La Rioja, se dan tres situaciones diferentes en cuanto al abastecimiento de agua: agua de red gerenciada por organismos específicos (Aguas Riojanas), agua de red administrada por el IPALaR o por los municipios y agua abastecida directamente de las fuentes subterráneas en zonas rurales. En los dos primeros casos hay controles sistemáticos y tratamiento del agua y en el tercero generalmente no. Debido al conocimiento parcial de la situación de las perforaciones en zonas rurales, se comenzó con lo planificado para el año 2019. En forma conjunta con el IPALaR y el IRePCySA (Instituto Regional de Planificación, Control y Servicios Ambientales) se procedió a la toma de muestras de perforaciones ubicadas sobre Ruta Provincial N°5, su análisis y evaluación de resultados. En base a los resultados obtenidos hasta el momento, se puede concluir que, en las perforaciones evaluadas, el contenido de Arsénico total se encuentra dentro de los límites permitidos por la normativa nacional vigente, en la mayoría de los casos.

Introducción

Existen antecedentes a nivel mundial sobre los riesgos que existen para la salud humana por la exposición de arsénico en las aguas de consumo.

Los efectos en humanos a una exposición crónica a aguas de bebida con elevadas concentraciones de As se agrupan bajo la denominación de Arsenicosis

o Hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE), cuyas evidencias han llevado a rebajar progresivamente el límite máximo de la concentración de As permitido desde 50 µg/l (Código Alimentario Argentino, 1994) a 10 µg/l de As tal como fija la Unión Europea, recomienda la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2004) y tiene establecido la Agencia Ambiental de los EEUU (USEPA, 2005).

Aún hoy, en nuestro país, el nivel de tolerancia de arsénico en el agua está en discusión. En el año 2007, se modificaron en el Código Alimentario Argentino (CAA), los artículos 982 (referente a agua potable de suministro público y de uso domiciliario) y 983 (referente a agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada) en base a las resoluciones conjuntas No. 68 y 196/2007. Se redujo, de esta manera, el valor de As en agua de bebida de 50 a 10 µg/L, estableciendo un período de 5 años para alcanzar estos valores. Una vez cumplido el período de prórroga, en el año 2012, se incorporó una nueva aclaración en los artículos mencionados, determinando que el valor sería adoptado al finalizar un estudio realizado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Planificación Federal y la Coordinación de Políticas Socio-ambientales del Ministerio de Salud (Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012) sobre contenido de arsénico, que fue denominado “Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas”.

Se pudo determinar con estudios que el área afectada abarca de forma generalizada la llanura Chaco-Pampeana, el área de transición hacia la cordillera y la propia cordillera (Trelles et al., 1970; Astolfi et al., 1981, 1982; Nicolli et al., 1985; Smedley et al., 2002; Bundschuh, 2004).

El desarrollo de tecnologías y metodologías analíticas permitió avanzar en la cuantificación de As en el agua, para lograr un diagnóstico más exacto de la situación actual y poder actuar en consecuencia. Ejemplos de estas tecnologías son la Espectrometría de Masa con fuente de Plasma Acoplado por Inducción (ICP-MS) y la Espectrometría de Emisión con fuente de Plasma Acoplado por Inducción (ICP-OES).

El objetivo de este trabajo es el relevamiento de la situación de la provincia de La Rioja referida a la concentración de arsénico en las aguas subterráneas. Estos resultados permitirán actualizar el mapa de arsénico de la provincia.

En La Rioja, se presentan tres situaciones diferentes en cuanto al abastecimiento de agua para bebida:

- Ciudades abastecidas por red y con gerenciamiento realizado por organismos específicos como la empresa Aguas Riojanas SAPEM.
- Ciudades, localidades y poblaciones abastecidas por red con administración realizada por el IPALaR o por los municipios.
- Puestos, asentamientos rurales y pobladores singulares que se abastecen directamente de las fuentes de aguas subterráneas, generalmente de poca profundidad (pozo balde).

En los dos primeros casos hay controles sistemáticos y potabilización del agua,

mientras que en el último caso, no.

Se ha iniciado en forma conjunta con el IPALaR y el IRePCySA, institución que dispone del equipo adecuado para el análisis de las muestras, una acción preparatoria y de puesta a punto de metodología de muestreo y análisis.

Hasta el momento se ha efectuado el muestreo de un perfil del acuífero que abastece la Capital de La Rioja y su zona rural.

