



II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

UN CONTAMINANTE SILENCIOSO: OCURRENCIA DE PERCLORATO EN EL AGUA POTABLE DE CIUDADES DEL NORTE DE CHILE

DIANA MUÑOZ^{1,2}
FELIPE TORRES^{1,2}
MARCELA VEGA^{1,2,3}
CRISTÓBAL ALVEAR¹
IGNACIO VARGAS^{1,2*}

El perclorato es un ion altamente soluble en el agua y en solventes orgánicos por su baja densidad de carga. En Chile, se encuentra naturalmente en la zona norte del país (e.g. desierto de Atacama), encontrándose asociado como contaminante traza en sales de nitrato usadas como fertilizante agrícola y exportado a diversas partes del mundo durante el siglo XIX y cuyo origen ha sido comprobado a partir del análisis de isótopos estables. En el país, también se ha encontrado en suelos, aguas subterráneas, aguas superficiales y en alimentos; no obstante, se cuenta con escasa información sobre su presencia en agua potable. Lo anterior genera gran incertidumbre sobre el nivel de exposición al que está sometida la población en Chile y sobre la eficacia de las tecnologías empleadas en la actualidad para la retención de contaminantes emergentes, considerando su inminente presencia en las fuentes de captación que son usadas para el proceso de potabilización.

El perclorato es considerado una fuente importante de contaminación para el medio ambiente y su presencia en el agua potable puede generar graves consecuencias a la salud pública por bloqueo en la incorporación del yoduro a la glándula tiroidea y cuyos efectos causan la disminución de la síntesis y secreción de la hormona tiroidea, incrementando la producción de la hormona estimulante de la tiroides (TSH). Las manifestaciones en las personas expuestas a niveles bajos de perclorato pueden incluir desde bocio hasta deficiencia mental y efectos neurológicos graves según el grado de hipotiroidismo inducido, siendo la población infantil la más vulnerable de sufrir patologías más complejas como es el caso del cretinismo.

Actualmente no se cuenta con una norma en relación a la cantidad máxima permitida de perclorato en agua potable; no obstante, existen diversas recomendaciones al respecto. Basados en metodologías de evaluación del riesgo para la salud, la Agencia de Protección

¹ Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile / itvargas@uc.cl

² Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS)

³ Department of Civil and Environmental Engineering and Earth Sciences, University of Notre Dame (USA)



Ambiental de Estados Unidos (US-EPA) actualizó el nivel recomendado a $15 \mu\text{g L}^{-1}$, mientras el estado de California (USA) recomienda $6 \mu\text{g L}^{-1}$ al igual que Canadá y el estado de Massachusetts que permiten concentraciones de hasta $2 \mu\text{g L}^{-1}$ en el agua potable. De igual manera en Europa, Francia a través de la mediante *l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail* (ANSES), sugiere una concentración inferior a los $15 \mu\text{g L}^{-1}$ en adultos y $4 \mu\text{g L}^{-1}$ en lactantes.

El presente trabajo, busca evidenciar la necesidad de actualizar la regulación de agua potable en Chile en relación a la presencia de perclorato y otros aniones (i.e. clorato, nitrato, sulfato) presentes en las matrices de agua del norte de Chile. Los resultados alcanzados en campañas de muestreo en las ciudades de Coquimbo, La Serena y Copiapó muestran presencia de perclorato en estas tres ciudades en niveles superiores a los sugeridos por la US-EPA ($15 \mu\text{g L}^{-1}$) (Figura 1). Esta realidad motiva la discusión para desarrollar políticas públicas, normativas e implementación de tecnologías para el tratamiento de las aguas de cada región del país.

