

TRATAMIENTO DE AGUA DE RECHAZO DE PLANTAS DE OSMOSIS. ESTUDIO DE UN CASO

Munuce, A.¹; Mercado, M.¹; Julián, S.¹; Calbo, V.¹; Alitta, M.¹; Baldo, C.¹; Soulé, C.¹; Díaz, Esteban¹

1: Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales (GAIA)
Facultad Regional La Rioja
Universidad Tecnológica Nacional
San Nicolás de Bari (E) 1.100
e-mail: acm287@hotmail.com

RESUMEN. *En este proyecto se plantea la recuperación y el aprovechamiento de las aguas de rechazo de plantas de ósmosis para la fabricación de bloques mineralizados que se emplean en los lamederos para la dieta en ganadería, una actividad productiva importante para la economía de la provincia. Entre las sales concentradas figuran algunas de gran utilidad como las de cloruros de sodio, potasio, calcio o magnesio pero también algunas que pueden resultar tóxicas, tales como sulfatos o fluoruros. la propuesta consiste en separar las sustancias potencialmente tóxicas, contenidas en la solución de rechazo, mediante tratamiento químico o químico térmico, formando sales poco solubles que precipitan. A la solución remanente se la somete a un tratamiento térmico para cristalizar las sales por evaporación del solvente, las cuales pueden ser adicionadas en la conformación de los bloques.*

En la mayoría de las plantas de osmosis los iones indeseables son los sulfatos y en algunos casos particulares hay una alta concentración de fluoruros. En este trabajo se presenta el tratamiento específico de las aguas de una de las plantas de osmosis existente, donde están presentes ambos iones para su eliminación.

La experiencia cualitativa de laboratorio muestra que la técnica empleada genera los resultados previstos, logrando sales aptas para el uso como suplemento dietario.

Palabras clave: Ósmosis inversa, precipitación, sales, bloque salino

1. INTRODUCCIÓN

En la provincia de La Rioja el Instituto Provincial del Agua de la provincia de La Rioja, IPALaR, instaló 17 plantas de ósmosis inversa, distribuidas en toda su geografía.

Dichas plantas generan un efluente conocido como agua de rechazo que presenta una alta concentración de sales. Dichas aguas se disponen en la actualidad en las inmediaciones de la planta generando un impacto ambiental, debido a su composición química, que el Instituto pretende minimizar o revertir.

En el presente trabajo se seleccionó una de las 17 plantas existentes, como estudio de caso para su tratamiento y generación de información que luego pueda ser extrapolada a las otras plantas, ya que a pesar de las particularidades de cada una, en cuanto a caudal y

características físico-químicas, el método de tratamiento diseñado puede ser aplicable a todas. La selección de la planta a estudiar se basó en el criterio de contar con una alta concentración de fluoruros y sulfatos, que son los iones indeseables para los fines de usos posteriores, que se pretende eliminar. La misma se encuentra ubicada al sur de la provincia, en la localidad de Desiderio Tello, en el Departamento Rosario Vera Peñaloza. La ubicación se consigna en la figura 1.