Materiales y Métodos

Para la realización de este trabajo se han realizado actividades de gabinete, campo y laboratorio. En base a los antecedentes evaluados, se planificó una primera campaña para ajustes metodológicos.

Para establecer una metodología uniforme, se ha redactado un protocolo para la toma de muestras, que es aplicado por todos los grupos que realizan muestreo, garantizándose la cadena de custodia y el idéntico tratamiento durante todo el proyecto.

Las tareas de campo consistieron en la toma de muestras de perforaciones en fincas localizadas en la Ruta Provincial N° 5. Esto ha permitido seguir un perfil longitudinal (Oeste-Este) del acuífero que abastece de agua a la zona rural del Departamento Capital, Figura 1.

Los puntos resultaron aleatorios, ya que a pesar de seguir el orden y orientación mencionados, solo pudo accederse a los establecimientos en los que se encontraba en ese momento su encargado y en algunos casos no fue posible accionar la bomba para la toma de la muestra.



Figuras 1: Muestreo punto 4.

Los parámetros determinados in situ fueron pH, temperatura y conductividad. Los análisis de As, fueron realizados en el IRePCySA con un espectrofotómetro de masas Nexion 350x Perkin Elmer acoplado a un automuestreador con capacidad para 157 muestras. Este ICP-MS es de tercera generación y uno los 3 más novedosos que existen en nuestro país.

La técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS, del nombre en inglés Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), es una variante de las técnicas de análisis por espectrometría de masas utilizada para la cuantificación y cualificación de inorgánicos en un gran número de matrices.

Las ventajas principales de este equipo radican en la alta precisión, bajos límites de detección y bajo costo económico, analizando la mayoría de los elementos e isótopos presentes en la tabla periódica de manera simultánea en un par de minutos. Es por lo tanto una técnica ideal en el análisis de aguas, lixiviados de rocas y minerales, alimentos, etc. La técnica de ICP-MS combina dos propiedades analíticas que la convierten en un potente instrumento en el campo del análisis de trazas multielemental.

Resultados y Discusión

La tabla 1 resume los resultados obtenidos. Como se observa, existen puntos con tenores de As superiores a 0,01 ppm, recomendación de la OMS de 1993, incorporada en el Código Alimentario Argentino, y hay un caso en el que se supera el anterior límite de 0,05 ppm, todavía vigente en La Rioja por la normativa local, Ley Provincial N° 6.281: Marco Regulatorio del Servicio Público de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de La Rioja.

Tabla 1: Resultado de los parámetros evaluados.

Puntos	Localización	Georeferencia	Parámetros			
			PH	Temperatura (°C)	Conductividad (us/cm)	Arsénico [ppm]
0	Fabrica Estrada	S292415,1 W664852,3	7,75	26,4	2584	0,005
1	Ruta 5 Km 7,5	S292324.7 W664635.9	7,35	25,4	1256	0,005
2	Ruta 5 Km 8	S292332.8 W664538.1	6,47	21,2	1248	0,008
3	Ruta 5 Km 10,5	S292335.7 W664515.2	7,3	26,1	1505	0,007
4	Ruta 5 Km 11	S292344.5 W664411.2	8,35	25,6	1328	0,001
5	Ruta 5 Km 12	S292238.1 W664356.9	7,9	29	1043	0,014
6	Ruta 5 Km 12	S292238.5 W664308.4	7,91	29,1	1090	0,016
7	Ruta 5 Km 13,5	S292324.3 W664023.9	8,47	24,5	1090	0,013
8	Ruta 5 Km 20	S292326.3 W663852.7	8,18	25,4	875	0,054

El punto 8 corresponde a un emprendimiento agrícola, el agua se emplea para riego y excepcionalmente, para consumo humano. En principio, este sería un prospecto para proveerlo de los filtros de adsorción que el proyecto contempla, y que ha sido acordado con el IPALaR.

Si se analizan los resultados en función de la distribución y distancia, Figura 2, se observa un crecimiento de la concentración de As a medida que nos alejamos de La Rioja Capital, Figura 3.

Una hipótesis para este fenómeno es la existencia de mineralización de As en los estratos suprabasamentales en la zona saturada, que es lixiviada por el acuífero en su flujo descendente Oeste-Este. Si este planteo es correcto, se pueden esperar tenores crecientes de As en perforaciones más alejadas, por Ruta Provincial N° 5 y en su continuación, Ruta Provincial N° 6.

