

**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**

# ESTUDIO DE LAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS DE LA ZEOLITA

Mercado, Manuel<sup>(1)</sup>; Alitta, Mónica<sup>(1)</sup> y Baldo, Cecilia<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales (GAIA)  
UTN-Facultad Regional La Rioja  
mmercadolr@gmail.com

## Resumen

La escasez de agua, es uno de los problemas cruciales para el desarrollo de nuestra provincia y su contaminación redonda en una mayor carencia de este recurso. El uso de zeolitas locales, como adsorbente de contaminantes, se presenta como una aplicación tecnológica de bajo costo y mantenimiento para transformar el agua contaminada en utilizable.

En cercanías a la localidad de Patquía, provincia de La Rioja, existe un reservorio de zeolita natural que fue caracterizada como clinoptilolita. Según el tipo de zeolita el tamaño de los poros varía entre 3 y 30 Amstrong (Boletín Técnico, EPA 456/F-99-003, mayo 1999), y puede ser considerada, por el tamaño uniforme de sus poros, como un “tamiz molecular”.

Se realizaron ya, dos experiencias para distintos usos de este mineral con el propósito de aprovechar sus condiciones naturales de intercambio iónico pretendiendo captar los elementos nocivos presentes en diferentes casos. En ambos proyectos se utilizó un sistema de columnas de intercambio iónico rellenas con zeolita natural, conteniendo distintas clases granulométricas cada una, en las que se hace recircular la solución a tratar durante cierto tiempo y ciclos de pasaje, en circuito cerrado.

La primera experiencia se realizó con la finalidad de capturar cromo de una solución dopada simulando un efluente industrial. Los resultados obtenidos en esta experiencia fueron satisfactorios, logrando una reducción del contenido de Cromo en el tubo de granulometría fina de alrededor del 30% del valor inicial, esperando continuar con la investigación en esta línea.

La segunda experiencia fue el tratamiento del agua del Río Bermejo, que tiene contenidos elevados de Boro y que impide su uso para el riego de algunos cultivos. Con igual sistema usado para cromo y similar metodología, se encontraron resultados inciertos y contradictorios, puesto que los análisis mostraron un contenido de Boro mayor después del tratamiento respecto al tenor inicial de la muestra. Posiblemente la zeolita podría tener, en su constitución, la presencia de minerales con Boro. Los resultados obtenidos invitan a continuar con el estudio utilizando zeolitas activadas y modificadas para mejorar su adsorción.

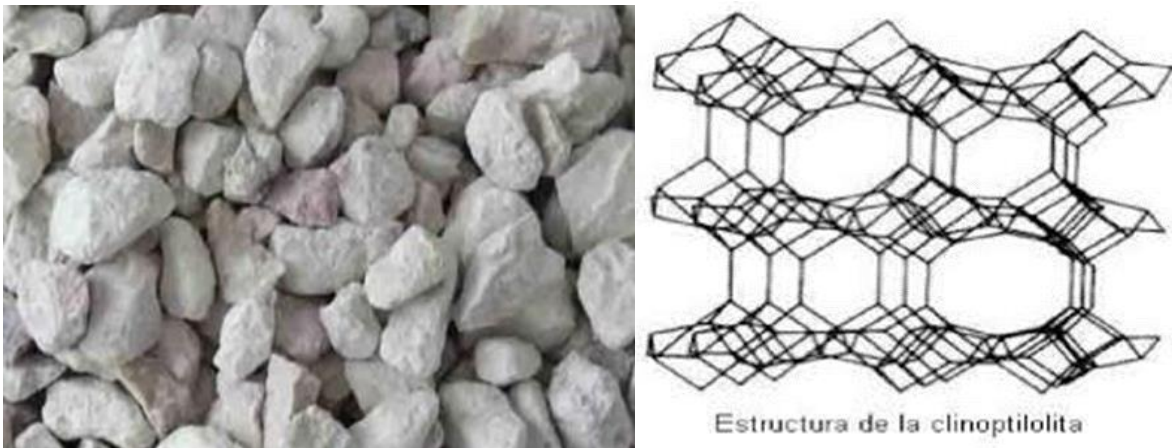
**Palabras claves:** Zeolita, Intercambio iónico, Aplicación Tecnológica.

