Proyecto Vicuña- desalinización del río blanco y la palca para mejorar la calidad del agua de Iglesia, Jáchal y Huaco – alternativa de suministro de agua desde el Pacifico

Vicuña Project: desalination of the blanco and la palca rivers to improve water quality in Iglesia, Jáchal, and Huaco – an alternative water supply from the Pacific ocean

Jiménez, Luis F.
Instituto del Agua- FCQyT- UCCuyo- institutodelagua@uccuyo.edu.ar

Resumen

El presente documento propone desarrollar una alternativa a la propuesta de suministro de agua desde el Océano pacífico del proyecto minero de cobre Vicuña en el Departamento Iglesia de la Provincia de San Juan.

Se analiza la situación de los afluentes del río Jáchal desde el punto de vista hidroquímico, evaluando a nivel preliminar la posibilidad de disminuir la concentración de boro del agua del río Blanco asociado con la desalinización de los ríos Blanco y de la Palca, utilizando la técnica de ósmosis inversa, para obtener un volumen de permeado con niveles de salinidad y boro que mejoren la situación del agua del río Jáchal.

Esta alternativa es analizada en términos del balance de masas y de los costos asociados para poder compararla con las opciones que la empresa dispondrá para su proyecto.

Se obtienen costos por m3 de agua tratada de valores aceptables dentro de la bibliografía consultada. Y se ha podido considerar la posible ampliación de cultivos aptos, respecto a la situación sin proyecto de desalinización.

Para analizar el impacto socioeconómico de la propuesta se resume globalmente el grado de cumplimiento de los ODS y la implicancia derivada de la posible adopción de esta técnica por parte de la empresa.

Palabras Claves: Desalinización – Ósmosis inversa – Calidad del agua – Cuenca del Jáchal – Desarrollo sostenible

Abstract

This document proposes an alternative to the copper mining project Vicuña's plan to supply water from the Pacific Ocean in the Department of Iglesia, Province of San Juan. It analyzes the hydrochemical conditions of the Jáchal River's tributaries, preliminarily assessing the feasibility of reducing boron concentration in the Blanco River through desalination of the Blanco and La Palca Rivers using reverse osmosis. The goal is to obtain a permeate volume with improved salinity and boron levels to enhance Jáchal River water quality. The proposal is examined through mass balance and cost analysis to compare with available project options. The estimated cost per cubic meter of treated water is within acceptable bibliographic ranges, and the proposal considers the potential expansion of suitable crops. The socio-economic impact is discussed in relation to the Sustainable Development Goals (SDGs) and the implications of adopting this technique by the mining company.

Keywords: Desalination – Reverse osmosis – Water quality – Jáchal Basin – Sustainable development

Introducción

El Instituto del Agua de la Facultad de Ciencias Químicas y Tecnológicas de la UCCuyo está estudiando diversas posibilidades tecnológicas y de gobernanza para aportar soluciones en el suministro, distribución y uso del agua en los distintos departamentos de la provincia. De tal manera, observando la posibilidad de que el proyecto de cobre Vicuña utilice agua del Océano Pacífico desalinizándola utilizando el proceso de ósmosis inversa, resulta interesante analizar una alternativa de desalinización desde los afluentes del río Jáchal, en la zona de influencia del proyecto.

Los antecedentes utilizados para nuestra propuesta se desprenden del estudio de factibilidad del anteproyecto de la Presa de Embalse Cuesta del Viento. En tal ocasión participamos en el modelo matemático de simulación hidroquímico de la alimentación, almacenamiento y uso del agua del futuro embalse, utilizando información de campo de los afluentes del río Jáchal, el Blanco (conti-

Jiménez, Luis F.
Instituto del Agua- FCQyT- UCCuyo- institutodelagua@uccuyo.edu.ar

nuación del Salado) y de la Palca. Dicha información se elaboró en coordinación con el CRAS y la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia.

Teniendo en cuenta la elevada concentración de Boro y salinidad total del río Blanco se pretendió analizar, antes de la construcción del embalse, la variación de los tenores salinos a través del tiempo. Destacándose que a pesar de la elevada concentración de sales, la razón de que el Valle de Jáchal no tuviera salinizados los suelos agrícolas, derivaba de la ancestral tecnología de rotación de cultivos entre leguminosas y frutales y hortalizas. Esto, asociado al uso de agua de riego en exceso para que las sales alcancen niveles más profundos y las plantas asimilen el nitrógeno aportados al suelo por las leguminosas para mantener un nivel razonable en el tiempo.