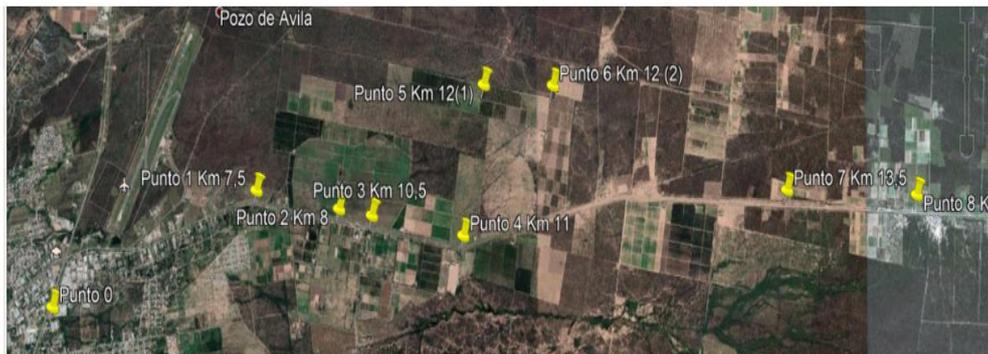


Figura 2: Ubicación de las perforaciones muestreadas.

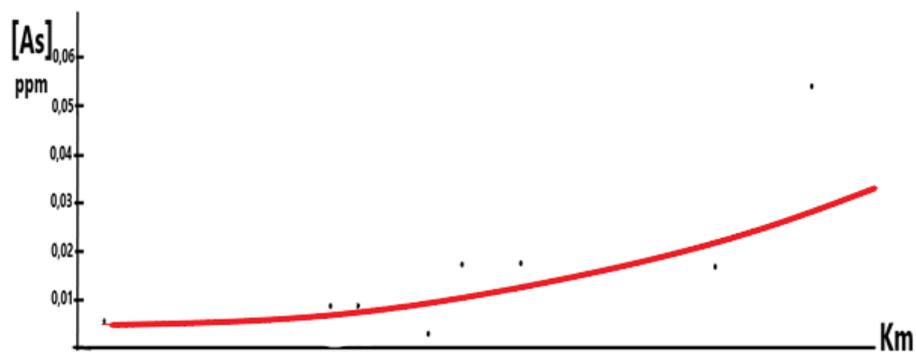


Figura 3: Variación de la concentración de As en función de la distancia

Como posibilidad de complemento del presente trabajo, está la especiación del arsénico, de manera de poder contar con la información de la cantidad de As (III) cuya presencia indica mayores riesgos de toxicidad para la población.

Conclusiones

- Se presentaron algunos inconvenientes de toma de muestras debido a la imposibilidad del ingreso a algunas zonas de muestreo y por el encendido de las bombas que es a demanda, dependiendo de factores climáticos, en especial en las empresas agroindustriales.
- En la primera campaña, cuyos resultados se exponen, se han validado los procedimientos establecidos por los organismos que intervienen en el proyecto.
- Los resultados, muestran, en una extensión del perfil del muestreo, una tendencia al crecimiento de la concentración de As a medida que nos

alejamos por el acuífero de la Capital de La Rioja, hacia el este.

- De un total de nueve muestras, el valor de arsénico obtenido en el 56 % de ellas, se encuentra dentro de los valores establecidos por la legislación nacional vigente (<0,01 ppm).
- Del total de muestras, solo una (11%) se encuentra por encima del límite permitido por la legislación provincial (<0,05 ppm).
- El proyecto continúa con toma de muestras y su posterior análisis, en el interior de la provincia, para finalmente componer un mapa de Arsénico actualizado.
- Finalmente, en acuerdo con el IPALaR, la UTN-FRLR colaborará con éste en el desarrollo y construcción de filtros de adsorción de As, para entregar en los casos en que no pueda reemplazarse la fuente o no sean justificables instalaciones de tratamiento de agua por el reducido número de habitantes de la población.

