



CRHIAM
CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA LA AGRICULTURA Y LA MINERÍA
ANID/FONDAP/15130015

POLICY
BRIEFS
CRHIAM
13

Nexo: una mirada integrada para la gestión sustentable del agua y la energía



Yannay Casas, Claudia Ulloa y Ricardo Barra

NEXO: UNA MIRADA INTEGRADA PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA Y LA ENERGÍA

Por Yannay Casas, investigadora asociada CRHIAM; Claudia Ulloa, académica del Departamento Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias Ambientales UdeC; Ricardo Barra, investigador principal CRHIAM.

Este documento se basa en la publicación "Evaluation of the Water-Energy nexus in the treatment of urban drinking water in Chile through exergy and environmental indicators" publicada en la revista *Journal of Cleaner Production* (317) 2021 y cuyos autores son Vanesa Rodríguez-Merchan, Claudia Ulloa-Tesser, Carolina Baeza y Yannay Casas-Ledón.

Versión impresa ISSN 2735-7929

Versión en línea ISSN 2735-7910

- Se propone el "nexo" como un enfoque integrado y sistémico que permite comprender mejor la complejidad y la dinámica de las interrelaciones en el territorio entre el agua, la energía, los alimentos y los ecosistemas, de modo de proponer modelos sustentables para el uso de recursos estratégicos.
- El nexo es una herramienta de gestión multisectorial, identificando posibles compensaciones y sinergias de los sectores involucrados, facilitando el diseño, evaluación y priorización de opciones de gestión, políticas u otros instrumentos que permitan promover el diálogo entre distintos sectores.
- La dinámica del nexo agua-energía evidencia distintos niveles de interrelación entre estos sistemas complejos, los cuales abarcan desde particularidades locales (disponibilidad, calidad y demanda de los recursos, políticas locales y sectoriales) hasta desafíos globales (cambio climático).

Hoy en día, el crecimiento de la población mundial, el aumento de la urbanización y los estándares de desarrollo socioeconómico han planteado desafíos multidimensionales para la gestión sostenible del agua, los alimentos, la energía, y suelos. Específicamente, el agua y la energía son recursos críticos para el desarrollo socioeconómico; por lo tanto, han sido continuamente sometidos a presión debido a su disponibilidad decreciente y uso ineficiente. Además, la fuerte interdependencia entre el agua y la energía ha originado un marco integral definido como nexo agua-energía (NAE). Este enfoque proporciona una mejor comprensión de las interdependencias del agua y la energía, incluyendo un enfoque sistémico para la gestión de recursos estratégicos.

Los sistemas de tratamiento de agua potable son excelentes ejemplos de las interdependencias establecidas en el marco del nexo agua-energía (Figura 1). Es decir, la fuerte dependencia del sector potabilización y saneamiento de la energía y viceversa, la necesidad del agua para la extracción, procesamiento de combustibles y producción de electricidad.

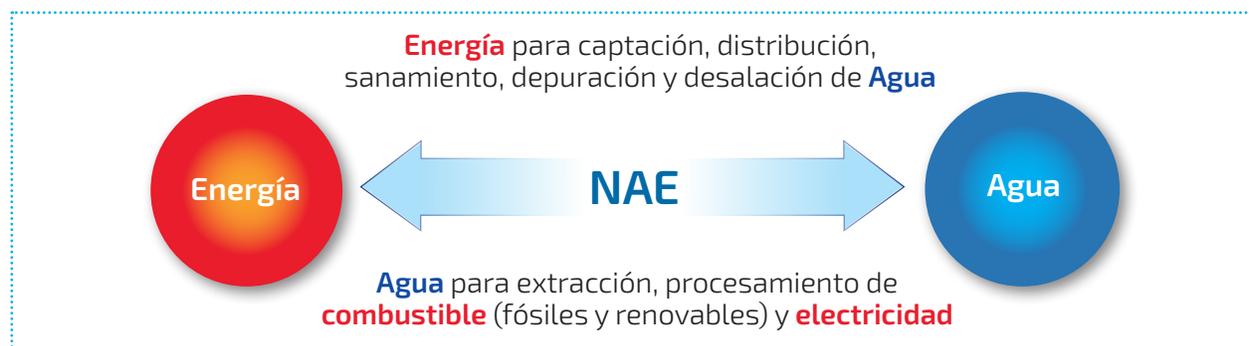


Figura 1.
Interrelaciones entre el agua y la energía. Fuente: Elaboración propia.