Esta situación permitió suponer que el almacenaje de agua en el Embalse Cuesta del Viento debía utilizarse para incrementar el número de Has cultivadas y para el lavado de suelos. La superficie con derecho de riego de Jáchal es de 12.000 Ha y con el embalse se podría elevar a 9.000 ha. Para lograr ese objetivo se debía desarrollar una red pública de drenaje para reducir la salinidad acumulada.

En la actualidad solo se riegan unas 3.500 Ha. Como consecuencia de que no se ha alcanzado a completar todo el esquema planteado en el estudio de factibilidad del proyecto Cuesta del Viento y tampoco se ejecutó la red de drenaje.

Obviamente hay que destacar que el gran limitante resulta ser la salinidad de los afluentes del río Jáchal ya que a través del tiempo, el efecto concentrador de sales del embalse resultaría un factor altamente limitante para el agua de riego y para el agua potable. Sin resolver el problema de salinidad de los afluentes del río Jáchal, el impacto previsto en la ejecución del Embalse Cuesta del Viento, resulta ser limitado.

Teniendo en cuenta la propuesta de Vicuña de desalinizar agua del Océano Pacífico surge la posibilidad de utilizar la misma metodología para el agua de los afluentes del río Jáchal y con ello, no sólo abastecer de agua el proyecto minero, sino conseguir un significativo mejoramiento de la salinidad del río Jáchal. En consecuencia, el embalse Cuesta del Viento y todos los usos aguas abajo, incrementarían su productividad hídrica en calidad de agua generando una mayor posibilidad de conseguir un impacto en el crecimiento de la frontera agropecuaria vinculada con el embalse.

Según información periodística el proyecto Vicuña propone desalinizar 1,2 m3/s del océano Pacífico que posee una concentración salina total aproximada de 35 g/l.

El módulo promedio del río Jáchal es de 9 m3/s, aportados por 3 m3/s por el río Blanco y 6m3/s por el río de la Palca. De ambos afluentes, el de mayor concentración de Boro, Arsénico y sales totales es el río Blanco.

En función de esta situación nuestra propuesta plantea desalinizar por ósmosis inversa la totalidad del caudal del río Blanco (3m3/s) y una porción (33%) del río de la Palca, alcanzando un caudal total a desalinizar de 5 m3/s, para obtener un efluente mezcla de baja salinidad total y con contenido de Boro dentro de las normas del Código Alimentario Argentino. Actualmente el contenido de Boro es de 3,9 mg/l y se pretende dejar un permeado de 0,5 mg/l. de Boro.

Nuestra propuesta pretende desalinizar 5 m3/s a partir de una concentración máxima de 3,5 g/l de sales totales, frente a la alternativa de desalinizar 1,2 m3/s del océano Pacífico con concentración de 35 g/l. La alternativa de desalinizar desde el lado argentino implica mayores caudales pero menor concentración salina.

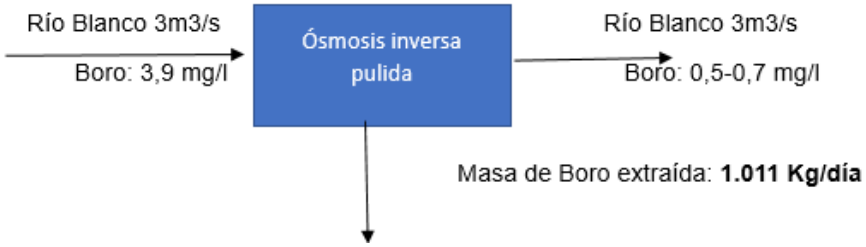
Si bien la dimensión del proceso de desalinizar por ósmosis inversa los afluentes del río Jáchal es de mayor envergadura en caudal, la alternativa desde el lado chileno implica grandes inversiones en bombeo y cañería de transporte a 4.000 m de altura que pueden resultar mayores que la mayor inversión en la planta de ósmosis del lado argentino.

