

# INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Reg. Prop. Intelectual n° 773880  
ISSN: 0328-2937



Edición

Nº 131

2DO CUATRIMESTRE 2017

## Nota destacada

- El paisaje como oportunidad de amigarse con el ambiente... en ámbitos productivos  
*Gabriel Burgueño - GRINC Regeneración Ambiental*

## Novedades

- 3er Congreso de Cambio Climático
- Nueva Comisión Directiva AIDIS Argentina
- Próximos cursos y novedades
- Artículos técnicos y más!

## Institucional

- Premio Junior del Agua 2017
- Premio a la Trayectoria
- Lo que pasó en FITMA 2017

[www.aidisar.org.ar](http://www.aidisar.org.ar)

AIDIS Argentina, Av. Belgrano 1580, 3º piso. CABA. ARG.



## Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Publicación de la Asociación Argentina de  
Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente  
AIDIS Argentina

**Director**  
Ing. Eduardo L. Pérez Gattorna

**Coordinación  
Editorial y Comercial**  
AIDIS Argentina

**Redacción**  
AIDIS Argentina

**Editor y Proprietario**  
AIDIS Argentina

**Publicidad  
y Suscripciones**  
AIDIS Argentina  
Av. Belgrano 1580 3º piso  
(1093) Buenos Aires, Argentina  
Tel. 4381-5832/5903  
E-mail: [secretaria@aidisar.org.ar](mailto:secretaria@aidisar.org.ar)  
[www.aidisar.org.ar](http://www.aidisar.org.ar)

**Diseño y Diagramación:**  
AIDIS Argentina

**Arte de tapa:**  
Gabriela del Valle Rebellato

Impreso en Mariano Mas

La Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental es una publicación de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Sección Nacional de AIDIS Interamericana, que se distribuye sin cargo a sus socios y a personas, instituciones y empresas calificadas. Los artículos firmados expresan exclusivamente el criterio de sus autores. Los ofrecimientos, ofertas, especificaciones, etc. que surjan de los avisos comerciales son responsabilidad de los respectivos anunciantes.

La Redacción de la Revista no se responsabiliza por la devolución de originales sobre colaboraciones publicadas o no. Se autoriza la reproducción total o parcial de lo publicado en la Revista siempre que se indique claramente su procedencia.