La intensidad del nexo podría ser diversa y compleja, dependiendo de la escala de evaluación, las características geográficas, condiciones naturales, población y las actividades socioeconómicas de cada área. En base a ello, la intensidad NAE de los sistemas de tratamiento de agua potable chilenos podría variar significativamente a lo largo del país debido a la variabilidad regional en disponibilidad y calidad de agua, actividades económicas, tecnologías de tratamiento y nivel de consumo. Por lo tanto, es necesario analizar el nexo considerando un enfoque integrado para cuantificar las implicaciones técnicas de los sistemas de tratamientos y su relación con la disponibilidad del recurso dentro del territorio.

Se ha evaluado el nexo agua-energía en los sistemas de tratamiento de agua potable urbano en Chile (Rodríguez-Merchan y colaboradores, 2021), siguiendo indicadores termodinámicos, que contabilizan la demanda de energía (MJ_{ex}) por m^3 de agua potabilizada, para cada región del país. Al mismo tiempo, estos resultados se correlacionaron con indicadores regionales de estrés hídrico¹ extraídos desde los mapas disponibles en el sitio web de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich, Alemania (ETH Zurich²).

La demanda de energía para potabilizar $1 m^3$ de agua para cada región se observa en la Figura 2. Las regiones con mayores índices de estrés hídrico (0,4–1) implicaron mayores demandas de energía, como consecuencia de la escasa disponibilidad y mala calidad del agua, elementos que condicionan al sistema en el uso de tecnologías más intensivas en energía. En efecto, siendo arsénico, sulfatos, manganeso y cloruros los principales contaminantes existentes en las fuentes de agua para las zonas del norte del país, la osmosis inversa es la tecnología más factible para eliminar estos contaminantes y poder para cumplir con los estándares nacionales de calidad de agua potable. Por el contrario, las regiones centro-sur presentan mejores calidades del agua para el consumo humano, siendo la turbidez y el hierro los principales problemas de calidad. De esta manera, la integración de la coagulación-floculación con diferentes tipos de filtros es suficiente para eliminar la turbiedad y el hierro, tecnologías que requieren menos energía que la osmosis inversa.

Los resultados demuestran que la disponibilidad y calidad del agua son parámetros críticos en la evaluación del nexo. Debido a esto, la intensidad del nexo agua-energía en los sistemas de potabilización de agua es mucho más fuerte en las regiones del norte de Chile. Por lo tanto, es necesario priorizar y potencializar soluciones que permitan garantizar la seguridad hídrica con menos presión sobre el recurso energético.