## Introducción

La escasez de agua es uno de los problemas cruciales para el desarrollo de nuestra provincia y su contaminación natural o artificial, redundando en una mayor carencia de este recurso. La obtención de agua en nuestra provincia se realiza principalmente mediante perforaciones que resultan onerosas al momento de considerar la energía que se debe disponer para su extracción. Por otro lado, la escasa disposición de aguas superficiales, llevan a considerar el desarrollo de métodos y técnicas para poder transformar aguas contaminadas en utilizables. En esta consideración se incluyen las aguas naturales con presencia de contaminantes que no la hacen útiles para su uso en agricultura y/o ganadería y aquellas que, luego de ser usadas en distintos procesos, se desechan como efluentes.

El desarrollo del presente trabajo, tiene como objetivo encontrar un elemento natural, de buen rendimiento y bajo costo para el tratamiento de aguas naturales contaminadas, y que pudiera ser utilizable también en el tratamiento de efluentes industriales. Así, el uso de zeolitas locales como adsorbente de contaminantes, se presenta como una aplicación tecnológica que podría cumplir con los requisitos para transformar el agua en utilizable.

La Zeolita natural, obtenida de minas localizadas en nuestra provincia, es un mineral formado en lagos o aguas marinas hace millones de años y se encuentra en estratos volcánicos y rocas sedimentarias. En las cercanías de la localidad de Patquía, se obtiene una zeolita natural caracterizada como Clinoptilolita (fam. Heulandita) que es la más estudiada y considerada la de mayor utilidad (Figuras 1 y 2).



Figuras 1 y 2: zeolita natural partida y estructura interna de la clinoptilolita.

La clinoptilolita, como otras zeolitas, tiene una estructura abierta formada por armazones tridimensionales de Si y Al unidos por átomos de oxígeno compartidos. Las cargas de las unidades de Si-O y Al-O se equilibran con iones intercambiables que pueden ser desplazados por metales pesados (intercambio iónico).

El desarrollo de tecnologías efectivas, de fácil mantenimiento y económicamente viables, podrán demostrar la capacidad de la zeolita natural para adsorber contaminantes, para ello se deberán determinar variables tales como granulometría, tiempo de goteo y tamaño de columna para los ensayos, de manera de lograr una

calidad química del agua que pueda transformarla en utilizable para distintos propósitos.

## Materiales y Métodos

Se obtuvieron placas de Zeolita natural que se sometieron a molienda y tamización para seleccionar el tamaño de grano a utilizar en las columnas de intercambio iónico. La clasificación de la zeolita por su tamaño de grano se observa en la tabla 1. Se decidió trabajar en dos líneas diferentes: la adsorción de cromo en una solución dopada y la adsorción de Boro en aguas del Río Bermejo (Vinchina).

Tabla 1: clasificación de la zeolita por tamaño de grano en mm

TAMIZ Nº	Tamaño (mm)	Clase
10	2,00	Grueso
12	1,68	
16	1,19	
18	1,00	
20	0,81	Medio
30	0,59	
40	0,42	
50	0,297	Fino
60	0,250	
80	0,177	
100	0,149	

En el caso del cromo, se llenaron 10 columnas de PVC de 5 cm de diámetro y 40 cm de largo con 250 g de zeolita, tres con cada uno de los tres tamaños de grano y una con polvillo (figura 3). Se utilizaron soluciones dopadas de  $K_2Cr_2O_7$  cuyas concentraciones iniciales fueron 1, 3 y 5 mg/l. La velocidad de goteo fue de 25 gotas/min (5ml/min) y cada columna, con igual tamaño de grano, se lixivió con las 3 soluciones dopadas. La columna con mineral extra fino (clase entre 0,074mm y 2mm) se lixivió con solución de 1 ppm y se descartó porque presentó problemas de percolación desde el inicio. El ensayo se realizó durante 5 días tomando muestras del lixiviado de cada una de las columnas al tercer y quinto día.

En el caso de Boro, se extrajo agua del Río Bermejo (figura 4) en septiembre de 2016 y en marzo de 2017. Se llenaron 3 columnas de PVC de 2 cm de diámetro y 40 cm de largo conteniendo 160 gr de Zeolita, cada una con los tres tamaños de grano separados: grueso, mediano y fino. La velocidad de goteo inicial fue de 5 ml/min, pero inmediatamente se disminuyó a 3 ml/min ya que, en este caso, la sección de lixiviado fue menor. Se lixivió cada muestra de agua recolectada en septiembre y en

marzo, en cada juego de columnas. El ensayo se realizó durante 3 días tomando una muestra del lixiviado de cada una de las columnas en forma diaria.