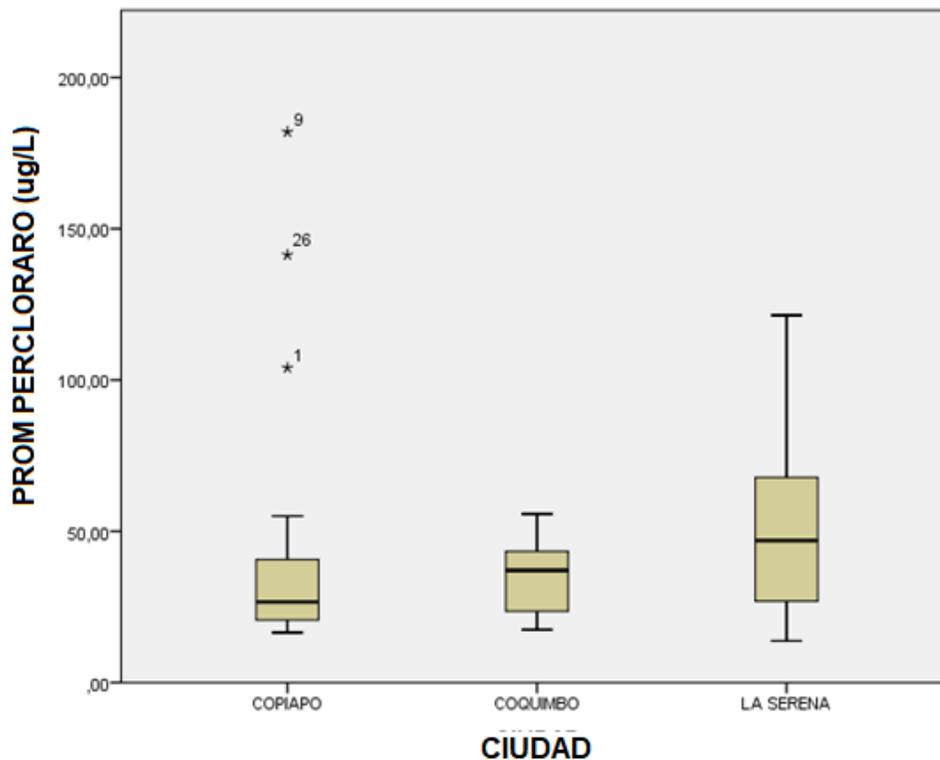


Figura 1: Distribución estadística de las concentraciones de Perclorato en las ciudades de Copiapó, Coquimbo y La Serena. Todos los valores están por encima de los $15 \mu\text{g L}^{-1}$ recomendado por la US EPA.



Figura 2: Distribución espacial de las concentraciones de Perclorato en Copiapó, Coquimbo y La Serena. Cada dato corresponde al promedio por zona, considera tres puntos de muestreo y mediciones por triplicado.



Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen el financiamiento del FONDECYT 1160917 y el apoyo del Laboratorio SEREMI de Salud de la RM. Agradecimientos especiales a Mauricio Medel, Fernanda Carrasco, a los estudiantes del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería: María José de la Fuente, Luis Caro y Javiera Anguita por el apoyo en la toma y medición de muestras, finalmente a los co-investigadores Gonzalo Pizarro, Sandra Cortés y Raúl Calderón por la pertinencia de sus aportes.

Referencias

- Böhlke, J. K., Ericksen, G. E., & Revesz, K. (1997). Stable isotope evidence for an atmospheric origin of desert nitrate deposits in northern Chile and southern California, U.S.A. *Chemical Geology*, 136(1–2), 135–152. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(96\)00124-6](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(96)00124-6)
- Böhlke, J. K., Hatzinger, P. B., Sturchio, N. C., Gu, B., Abbene, I., & Mroczkowski, S. J. (2009). Atacama perchlorate as an agricultural contaminant in groundwater: Isotopic and chronologic evidence from Long Island, New York. *Environmental Science and Technology*, 43(15), 5619–5625. <https://doi.org/10.1021/es9006433>
- Dasgupta, P. K., Martinelango, P. K., Jackson, W. A., Anderson, T. A., Tian, K., Tock, R. W., & Rajagopalan, S. (2005). The origin of naturally occurring perchlorate: The role of atmospheric processes. *Environmental Science and Technology*, 39(6), 1569–1575. <https://doi.org/10.1021/es048612x>
- Jackson, W. A., Rainwater, K., Anderson, T., Lehman, T., Tock, R., Rajagopalan, S., & Ridley, M. (2004). Distribution and potential sources of perchlorate in the high plains region of Texas. Final Report. Submitted to the Texas Commission on Environmental Quality, Austin.
- Kumarathilaka, P., Oze, C., Indraratne, S. P., & Vithanage, M. (2016). Perchlorate as an emerging contaminant in soil, water and food. *Chemosphere*, 150, 667–677. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.109>
- Michalski, G., Böhlke, J. K., & Thiemens, M. (2004). Long term atmospheric deposition as the source of nitrate and other salts in the Atacama Desert, Chile: New evidence from mass-independent oxygen isotopic compositions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(20), 4023–4038. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2004.04.009>
- Smith, P. N., Yu, L., McMurry, S. T., & Anderson, T. A. (2004). Perchlorate in water, soil, vegetation, and rodents collected from the Las Vegas Wash, Nevada, USA. *Environmental Pollution*, 132(1), 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.03.017>
- Srinivasan, R., & Sorial, G. A. (2009). Treatment of perchlorate in drinking water: A critical review. *Separation and Purification Technology*, 69(1), 7–21. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.06.025>
- Urbansky, E. T. (1998). Perchlorate Chemistry: Implications for Analysis and Remediation. *Bioremediation Journal*, 2(2), 81–95. <https://doi.org/10.1080/10889869891214231>