**Reg. Prop. Intelectual  
N°773880  
ISSN: 0328-2937**

## Contenido

Edición n° 131 - Segundo Cuatrimestre 2017

- 2 "Se crea la primer Agencia de Residuos con rango de Secretaría en la Municipalidad del Pilar"  
*Por Paulo Suárez*
- 3 Jornada Técnica: "Transformando Residuos en Recursos"
- 4 Disertación en AIDIS sobre WATEC 2017 en Israel
- 5 Premio Argentino Junior del Agua Edición 2017
- 6 Premio a la Trayectoria
- 7 El paisaje como oportunidad de amigarse con el ambiente... en ámbitos productivos  
*Por Gabriel Burgueño*
- 10 Editorial
- 11 Renovación del Consejo Directivo
- 12 Reseña de la Presentación del Doctor Juan Rodrigo Walsh (AIDIS Argentina) en la Audiencia Pública del 21 de julio en el Congreso de la Nación
- 14 Urbanización de la villa 21-24: un trabajo colaborativo y participativo
- 16 Próximas Actividades y Cursos en AIDIS
- 18 Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques
- 19 Aguas Residuales, el recurso desaprovechado
- 20 Primer Premio Argentino Junior del Agua  
Adsorción física del arsénico. Retención en muestras de agua  
*Sebastián Cariac, Nadia Molteni, Gonzalo Reiner y Nazareno Rodríguez*
- 37 FITMA 2017 se conecta con la sustentabilidad y las energías limpias
- 43 Revisión operativa y ambiental de las plantas de ósmosis inversa de la Provincia de la Rioja, Argentina  
*Vicente Calbo, Carlos Rubén Soule, Mónica Patricia Alitta, María Cecilia, Ana Cecilia Munuce, Manuel Mercado, Esteban Díaz y Jorgelina Carrizo*
- 47 Degradación aeróbica y anaeróbica de poliestireno expandido con mohos y bacterias en medio sólido  
*María Silvia Alonso, Sergio Omar Madregal, Nahuel Rubén Avalos y Abel Ricardo Lozano*
- 53 Evaluación del riesgo ambiental de pequeñas y medianas industrias  
*Diana C. Sánchez y José G. Gómez*
- 57 Un procedimiento simple para evaluar la menor altura ambientalmente sustentable de una chimenea  
*Nicolás A. Mazzeo y Andrea L. Pineda Rojas*
- 63 Evolución de la contaminación general de la atmósfera respirable en la ciudad de Rosario, Argentina  
*Daniel A. Andrés, Eduardo J. Ferrero, César E. Mackler, Leonardo C. Ferrari y Mabel A. Dupuy*
- 67 Atractivo de las energías renovables para la desalación de agua de mar. Segunda Parte  
*Eduardo Zarza Moya*
- 73 Tratamientos de depuración biológica de efluentes de la industria del cuero  
*L. Cortizo, N. Scelsio, S. Perotti, y J. Martegani*
- 78 Tratamiento terciario de un efluente global de curtiembre empleando Canna ascendens Ciliar. en cultivo hidropónico  
*Alfonsina Bonfranceschi Barros, María Mabel Puelles, Laura María Isabel López y Juan Alejandro Markán*
- 81 Presencia de metales pesados en un suelo aledaño a una escombrera polimetálica en mina la ferrocarrilera, Lago Fontana. Chubut, Argentina.  
*Mónica Gabriela Rack, Adriana Mónica Nilini, Margarita Do Campo, María Fernanda Valenzuela y Leonardo Fabio Ferro*
- 86 Humor Ambiental  
Índice de Anunciantes
- 87 Cómo asociarse a AIDIS Argentina
- 88 Solicitud de Inscripción

# Revisión operativa y ambiental de las plantas de ósmosis inversa de la Provincia de la Rioja, Argentina

Vicente Calbo, Carlos Rubén Soule, Mónica Patricia Alitta, María Cecilia, Ana Cecilia Munece, Manuel Mercado, Esteban Díaz y Jorgelina Carrizo

## RESUMEN

Un estudio realizado a pedido del Instituto Provincial del Agua de La Rioja, Argentina, recomienda la revisión operativa de las plantas de ósmosis inversa en esa provincia, teniendo en cuenta los aspectos ambientales de su funcionamiento.

Este grupo se ha abocado a la tarea, habiendo realizado hasta este momento, el relevamiento de la totalidad de estas plantas y ha zonificado el estudio según un criterio de circuitos viales a recorrer, para optimizar los tiempos de visita y recolección de datos.

Se ha evaluado la situación operativa de tres plantas del sur de la provincia. Se recomienda hasta el momento, un procedimiento para la operación de cada planta revisada y realizar el tratamiento de las aguas de rechazo, que hasta el momento se vierten en las inmediaciones. El contenido salino varía en cantidad y calidad.

Por el momento se recomienda el tratamiento de las aguas de rechazo por evaporación y la disposición final de los productos, en este caso en las salinas del sur, límite de La Rioja con San Juan.

La composición de las sales se asemeja a las que se emplean en los suplementos dietarios del ganado. Una alternativa para la disposición de las sales es su aprovechamiento para la fabricación de los panes que se emplean en la dieta para ganadería, una actividad importante para la economía provincial.

## ABSTRACT

A study carried out at the request of the Provincial Water Institute of La Rioja, Argentina, recommends the operational revision of reverse osmosis plants in that province, taking into account the environmental aspects of its operation. This group has gone to the task, having done so far, the survey of all these plants and zoned the study according to a criterion of road circuits to go to, to optimize the times of visit and data collection.

**Palabras clave:** Plantas de tratamiento, tratamiento del agua, ósmosis inversa, desalinización del agua

**Keywords:** Treatment plants, water treatment, reverse osmosis, water desalination

The operational situation of three plants in the south of the province has been evaluated. A procedure is recommended so far for the operation of each revised plant and the treatment of the rejection water, which until now is discharged in the vicinity. Saline content varies in quantity and quality.