Fig. 3: Columnas de lixiviación para intercambio iónico (Cr)



Fig. 4: Toma de muestra Rio Bermejo

## Resultados y Discusión

Las muestras se enviaron al laboratorio en las condiciones y recipientes adecuados. En el caso del cromo, se enviaron las dos muestras de cada columna obtenidas a los 3 y 5 días de tratamiento. En la tabla 2, se observa un claro aumento de la retención en grano fino.

Tabla 2: Concentración de Cromo para los días 3 y 5 por tipo de granulometría

Granulometría	Concentración Inicial (mg/l)	Día 3 (mg/l)	Día 5 (mg/l)
Fina	1	0,89	0,76
	3	2,83	2,21
	5	4,32	3,50
Mediana	1	0,91	0,83
	3	2,84	2,40
	5	4,34	3,82
Gruesa	1	0,94	0,86
	3	2,89	2,58
	5	4,46	3,96

A igual granulometría la retención aumenta con la concentración de la solución por una mayor competencia con los iones propios de la zeolita (Figura 5). Las columnas



con tamaño fino presentaron precipitados de color blanco, pero no se analizaron las causas ni la naturaleza de las sustancias que pudieron causar estos efectos.

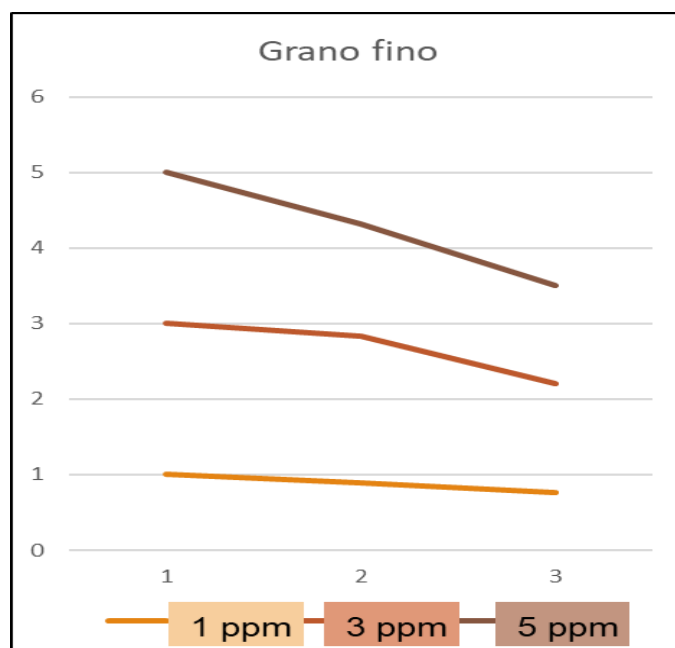


Figura 6: variación del contenido de Cromo por muestra, según concentración inicial utilizada

En el caso de boro, la concentración inicial, en septiembre de 2016 fue de 3,05 ppm y en marzo de 2017 de 1,0 ppm. Se envió una muestra de cada columna y los resultados cuantitativos obtenidos fueron absolutamente discordantes con lo esperado, ya que no se observa disminución del contenido de boro, sino por el contrario, el contenido es mayor, observando el mayor aumento en la granulometría media.

Tamiz N°	Clase	Identif.	[B] Toma: septiembre	[B] Toma: marzo
	Muestra original	D	3,05 ppm	1,0 ppm
-8+16	Grueso	A	3,32 ppm	1,4 ppm
-16+20	Mediano	B	3,62 ppm	1,6 ppm
-20+40	fino	C	3,08 ppm	1,2 ppm

## Conclusión

En el tratamiento de la solución de cromo: la lixiviación por columna de intercambio iónico con zeolita natural, sin tratamiento previo, resulta un método eficaz para la retención de cromo en solución acuosa. La eficacia del método se incrementa a medida que disminuye el tamaño de grano y aumenta la concentración de cromo. El método no es aplicable para tamaño de grano menos a 2 mm utilizando zeolita pura.

En este último caso, se podría adicionar arena de mayor granulometría para evitar el encharcamiento de la solución.

Para el agua contaminada por Boro: la lixiviación por columna con zeolita natural, sin tratamiento previo, no resulta un método eficaz para la retención de Boro en solución acuosa. La causa probable de este fenómeno, y que deberá analizarse, es el hipotético contenido de boro incluido en la clinoptilolita. Se debe contemplar la posibilidad de uso de zeolita previamente tratada. Con el objeto de evitar interferencias durante el proceso, antes de iniciar el ensayo se realizará el lavado del mineral con agua desionizada y posterior secado en mufla.