Propuesta de ósmosis inversa del lado argentino- Esquema gráfico que muestra de manera sinté-

Jiménez, Luis F.
Instituto del Agua- FCQyT- UCCuyo- institutodelagua@uccuyo.edu.ar

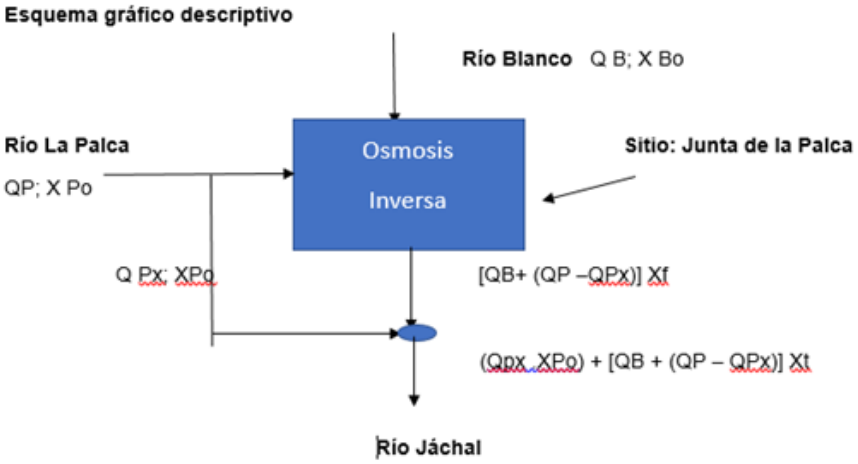
tica, la primera etapa del tratamiento para eliminar el Boro del río Blanco, utilizando una tecnología de ósmosis Inversa pulida en una o dos etapas dependiendo de la variación de la concentración inicial en cada ciclo hidrológico. Esta condición responde a las variaciones de la hidrología de los afluentes derivada del cambio climático.
Para analizar la propuesta tecnológica hemos dividido el proceso en dos etapas diferenciadas. La primera etapa se refiere a la reducción del Boro del río Blanco ya que es el que mayores aportes genera, mientras que la segunda, analiza la desalinización de dicho río completo y de una porción (33%) del río de la Palca generando un permeado mezcla de condición favorable para la agricultura y el agua potable.

ETAPA 1: Eliminación del Boro



La tecnología para extraer el Boro es Osmosis Inversa Pulida en lecho de resina N- Metil-D- Glucamina (NMDG) con una segunda pasada ajustando pH a 9-10 para transformar el boro como ácido bórico en Boro iónico (borato)
El rechazo del Boro depende del pH y del tipo de membrana. En agua no alcanina el rechazo del Boro es del 60-70%. Un rechazo del 80% sería seguro con ajuste del pH.
El costo de la eliminación del Boro para procesar 3 m3/s sería de: 0,8- 1 u$s/ m3.
El rubro de mayor incidencia en el costo sería la energía utilizada para la presión necesaria del ósmosis inversa. Sería necesario entre 1,5 kWh/m3 a razón de 0,1 u$s/kwh, resultando un costo de energía de 0,2 u$s/m3.
El costo total resultaría de 0,8-1,0 u$s/m3

ETAPA 2: Desalinización por ósmosis inversa del río Blanco y parte del río de la Palca.



Proyecto Vicuña- desalinización del río blanco y la palca para mejorar la calidad del agua de Iglesia, Jáchal y Huaco – alternativa de suministro de agua desde el Pacifico

Vicuña Project: desalination of the blanco and la palca rivers to improve water quality in Iglesia, Jáchal, and Huaco – an alternative water supply from the Pacific ocean

Jiménez, Luis F.
Instituto del Agua- FCQyT- UCCuyo- institutodelagua@uccuyo.edu.ar

QT: 9 m3/s (caudal río Jáchal)
QB: 3 m3/s (caudal río Blanco)
QP: 6 m3/s (caudal río de la Palca)
QPx: 4 m3/s (caudal río de la Palca sin desalinizar)
XBo: 3,5 mg/l (concentración salina río Blanco inicial)
XPo: 2,5 mg/l (concentración salina río de la Palca inicial)
Xf : 0,5 mg/l (concentración salina agua desalinizada)
Xt: concentración salina agua final mezcla
Balance final: Xt la concentración salina de la mezcla final será:

$$Xt = \frac{[QB+(QP-QPx)]Xf+QPxXPo}{Qt} = 1,4 \text{ g/l (agua mezcla de salida)}$$

Con el balance descripto se podría obtener agua para alimentar Iglesia y Cuesta del Viento con una salinidad total de 1,4 g/l y 0,5 mg/l de Boro.