Bibliografía

- Astolfi, E.A.N.; Maccagno, A.; García Fernández, J.C.; Vaccaro R., Stimola R. (1981) Relation between arsenic in drinking water and skin cancer, *Biolog. Trace Elements Res.*, 3: 133-143.
- Astolfi, E.A.N.; Besuschio, S.C.; García Fernández, J.C.; Guerra, C.; Maccagno, A. (1982) *Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico*. Edit. Coop. Gral. Belgrano, Buenos Aires, 144 pp.
- Blesa, Miguel Ángel. (2010) La contaminación por metales. *Ciencia e Investigación. Asociación Argentina Para el Progreso de las Ciencias Tomo 60, N° 4*.
- Bundschuh, J.; Farias, B.; Martin, R.; Storniolo, A.; Bhattacharyya, P.; Cortes, J.; Bonorino, G.; Albouy, R. (2004) Groundwater arsenic in the Chaco-Pampean Plain, Argentina: Case study from Robles County, Santiago del Estero Province. *Appl. Geochem.*, 19(2), 231-243.
- Ley Provincial N°: 6.281. (1996)
- Litter, Marta Irene *et al.* (2017) Web: <https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2018/03/Presentacion-CONAL-Arsenico-en-aqua-Red-Seguridad-Alimentaria.pdf>
- Minaverry, Clara María; Matranga, Raúl y Macrini, Melina. (2005) Web: https://www.ina.gov.ar/ifrh-2016/trabajos/IFRH_2016_paper_66.pdf
- Nicolli, H.B.; O'Connor, T.E.; Suriano, J.M.; Koukharsky, M.L.; Gómez Peral, M.A.; Bertini, L.M.; Cohen, I.M.; Corradi, L.I.; Balean, O.A.; Abril, E.G. (1985) Geoquímica del arsénico y de otros oligoelementos en aguas subterráneas de la llanura sudoriental de la Provincia de Córdoba. *Academia Nacional de Ciencias; Córdoba, Miscelánea*, 71, 1-112.
- Trelles, R.A.; Larghi, A.; Páez, J.P. (1970) El problema sanitario de las aguas destinadas a la bebida humana con contenidos elevados de arsénico, vanadio y flúor. *Fac. Ingen., Univ. Buenos Aires, Inst. Ingen. Sanitaria, Publ.*, 4, 1-96 pp.

CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA EN FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO

Díaz, Esteban O.^(1,2,3); Quintero, Claudia N.^(1,2,3) y Personal de la DAPyS⁽³⁾

⁽¹⁾Docente FRLR-UTN y UNLAR

⁽²⁾GAIA-FRLR-UTN

⁽³⁾DAPyS-Dirección de Agua Potable y Saneamiento Ente Único de Control
esteban28963@yahoo.com.ar.

Resumen

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el grado de dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos. Su aceptabilidad por la población puede ser muy variable. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l. Sin embargo, desde el punto de vista de la operación del abastecimiento interesa evaluar si presenta condiciones corrosivas e incrustantes. Existen antecedentes internacionales en la bibliografía especializada sobre la relación entre dureza del agua de consumo y algunas enfermedades que afectan al ser humano. Pero la OMS considera que no son concluyentes, por lo que no propone un valor guía para la dureza basado en criterios sanitarios.

En este trabajo se busca una primera caracterización del comportamiento debido a la concentración de la dureza por CaCO_3 , de las fuentes de aguas usadas para el consumo humano, utilizando la clasificación de la OMS. Y lograr el mapeo de la provincia por departamentos, aplicando para ello los promedios de los valores. Tiende a alcanzar como objetivo el promover su manejo para generar y evaluar soluciones que optimicen y/o minimicen los riesgos potenciales derivados del uso de aguas con concentraciones de dureza. Y que se traduce en la posibilidad de operar como un factor preponderante del origen de inconvenientes en las instalaciones sanitarias e industriales. El grado de dureza del agua es determinado por la OMS como factor de rechazo para la ingesta del agua. Sin embargo, desde el punto de vista de la operación del abastecimiento interesa evaluar si presenta condiciones corrosivas e incrustantes, ya que genera pérdidas económicas.

La presente investigación es de tipo descriptiva y retrospectiva. Para su desarrollo se analizaron los historiales de datos de protocolos de análisis físico-químicos de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas utilizadas en la provisión de agua en toda la provincia. Siendo el próximo paso la caracterización y distribución de la dureza ya específicamente por localidad o radio servido, o los estudios por tipo de dureza. En términos generales es considerable el porcentaje de las aguas muy duras y blandas, que puede causar inconvenientes en la operación, pero el porcentaje de las aguas utilizadas para consumo humano que no superan el valor límite dado por el CAA, ni el de la normativa provincial es bajo. Siendo recomendable realizar estudios epidemiológicos para evaluar la existencia de relación con algunos problemas de salud.

Palabras Claves: agua, calidad, dureza.