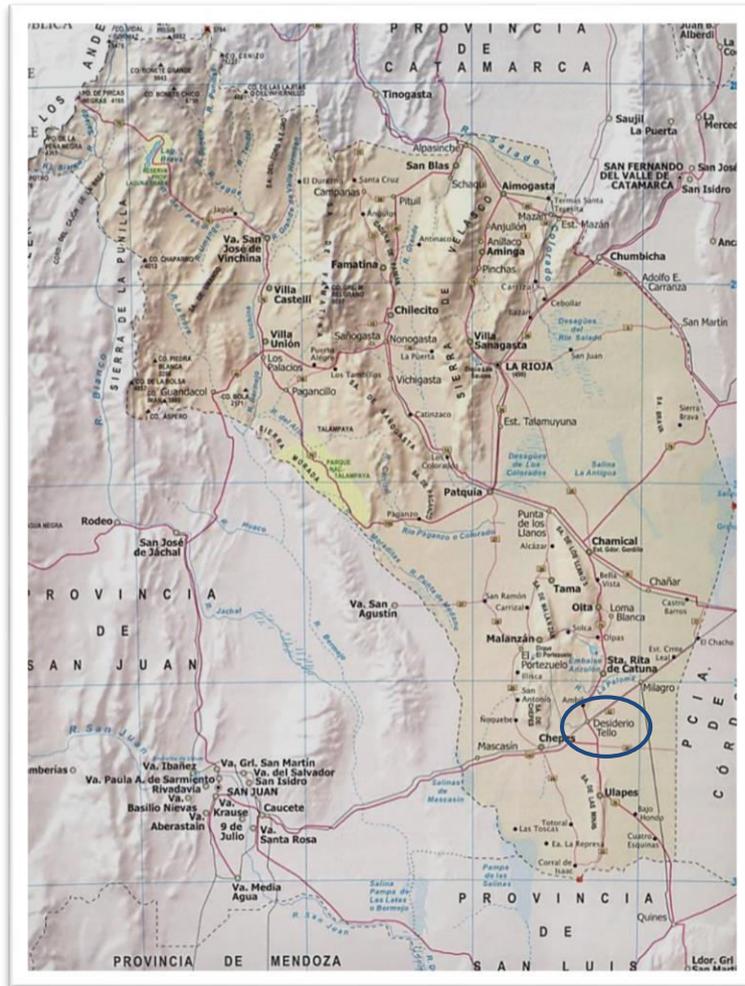


Fig. 1: Ubicación geográfica de Desiderio Tello

El objetivo general del trabajo es proponer una alternativa de recuperación de ciertas sales, presentes de las aguas de rechazo de la planta de Desiderio Tello, que se pueden emplear en la fabricación de bloques mineralizados utilizados como complementos dietarios del ganado que se cría en la región.

La información generada permitirá afrontar la propuesta de posibles soluciones en cada una de las plantas de ósmosis.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Como el presente trabajo se enmarca en el proyecto “Osmosis inversa. Adecuación ambiental de operaciones de desalinización de agua subterránea”, que en una primera etapa realizó un estudio socio ambiental de las plantas como así también análisis de la calidad de las aguas de rechazo de las plantas de osmosis, se tomó la información disponible para la selección de la planta de Desiderio Tello como estudio de caso. Entre los factores para su selección se consideró que estuvieran presentes dos de los iones más perjudiciales para la salud de los animales, en la conformación de los bloques mineralizados, sulfuros en exceso y fluoruros.

En una segunda etapa se realizó una investigación bibliográfica de los posibles métodos y reactivos para utilizar en el tratamiento, que no significaran un costo importante tanto desde el punto de vista de la infraestructura necesaria para el tratamiento como los reactivos a emplear en el mismo y posteriormente se realizaron las actividades de laboratorio.

Se emplearon los siguientes materiales y reactivos:

- Vasos de precipitado
- Erlenmeyer
- Embudo de vidrio
- Papel de filtro
- BaCl_2 1 M
- Ca(OH)_2 1M

Para la eliminación de sulfatos y fluoruros se siguió el procedimiento basado en la formación de sales poco solubles.

Con los sulfatos se utilizó la sal de cloruro de bario, BaCl_2 , para formar sulfato de bario, BaSO_4 , de baja solubilidad en agua, por lo cual los mismos precipitaran. Como hay que garantizar que no quede presente BaCl_2 , que es tóxico, y sabiendo que no es necesario eliminar el 100 % de los sulfatos, se plantea la reacción para eliminar solo el 80 % de sulfatos.

Para el caso de los Fluoruros se emplea hidróxido de calcio, con el que se formará fluoruro de calcio CaF_2 , sal poco soluble en agua.

Con una recuperación adecuada, ambas sales pueden tener otras aplicaciones. En el caso del sulfato de bario tiene utilidad en medicina en el campo de la imagenología como medio de contraste para radiografías.

Todos los procedimientos que se describen fueron realizados en distintas muestras de agua de rechazo de diferentes plantas de ósmosis del interior de la provincia. Solo se detalla lo

realizado en el caso del agua de rechazo de la planta que funciona en la localidad de Desiderio Tello.

2.1. Cálculos preliminares

Para la determinación de los volúmenes de reactivos a emplear en el tratamiento de las aguas, se realizaron una serie de cálculos previos que luego se pueden utilizar en el tratamiento de las aguas in situ.

- Determinación del volumen de Cloruro de Bario a agregar:



Considerando el K_{ps} BaSO_4 : $1,1 \cdot 10^{-10}$, si se tiene una concentración molar M de SO_4^{--} y se utiliza una alícuota de V ml para precipitarlos, la cantidad de moles de SO_4^{--} en el volumen V será:

$$\text{Moles de } \text{SO}_4^{--} = V.M/1000$$

Si para precipitar un mol de SO_4^{--} se necesita un mol de Ba^{++} , entonces la cantidad de moles de SO_4^{--} es igual a la de moles de Ba^{++} .