Actualmente el río Jáchal presenta una salinidad total de 2,5 g/l y un contenido de Boro de 3,5 mg/l. Como se observa el impacto de esta propuesta sobre la calidad del río Jáchal será altamente significativo.

El costo de la desalinización propuesta será el siguiente:
- Caudal total a desalinizar por ósmosis Inversa: [QB+ (QP –QPx)] = 5 m3/s
- Reducción de salinidad total desde 3,5 a 1,4 g/l
- Masa de sal removida: 1.209 Tn/día
- Caudal total desalinizado por día: 432.000 m3/día
- Periodo de recuperación del capital: 25 años
- Gastos operativos corrientes : 0,30 u$s/m3
- Inversión inicial estimada: u$s 518.400.000
- Costo total : 0,64 u$s/m3
- Costo diario: 192.800 u$s/día
- Costo anual: 70.405.200 u$s/año

El costo total de eliminación primaria de boro y de desalinización resultara:
- Costo eliminación Boro: 0,8 u$s/m3
- Costo desalinización: 0,64 u$s/m3
- Costo Total: 1,44 u$s/m3

Para evaluar el impacto en los aspectos agrícolas y agroindustriales que se podrían obtener al adoptar la alternativa propuesta, se muestra a continuación la lista de cultivos que podría desarrollarse en Iglesia, Jáchal y Huaco. Una vez que se obtenga la desalinización del agua se podrían incorporar un mayor número y diversidad de cultivos, así como incrementar la superficie regada de cada uno de ellos, generando expectativas de crecimiento agropecuario y agroindustrial en la zona de influencia.
Tabla de cultivos tolerantes a las condiciones de salinidad y Boro obtenidas después del tratamiento propuesto. (Maas &Hoffman1977; Ayers &Westcot- 1985)

Jiménez, Luis F.
Instituto del Agua- FCQyT- UCCuyo- institutodelagua@uccuyo.edu.ar

Cultivos aptos	Boro (mg/l)	Sales totales (dS/m)(1)
Olivo	0,5	5,7
Pistacho	0,5	7-8
Vid	0,5	2,5-3
Tomate	0,75	2,5-3
Cebolla	1,0	1,2-1,8
Ajo	0,75	1,7-2,5
Cebada	2,0	8-10
Alfalfa	1,7	2-2,5
Sorgo	2,0	6,8-7,5
Zanahoria	1,0	1,0-1,2
Trigo	1,5	6-7
Girasol	1,5	4,8-5,5
Higuera	1,5	3,5-4
Almendro	0,5	3,5-4
Pimiento	0,75	1,5-2.0
Remolacha	0,75	15-16

(1) dS/m (deciSiemens por metro) (Conductividad eléctrica equivalente a1dS/m = 0,64 g/l))

Como puede observarse en la tabla, las condiciones del agua obtenidas después de la desalinización por ósmosis inversa, amplía la matriz de cultivos posible para la zona de influencia del proyecto.

Beneficios sociales, económicos y ambientales de la propuesta.

Como se desprende del análisis general de la propuesta se podría resolver el suministro de agua necesario para el proyecto Vicuña y además mejorar notablemente la calidad del agua de riego y para bebida de los departamentos de Iglesia y Jáchal.

El impacto que se podría generar por esta propuesta respondería a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU (ODS 6): “Agua Limpia y Saneamiento) ya que se mejoraría el acceso al agua potable segura, se gestionaría eficientemente el recurso hídrico y se mejoraría la calidad del agua para la agricultura, impactando directamente la meta de garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua para todos”

Jiménez, Luis F.
Instituto del Agua- FCQyT- UCCuyo- institutodelagua@uccuyo.edu.ar

-Mejora de la calidad del agua potable y de riego: La desalinización elimina las sales y otros contaminantes transformándola en apta para el consumo humano y agrícola, Además se mejoraría la calidad del agua de recarga de los acuíferos subterráneos aguas abajo del dique Cuesta del Viento.

