II CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

PERCLORATO EN CHILE: DESAFÍOS REGULATORIOS Y TECNOLÓGICOS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE LAS CIUDADES CHILENAS

IGNACIO T. VARGAS [1,2,3] *
MARCELA VEGA [1,2,4]
FELIPE TORRES [1,2]
DIANA MUÑOZ [1,2]
CRISTOBAL ALVEAR [1]
CAMILA CANALES [1,3]

RESUMEN EXTENDIDO

El perclorato (ClO_4^-) es un contaminante encontrado de forma ubicua en minerales, suelos y aguas superficiales y subterráneas alrededor del mundo. El ClO_4^- es altamente soluble, estable y de baja afinidad de sorción. Estas propiedades lo hacen extremadamente móvil en sistemas acuáticos, contaminando fuentes de agua. Este contaminante es de preocupación ambiental debido a su efecto inhibitorio de la glándula tiroidea, causando alteraciones en la producción de las hormonas tiroideas (TSH). Los efectos observados en la población expuesta a perclorato incluyen desde problemas de déficil cognitivo hasta efectos neurológicos graves, especialmente en segmentos más vulnerables de la población.

A pesar que los riesgos en la salud asociados al consumo de perclorato han sido ampliamente reportardos por expertos y se ha probado su presencia en zonas pobladas aumentando el riesgo de la población, aun su regulación a nivel mundial se encuentra en su infancia. Las agencias de protección ambiental de los Estados Unidos (United States Environmental Protection, US-EPA) y de Francia (the French Agency for Food, Environmental and Health Occupational & Safety, ANSES) han establecido un valor máximo recomendado para el agua potable en 15 µg/L para adultos (y 4 µg/L para infantes en la caso de la ANSES). En los Estados Unidos, a pesar que no existe una regulación a nivel nacional, estados como California y Massachusetts han implementado máximos para el agua potable de 6 and 2 µg/L, respectivamente.

Mientras en la mayoría de los países del mundo la contaminación por perclorato es de origen antropogénico, altamente ligado a la industria de armamento, combustibles de cohetes y uso de fertilizantes; en Chile existe probada evidencia de contaminación natural de este contaminante. La contaminación por perclorato en el Desierto de Atacama ha estado presente en suelos y aguas por millones de años, reportándose concentraciones que exceden hasta en un orden de magnitud los requerimientos de las agencias internacionales de protección ambiental. Pese a esta particular condición, Chile no cuenta con normativa o

[1] Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile / itvargas@uc.cl
[2] Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS)
[3] Marine Energy Research & Innovation Center, MERIC
[4] Department of Civil and Environmental Engineering and Earth Sciences, University of Notre Dame (USA)

acción frente a la presencia de este contaminante en sus aguas. Escasa información existe sobre su presencia en el agua potable de las ciudades y la efectividad de las tecnologías actualmente utilizadas para la remoción de aniones en el proceso de producción de agua potable.

Actualmente, las resinas de intercambio iónico son la tecnología comúnmente utilizada para la remoción de perclorato. Sin embargo, al ser un proceso de separación y no de degradación del contaminante, su efectividad en la solución del problema ambiental es parcial. Sumado a lo anterior, matrices complejas con presencia de otros iones (i.e. clorato, nitrato, sulfato) en concentraciones que exceden entre dos y cuatro órdenes de magnitud las concentraciones perclorato, dificultan su efectividad y comprometen la sustentabilidad del sistema.

La reducción biológica de perclorato emerge como una alternativa complementaria a los actuales procesos de separación (i.e. uso de resinas de intercambio iónico). A través de la actividad metabólica de microorganismos reductores de perclorato es posible transformar perclorato en cloruro (Figura 1). A través de un análisis de ciclo de vida, esta prometedora alternativa de tratamiento ha sido sindicada como una de las estrategias más efectivas y amigables con el medio ambiente para la degradación de perclorato y clorato en el ambiente.

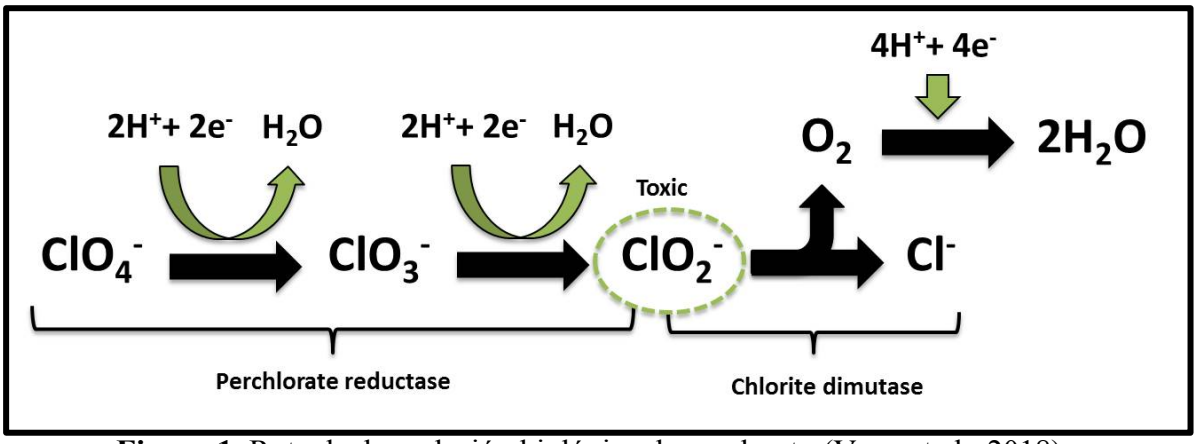

Figura 1. Ruta de degradación biológica de perclorato (Vega et al., 2018).