La cantidad de solución 1 M de BaCl_2 a usar será:

$$\text{ml de BaCl}_2 = V.M$$

El cálculo realizado es para precipitar la totalidad de sulfatos en solución. Si se quiere precipitar solamente el 80% la cantidad de ml de BaCl_2 será:

$$(4/5) V.M = \text{ml de BaCl}_2$$

En donde V es el volumen de solución a tratar y M la concentración molar de sulfatos en solución.

Si se tiene en cuenta que un mol de sulfatos son 96000 mg, y que la concentración de sulfatos viene dada en ppm; entonces al cambiar la concentración molar por ppm se tiene:

$$\text{ml de BaCl}_2 \text{ a utilizar} = (4/5) V \text{ ppm} / 96000$$

En donde V es el volumen de solución a tratar y ppm la concentración en partes por millón de sulfatos en solución.

$\text{ml de BaCl}_2 \text{ a utilizar} = 8,33 \cdot 10^{-6} V \text{ ppm}$

- Determinación del volumen de Hidróxido de Calcio a agregar:



Siguiendo el mismo razonamiento que el planteado para el cloruro de bario; considerando que

el $K_{ps} \text{CaF}_2$: $4,0 \cdot 10^{-11}$ y teniendo en cuenta que por estequiometría se necesita la mitad de calcio respecto a la cantidad de fluoruros existente en la solución; trabajando con una solución de concentración 1 M de hidróxido de calcio y sabiendo que 1 M de fluoruros son 19.000 ppm, se tiene que

$$\text{ml de Ca(OH)}_2 \text{ a utilizar} = 2,1 \cdot 10^{-5} V \text{ ppm}$$

En donde V es el volumen de solución a tratar y ppm la concentración en partes por millón de fluoruros en solución.

El agua residual, del desalinizador de la localidad de Desiderio Tello, presenta la calidad fisicoquímica cuyos datos proporcionados por el análisis cuantitativo se muestran en la tabla 1, construida a partir de los análisis de agua realizados.

Estudio físico-químico de agua de rechazo Desiderio Tello		
Parámetros	Resultados	Valores permitidos
pH	7,31	6,5 a 8,5
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	5.500	< 3000
Cloruros (mg/l)	640	Máx. 400
Alcalinidad (mg/l)	1112	-
Bicarbonatos (mg/l)	1360	-
Sulfatos (mg/l)	1096	Máx. 400
Nitratos (mg/l)	130,8	Máx. 50
Fluoruros (mg/l)	7,6	Máx. 2
Arsénico (mg/l)	0,045	Máx. 0,05
Calcio (mg/l)	184	Máx. 200
Magnesio (mg/l)	34,8	Máx. 50
Sodio (mg/l)	1112	Máx. 200
Potasio (mg/l)	23,6	Máx. 15

Tabla 1: Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua de rechazo de D. Tello

Para los valores permitidos, se consideran como referencia los valores establecidos por la ley provincial N° 6.281 –Anexo 1, para agua de red con fines de consumo humano y de la FAO para riego.

3. RESULTADOS

Primero se emplearon pequeños volúmenes para lograr ajustar la técnica y luego se procedió al tratamiento en sí.

Partiendo de los datos de base, se procedió a tomar una alícuota de 200 ml de muestra, y

según los cálculos previos, se determinaron los volúmenes de las distintas soluciones a utilizar para proceder al tratamiento.

$$\text{ml de BaCl}_2 \text{ a utilizar} = 8,33 \cdot 10^{-6} \times V \text{ (ppm)}$$

En el caso de la muestra a utilizar, que posee una concentración de sulfatos de 1096 ppm y la alícuota es de 200 ml, la cantidad de cloruro de bario a usar es 1,83 ml

$$\text{ml de Ca(OH)}_2 \text{ a utilizar} = 2,1 \cdot 10^{-5} \times V \text{ (ppm)}$$

Para el hidróxido de calcio, en donde el fluoruro es de 7,6 ppm y la alícuota es de 100 ml, el resultado es 16 ul.

Con los datos obtenidos en los cálculos previos, se comenzó a realizar el tratamiento propuesto.

Se tomó una alícuota de 100 ml, se envasa como muestra número 1 (M1), y es considerada como muestra de referencia sin tratamiento.

Otra alícuota de 200 ml de la muestra de agua de rechazo es tratada con cloruro de bario y, para ello, se le agregó 1,83 ml de BaCl₂, volumen que resulta de aplicar la fórmula respectiva de los cálculos preliminares, dando como resultado un precipitado blanco (ver fig. 2). Se filtraron los 200 ml, se tomó una alícuota de 100 ml de muestra y se envasó como muestra número 2 (M2). A los otros 100 ml de muestra filtrada se trató con hidróxido de calcio, agregando 0,016 ml de Ca(OH)₂, generándose un nuevo precipitado producto de la reacción. Luego de filtrar el segundo precipitado (ver fig. 3) se envasa como muestra número 3 (M3). Los volúmenes empleados se resumen en la tabla 2.