At the moment it is recommended the treatment of the waters of rejection by evaporation and the final disposal of the products, in this case in the salt mines of the south, limit of La Rioja with San Juan.

The composition of the salts resembles those used in dietary supplements of cattle. An alternative for the disposal of the salts is their use for the manufacture of breads that are used in the diet for livestock, an important activity for the provincial economy.

## INTRODUCCIÓN

A finales del año 2014, el Instituto Provincial del Agua de La Rioja recibió los resultados de un estudio que evaluó distintos aspectos de sus actividades en el marco de su misión y función. En el capítulo de Plantas de ósmosis inversa, concluye que se está produciendo impacto ambiental localizado acumulativo.

En la provincia de La Rioja se instalaron 17 de ellas, por lo que se hace necesario analizar este problema que se presenta en varias localidades.

## OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es proponer las pautas de operación de las plantas de ósmosis inversa (OI) y el tratamiento de los rechazos de tres plantas, que por criterios de logística, se incluyeron en una primera etapa de evaluación.

Los objetivos particulares son determinar alternativas de tratamiento y disposición del contenido salino de las aguas de rechazo, explorar la evaporación como alternativa apriorística, evaluar si la composición salina de los rechazos es adecuada -con correcciones o sin ellas- para los complementos dietarios del ganado que se cría en la región.

## METODOLOGÍA

Este trabajo ha requerido actividades de gabinete, de campo y de laboratorio. Se han debido estudiar los antecedentes y recabar información de los archivos del Instituto Provincial del Agua La Rioja (IPALaR) organizar las actividades de investigación, efectuar

Tabla 1. Valoración ambiental de las operaciones de ósmosis inversa.

Causa	Efecto ambiental	Calificación del efecto
Efluentes de las plantas de ósmosis	Contaminación de suelo y aguas	Impacto acumulativo
Lavado de las membranas de las plantas de ósmosis	Contaminación de suelo y aguas	Impacto acumulativo

el reconocimiento de las plantas de OI seleccionadas, tomar las muestras pertinentes y realizar su posterior análisis fisicoquímico.

## ACTIVIDADES O ETAPAS DESARROLLADAS

### Valoración el impacto ambiental

Se realizaron reconocimientos en tres plantas de OI; se evaluó la zona de vertido del rechazo y del agua de limpieza de los filtros. En base a esto, se confirmó la información provista por la autoridad de aplicación de las normativas provinciales sobre agua, el IPALaR. El impacto ambiental en estos casos es bajo pero de efecto acumulativo (Tabla 1).

### Relevamiento de las plantas de ósmosis inversa

Se realizó el relevamiento de las plantas de ósmosis inversa sobre la base de la información aportada por el IPALaR. De las 17 plantas que se instalaron en toda la provincia, se ha suspendido la operación de tres de ellas, ya que fueron reemplazadas por un servicio continuo de provisión de nueva fuente local apta para consumo humano, o por la construcción y puesta en marcha de

un acueducto, como el caso de Chamental. Las plantas originalmente instaladas se muestran la Figura 1.

Con el fin de optimizar los recursos, las plantas operativas se dividieron en grupos en función de la conectividad vial, a fin de lograr recorridos óptimos que permitieran recorrerlas en una jornada.

También se procedió así, para evaluar la metodología empleada y producir ajustes en los grupos subsiguientes. El primer grupo se consigna en la Tabla 2.

## RESULTADOS

En los laboratorios del IPALaR se efectuaron los análisis fisicoquímicos de rutina del agua cruda y del agua tratada en las plantas consideradas. Estos resultados, y los valores de referencia, se muestran en las Tablas 3, 4 y 5.

En cada planta visitada, el responsable indicó los caudales operativos. Sobre la base de estos se realizó una estimación porcentual del rendimiento que se encuentra entre los valores nominales de este proceso.