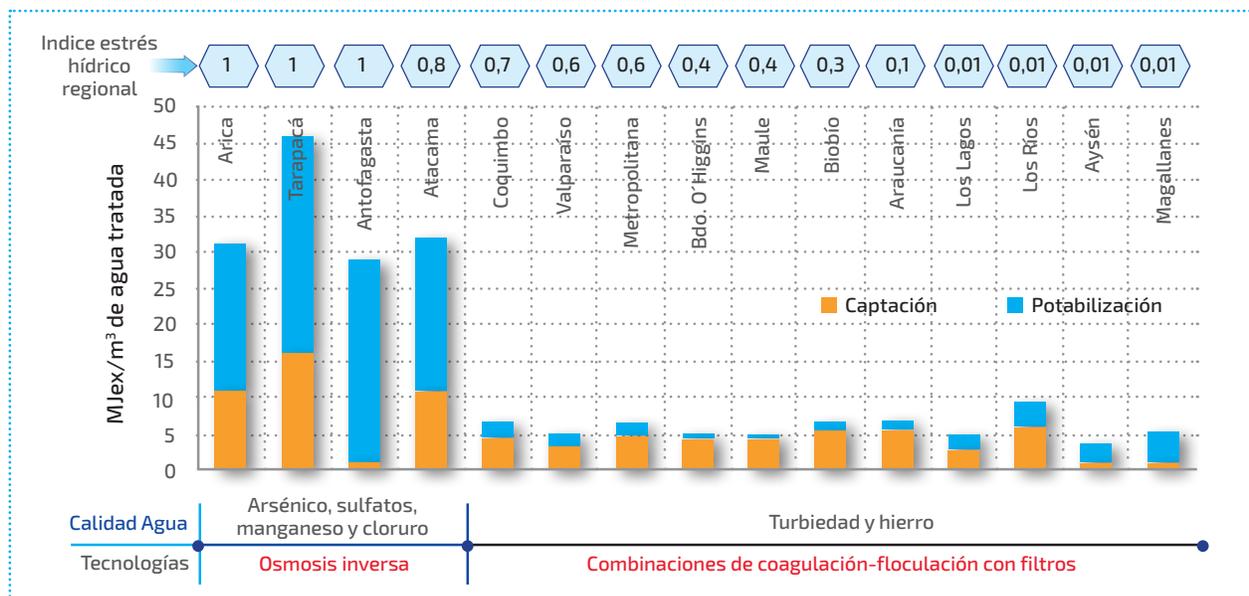


Figura 2. Demanda de energía para potabilizar $1 m^3$ de agua. El índice de estrés hídrico oscila entre valores de 0,01 a 1, lo que representa una baja escasez de agua para valores cercanos a cero y máxima escasez de agua para valores igual a 1. Fuente: Elaboración propia.

REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados del trabajo, se plantean las siguientes recomendaciones:

- **Avanzar hacia una gestión integrada multisectorial entre el agua y la energía con vista a garantizar la seguridad hídrica y energética:** Por ejemplo, en zonas con escasez hídrica y mala calidad del agua, como es el norte de Chile, se requieren de tecnologías muy intensivas en energías (osmosis inversa), provocando mayor presión sobre el sector energético. Es por ello, que garantizar la seguridad hídrica puede implicar costos muy altos energéticamente. Sin embargo, si se aborda de forma integrada la gestión del agua y la energía, soluciones más sostenibles para ambos sectores se pudieran proponer (por ejemplo: sistemas integrados de osmosis inversa con fuentes renovables de energías, como la solar o eólica).
- **Incrementar las experiencias locales con enfoque nexo:** se necesitan mayores casos de estudios del nexo a escala local que reflejen las realidades de cada lugar, que permitan aportar evidencias y mayor nivel de entendimiento para los encargados de la toma de decisiones y generadores de políticas públicas y entender las barreras que impiden avanzar hacia metas más ambiciosas de sostenibilidad.

NOTAS

¹ El índice de estrés hídrico se define como la relación entre la demanda de agua y disponibilidad de agua.

² <https://esd.ifu.ethz.ch/>

REFERENCIAS

Rodríguez-Merchan V., Ulloa-Tesser C., Baeza C. y Casas-Ledón Y. 2021. Evaluation of the Water-Energy nexus in the treatment of urban drinking water in Chile through exergy and environmental indicators. *Journal of Cleaner Production* (317); 128494.

POLICY
BRIEFS
CRHIAM
13



Universidad de Concepción



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA



Universidad del Desarrollo
Universidad de Excelencia



📍 Victoria 1295, Concepción – Chile

☎ 41-2661570

✉ crhiam@udec.cl

@crhiam        crhiam.cl