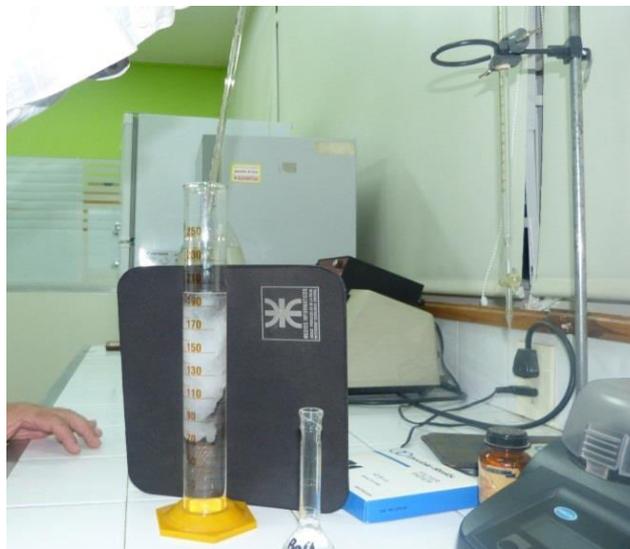


Fig. 2: precipitación del BaSO₄

Fig. 3: filtrado del CaF_2

Muestra	ml de BaCl_2	ml de $\text{Ca}(\text{OH})_2$
M1	--	--
M2	1,83	--
M3	--	0,016

Tabla 2: volúmenes empleados en el tratamiento

Se analizaron las muestras para determinar la concentración remanente de Sulfatos y Fluoruros. También se determinó el pH de las soluciones tratadas y la cantidad de cloruros por el agregado de cloruro de bario e hidróxido de calcio.

Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 3.

Estudio físico-químico de agua de rechazo tratada Desiderio Tello		
Parámetros	Resultados	Valores permitidos
pH	8,29	6,5 a 8,5
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4900	< 3000
Cloruros (mg/l)	1320	Máx. 400
Sulfatos (mg/l)	255	Máx. 400
Fluoruros (mg/l)	1,6	Max. 2
Calcio (mg/l)	177	Máx. 200

Tabla 3: Resultados del agua de rechazo de Desiderio Tello tratada.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten considerar que, la recuperación de sales de cloruros de las aguas de rechazo de plantas de ósmosis, es viable técnicamente empleando sales de cloruro de bario e hidróxido de calcio, lo que sería una alternativa para disminuir el impacto que produce actualmente la disposición de las aguas de rechazo.

Si bien éste es un trabajo preliminar sobre una muestra en particular, es importante destacar que en el resto de las muestras estudiadas no se observan otras sales que pudieran estar en concentraciones elevadas para considerarse perjudiciales para el consumo animal, con la excepción del arsénico en cuyo caso habrá que diseñar una técnica particular para su eliminación.

Sería recomendable realizar un estudio económico de la implementación in situ para, en primer lugar, remediar el impacto que resulta de la eliminación directa sobre el terreno de las aguas de rechazo y por otra parte, el rendimiento en la producción de bloques de sal para la posible utilización de esos bloques en la alimentación del ganado en épocas de sequía.

REFERENCIAS

- [1] Informe Anual IPALAR 2013.
- [2] Bauer D.; Rush I. y Rasby R. “Minerales y vitaminas en bovinos de carne”. Capítulo 4. Sitio Argentino de Producción Animal. (2009).
- [3] Johnson G., Stowell L. Monroe M. “Tratamiento VSEP de Rechazo de Osmosis desde el agua salobre subterránea”. Artículo técnico. Conferencia El Paso desalinización, Marzo de 2006, El Paso Texas.
- [4] Muffarrege D. “El sodio en la alimentación mineral del ganado en la región NEA”. INTA. 2003.
- [5] Pérez Carrera, A. y Fernández Cirelli, A. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. de Córdoba, Argentina). InVet., 6(1): 51-59 ISSN (papel): 1514-6634 ISSN (on line): 1668-3498. (2004)
- [6] Pinedo Luque M. “Estudio del aprovechamiento del rechazo de una planta de ósmosis inversa ubicada en los campamentos de refugiados Saharauis de Tindouf (Argelia).” Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de Zaragoza. España. 2009.