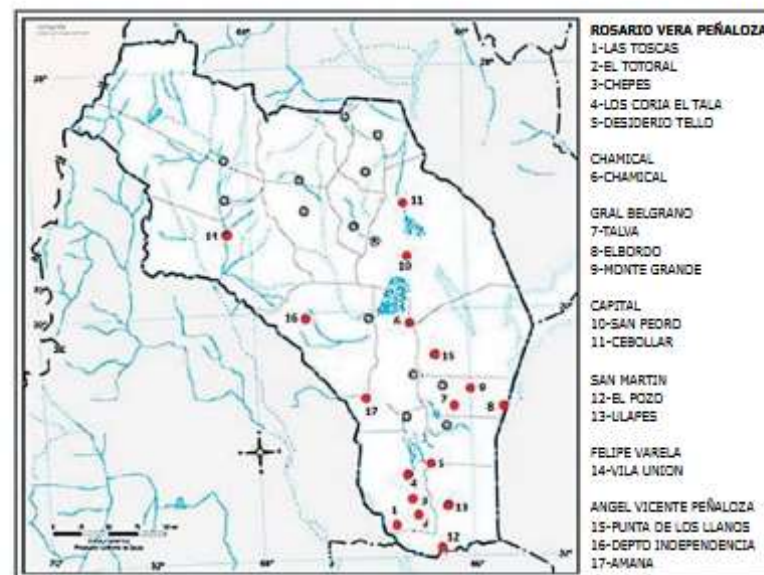


Figura 1. Plantas de ósmosis inversa de La Rioja (Fuente: IPALaR)

**Tabla 2.** Localización de las plantas de ósmosis inversa evaluadas (Fuente: IPALAR).

Localidad	Caudal de entrada de agua cruda (m <sup>3</sup> /h)	Latitud Sur	Longitud Oeste
Los Ávila	70	30 33 58 S	66 15 58 O
Chañar	18	30 32 00 S	65 58 00 O
Totoral	12	31 20 27 S	66 35 29 O

**Tabla 3.** Resultados de los análisis fisicoquímicos de la planta Los Ávila.

Parámetros	Agua cruda	Agua tratada	Límite permitido
pH	7,4	7,5	6,5-8,5
Color	Incolora	Incolora	Incolora
Conductividad (UMHO/CM)	12.320	514	2
Sólidos totales (mg/L)	7740	235	1.500
Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	-	0	500
Bicarbonatos (mg/L)	106	12	900
Carbonatos (mg/L)	0,01	0,01	
Cloruros (mg/L)	2.792	79	400
Sulfatos (mg/L)	2.051	38	400
Fluoruros (mg/L)	1,6	0,2	2
Arsénico (mg/L)	0,005	0,000	0,05
Calcio (mg/L)	632	4	
Magnesio (mg/L)	38	3	
Potasio (mg/L)	90	4	
Sodio (mg/L)	1.978	69	200

**Tabla 3.** Resultados de los análisis fisicoquímicos de la planta de Chañar.

Parámetros	Agua cruda	Agua tratada	Límite permitido
pH	7	7,4	6,5-8,5
Color	Incolora	Incolora	Incolora
Conductividad (UMHO/CM)	5.720	460	2
Sólidos totales (mg/L)	2.690	229	1.500
Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	636	0	500
Bicarbonatos (mg/L)	236	94	900
Carbonatos (mg/L)	0,01	0,01	
Cloruros (mg/L)	962	24	400
Sulfatos (mg/L)	580	28	400
Fluoruros (mg/L)	1,8	0,5	2
Arsénico (mg/L)	0,1	0,01	0,05
Calcio (mg/L)	198	18	
Magnesio (mg/L)	34	6	
Potasio (mg/L)	Vestigios	8	
Sodio (mg/L)	592	23	200

También se propone una fórmula para evaluar la eficiencia, que permita la comparación y el control del proceso:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{conductividad ingreso} - \text{conductividad salida}}{\text{conductividad salida}} \times 100$$

La Tabla 5 muestra estos resultados. En principio, con los criterios de valoración seleccionados, se aprecia que a mayor rendimiento en caudal, menor eficiencia en la desalintación. Se realizó una estimación cuantitativa rápida y aproximada de

las sales contenidas en el rechazo, en función de los caudales y el contenido sólido del agua de ingreso (Tabla 6).