Este trabajo muestra el estudio de la ocurrencia de perclorato en ciudades seleccionadas del norte de Chile, mostrando evidencias sobre la exposición de la población a concentraciones sobre los límites sugeridos por las agencias internacionales de protección ambiental. Al mismo tiempo, se muestran novedosas alternativas biotecnológicas desarrolladas en el Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Ambiental del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Pontificia Universidad Católica.

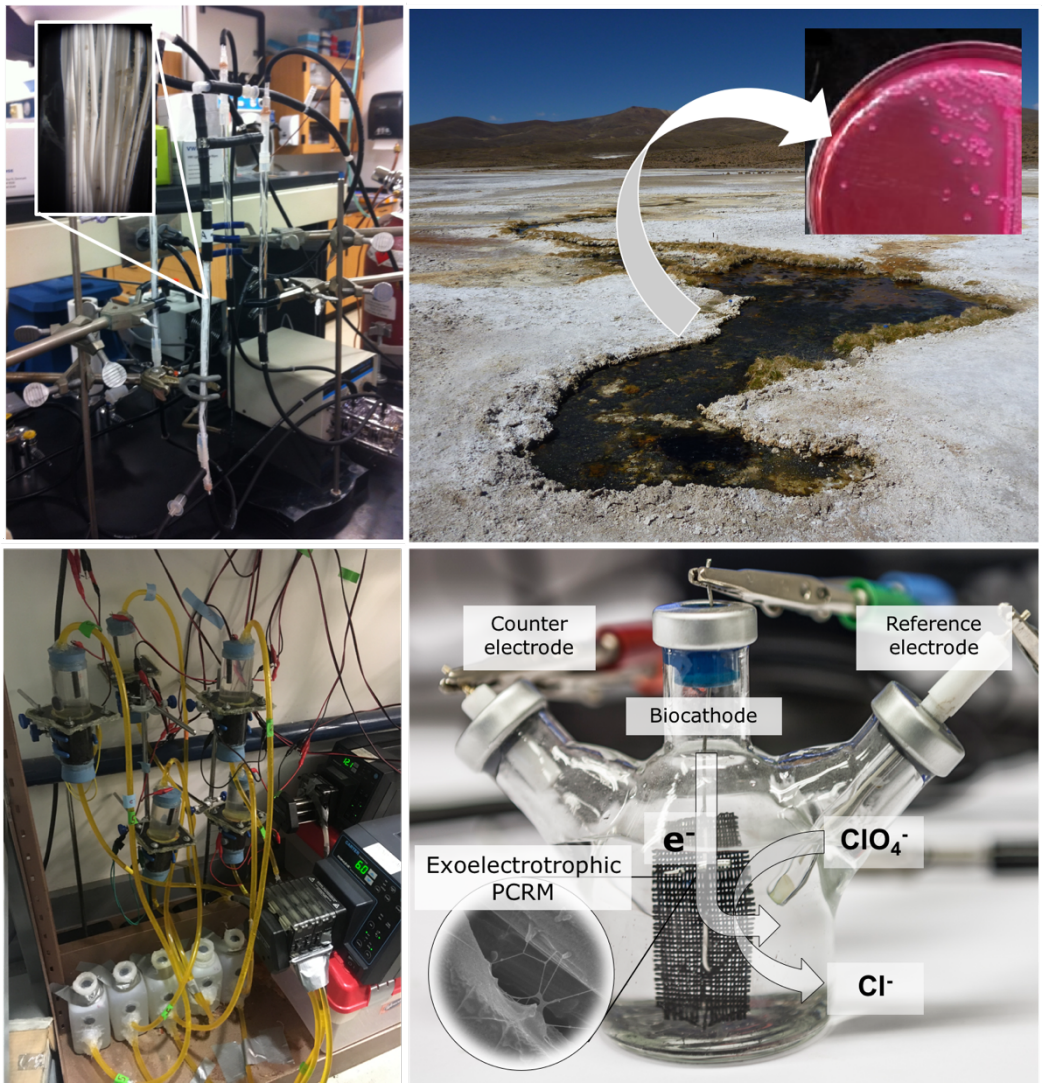

Figura 2. Esquema general del trabajo desarrollado por el grupo de investigación en la búsqueda de soluciones biotecnológicas para el tratamiento de perclorato.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen el financiamiento del Proyecto FONDECYT Regular N°1160917 con el apoyo del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS) CONICYT/FONDAP/15110020.

Referencias

Vega, M., Nerenberg, R., Vargas, I.T. 2018. Perchlorate contamination in Chile: legacy, challenges, and potential solutions. Environmental Research, 164, 316-326.