-Aumento de la matriz de cultivos: Actualmente existe una marcada limitación en los tipos de cultivos que se pueden desarrollar en Jáchal y Huaco con agua de alta salinidad y alto contenido de boro, limitándose a combinaciones de algunas leguminosas (alfalfa) y algunos frutales resistentes al boro (membrillo)

-Efectos derivados:

Sostenibilidad y resiliencia: Un manejo más eficiente del agua por efecto de la desalinización, y la posibilidad de que las poblaciones mejoren su salud usando agua de menor contenido de boro y otras sales en exceso, mejoraría la resiliencia de las comunidades involucradas frente a la futura escasez del agua y el cambio climático.

Crecimiento económico y mejor calidad en el trabajo: mejorando el acceso en cantidad y calidad del agua y su uso eficiente en la agricultura e industria, podría impulsar la economía local transformando Jáchal, Huaco e Iglesia en proveedores de productos agrícolas frescos y procesados para abastecer a los proyectos mineros.

Salud y bienestar: el acceso a agua segura y de calidad adecuada es una condición básica del ODS 6.

Gestión integrada de los recursos hídricos: la desalinización, si se logra un esquema de gobernanza adecuado, puede complementar las estrategias de gestión integrada en toda la cuenca del río Jáchal superior e inferior desde Cuesta del Viento, promoviendo la descentralización de la gobernanza de la cuenca hídrica

Además de los logros mencionados del objetivo ODS 6, también contribuiría a la seguridad alimentaria (ODS 2), al crecimiento económico (ODS 8) y a la salud y bienestar (ODS 3).

Conclusiones

La propuesta de desalinizar y reducir la concentración de boro de las aguas de la cuenca Blanco-La Palca- Jáchal, podría ser evaluada en el marco del proyecto minero Vicuña, teniendo en cuenta la opción de la empresa de desalinizar agua del Océano Pacífico y bombearla a 4.000 m de altura para satisfacer su demanda de agua para el proceso.

Desde nuestro punto de vista resulta pertinente evaluar la alternativa de suministro de agua desde la cuenca de Iglesia ya que el impacto económico y social sobre el área de influencia podía provocar un gran aporte al desarrollo de las comunidades involucradas y además, podría resolver el impacto ambiental de las baterías de pozos previstas en el proyecto asociadas al suministro desde el océano.

Evidentemente que sería necesario efectuar una evaluación profunda por parte de la empresa, desde el punto de las inversiones necesarias, de los costos de oportunidad asociados a ambas soluciones y a los beneficios empresarios, de seguridad del proyecto en su vida útil, y los beneficios sociales, económicos y ambientales del área de influencia.

Asimismo, estimo que esta propuesta, de ser viable para la empresa, provocaría un efectivo impacto sobre la licencia social de la minería a cielo abierto de grandes proyectos en zonas deprimidas socialmente, generando un efecto directo de responsabilidad social empresaria.

Bibliografía

Amy, G., Ghaffour, N., Li, Z., Francis, L., Linares, R.V., Missimer, T., & lattemann, S. (2017). Membrane-based seawater desalination: Present and future prospects. Desalination, 401, 16-21. https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.002

Proyecto Vicuña- desalinización del río blanco y la palca para mejorar la calidad del agua de Iglesia, Jáchal y Huaco – alternativa de suministro de agua desde el Pacifico

Vicuña Project: desalination of the blanco and la palca rivers to improve water quality in Iglesia, Jáchal, and Huaco – an alternative water supply from the Pacific ocean

Jiménez, Luis F.
Instituto del Agua- FCQyT- UCCuyo- institutodelagua@uccuyo.edu.ar

InM.Ashraf, M. Ozturk, & H. R. Athar (Eds.), Salinity and wáter stress: Improving crop efficiency (pp. 159-177). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9368-8_10
International Energy Agency (IEA). (2019).The future of desalination. Paris: IEA Publications
United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2018). Salt tolerance of crops. USDA ARS, Agricultural Water Efficiency and Salinity Research Unit. https://www.ars.usda.gov