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las plantas de ósmosis inversa vierten en las inmediaciones, el agua de rechazo y la de limpieza de los filtros. Esa práctica no es conveniente; las cantidades involucradas en los tres casos analizados se encuentran en el orden de los 48 a los 540 kilogramos por hora.

**Tabla 4.** Resultados de los análisis fisicoquímicos de la planta El Totoral.

Parámetros	Agua cruda	Agua tratada	Límite permitido
pH	7,1	6,5	6,5-8,5
Color	Incolora	Incolora	Incolora
Conductividad (UMHO/CM)	8.930	761	2
Sólidos totales (mg/L)	5.134	372	1.500
Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	636	0	500
Bicarbonatos (mg/L)	65	0,01	900
Carbonatos (mg/L)	0,01	0,01	
Cloruros (mg/L)	1.324	126	400
Sulfatos (mg/L)	1.982	99	400
Fluoruros (mg/L)	0,6	0,1	2
Arsénico (mg/L)	0,1	0,01	0,05
Calcio (mg/L)	214	3	
Magnesio (mg/L)	36	6	
Potasio (mg/L)	20	Vestigios	
Sodio (mg/L)	1.449	115	200

**Tabla 5.** Resultados de los análisis fisicoquímicos de la planta El Totoral.

Localidad	Caudal de entrada (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de salida (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de salmuera (m <sup>3</sup> /h)	Rendimiento	Conductividad del agua cruda	Conductividad del agua tratada	Eficiencia
Los Ávila	70	40	30	57%	12.320	514	95,83%
Chañar	18	8	10	44%	5.720	460	91,96%
Totoral	12	6	6	50%	8.930	761	91,41%

**Tabla 6.** Sólidos estimados en el agua de rechazo.

Localidad	Caudal entrada agua cruda (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de agua a servicio (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de salmuera (m <sup>3</sup> /h)	Sólidos totales (mg/L)	Sólido rechazado (kg/h)
Los Ávila	70	40	30	7.740	541
Chañar	18	8	10	2.690	48,4,8
Totoral	12	6	6	5.134	61,6

Las condiciones climáticas de la zona plantean la evaporación como la alternativa más económica para la recuperación de las sales.

La composición de las sales se asemeja a la que se emplea en los suplementos dietarios del ganado, por lo que se deben realizar análisis específicos y determinar si se pueden realizar correcciones para poder aprovecharlas.

En la provincia existen numerosas salinas que -en caso de no poder aprovecharse este material - pueden utilizarse para la disposición definitiva.

La metodología de trabajo empleada, debe ajustarse para la evaluación del resto de las plantas de ósmosis inversa de la provincia.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Brown, G (2013). Operaciones básicas de la ingeniería química. Informe Anual IPALAR.
- [2] Johnson G., Stowell L., Monroe M. (2006). Tratamiento WSEP de rechazo de ósmosis desde el agua salobre subterránea. New Logic Research, Emeryville. Conferencia El Paso desalintación, 17 de Marzo de 2006, El Paso Texas.

[3] Levenspiel, O. Ingeniería de las reacciones químicas.

[4] McCabe W.L.; Smith J.C. Operaciones básicas de ingeniería química. Reverté, Buenos Aires. 1.048 pp.

[5] Perry's, R (1973). Chemical engineering handbook. 5. Ed. New York; Mc Graw Hill Book Co., 1963. 1973 pp.

[6] Ramos G. (2001). Gestión de la salmuera de rechazo de las plantas de ósmosis inversa mediante inyección en sondeos profundos (ISP). Madrid, España.

#### Sobre los autores:

Vicente Calbo, Carlos Rubén Soule, Mónica Patricia Alitta, María Cecilia Baldo, Ana Cecilia Munuce, Manuel Mercado y Esteban Díaz, se desempeñan como docentes en la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional La Rioja (UTN FRLR) y son integrantes del Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales (GAIA-UTN) Jorgelina Carrizo se desempeña en el Instituto Provincial del Agua de La Rioja y como Becaria en GAIA-UTN. Vicente Calbo puede ser contactado en la dirección electrónica: <vicentecalbo@gmail.com>.