Se debería completar el estudio modificando otras variables como el caudal a lixiviar, el largo y el ancho de la columna, el vertido del líquido y otras. La información obtenida permitirá realizar curvas de retención en función del tiempo y de la granulometría para etapa a escala piloto. Se prevé la realización de ensayos de recuperación de las columnas mediante el lavado con soluciones adecuadas para su reconstitución. Se debe prever también la forma adecuada de disposición final de la zeolita usada o del líquido de reconstitución para evitar la contaminación del ambiente.

## **Bibliografía**

Boletín Técnico EPA – Zeolita: un adsorbente versátil de contaminantes del aire. Mayo 1999

Estudio hidrogeológico del área Guandacol-Santa Clara. Convenio INA-APA-2006

[http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos/referencias\\_i8/52.pdf](http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos/referencias_i8/52.pdf).

<https://www.mineria.gob.ar/estudios/irn/lrioja/f-42.asp>. Última visita: 31/07/15

<https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-boro-en-el-cultivo-de-plantas/>

<http://www.prosap.gov.ar/docs/LaRioja-ReadecuacionRiego-EIAS.pdf>

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3153/54347-1.pdf>

<https://www.lenntech.es/zeolitas-aplicaciones.htm>

# EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES PROVENIENTES DE LAS FUENTES MÓVILES EN LA RIOJA CAPITAL

Munuce, Cecilia<sup>(1)</sup> – Alaniz, Ignacio<sup>(1)</sup> – Mercado, Manuel<sup>(1)</sup> – Julián, Silvia<sup>(1)</sup> – Baldo, Cecilia<sup>(1)</sup> -  
Urquiza, Josefina<sup>(2)</sup> - Sebastián Diez<sup>(3,4)</sup>

<sup>(1)</sup>GAIA (Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales)– Facultad Regional  
La Rioja- UTN  
[acm287@hotmail.com](mailto:acm287@hotmail.com)

<sup>(2)</sup>Universidad Blas Pascal  
[urquiza.josefina@hotmail.com](mailto:urquiza.josefina@hotmail.com)

<sup>(3)</sup> Instituto Gulich

Comisión Nacional de Actividades Espaciales-Universidad Nacional de Córdoba  
Falda de Cañete, (5187) Córdoba  
[sdiez@iq.edu.ar](mailto:sdiez@iq.edu.ar)

<sup>(4)</sup> Facultad Regional Córdoba  
Universidad Tecnológica Nacional  
[sdiez@frc.utn.edu.ar](mailto:sdiez@frc.utn.edu.ar)

## Resumen

La calidad del aire en un determinado lugar depende de la meteorología, de la topografía y de las emisiones. Sin embargo, la rápida urbanización ha resultado en el incremento de las emisiones atmosféricas, provenientes del transporte (público y privado), la producción de energía y actividades industriales concentradas en áreas densamente pobladas.

Diversos estudios afirman que las fuentes móviles son los principales responsables del empeoramiento de la calidad del aire, principalmente, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este deterioro se manifiesta fundamentalmente como un incremento en las enfermedades respiratorias y estrés, pero también la pérdida del valor artístico y cultural del área afectada.

El objetivo del presente trabajo es estimar las emisiones del parque vehicular de La Rioja Capital, empleando el modelo IVE (International Vehicle Emissions). El modelo requiere como datos de entrada los patrones de conducción, es decir, el estilo de conducción local, las características tecnológicas de la flota circulante (año, tamaño motor, mantenimiento, control de emisiones, etc.) y conteo vehicular.

Este trabajo permitirá, por una parte, comenzar la construcción de un inventario global de emisiones con la finalidad de generar lineamientos necesarios para afrontar el problema y lograr de esta forma una disminución eficaz de los contaminantes; y por la otra, desagregar las emisiones de acuerdo al tipo de flota (autos particulares, motos, camiones, buses, etc.).

**Palabras Claves:** calidad de aire, contaminación atmosférica; modelado de emisiones.

## Introducción

En la actualidad la problemática de la contaminación del aire es de primordial interés, a nivel local, regional y global, no solo desde el punto de vista de la salud humana sino también desde los impactos medioambientales. El crecimiento de la población mundial y la tendencia de las sociedades modernas a concentrarse en las