

Capítulo 3.3

Nexo agua-energía y vulnerabilidades climáticas: Planificación integrada en Jalisco

Fajardo Montiel Aída Lucía¹

Ramírez Sánchez Hermes Ulises²

Ulloa Godínez Héctor Hugo³

García Guadalupe Mario Enrique⁴

Alcalá Gutiérrez Jaime⁵

Sánchez Gómez Rubén⁶

<https://doi.org/10.61728/AE20259488>



¹ Profesora investigadora de la Universidad de Guadalajara. e-mail: lucia.fajardo@academicos.udg.mx

² Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. e-mail: hermes.ramirez@academicos.udg.mx

³ Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. e-mail: hector.ulloa@academicos.udg.mx

⁴ Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. e-mail: mario.gguadalupe@academicos.udg.mx

⁵ Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. e-mail: jaime.alcala@academicos.udg.mx

⁶ Profesor investigador de la Universidad de Guadalajara. e-mail: ruben.sgomez@academicos.udg.mx

1. Introducción

El nexo agua-energía constituye uno de los principales desafíos para la sostenibilidad en el siglo XXI. La interdependencia entre ambos recursos se intensifica ante el cambio climático, la urbanización acelerada y la transición energética. Actualmente, fenómenos como las sequías prolongadas, la variabilidad hidrológica y la presión creciente sobre las fuentes de agua impactan directamente en la generación eléctrica, mientras que la producción, distribución y tratamiento del agua dependen de forma cada vez más significativa del suministro energético.

El propósito de este artículo es analizar las vulnerabilidades climáticas asociadas al nexo agua-energía y discutir propuestas de planificación integrada, con énfasis en el caso de Jalisco, México. La pregunta central que guía el análisis es: ¿qué lecciones globales y locales permiten diseñar una estrategia de gestión hídrica-energética sostenible en contextos de alta vulnerabilidad climática? Las alianzas para mejorar la eficiencia en el uso del agua y la energía requieren un enfoque que reconozca tanto las diferencias como las sinergias entre ambos sectores, evaluando ventajas y desventajas de esta relación. Sin embargo, persiste una desconexión entre la formulación de políticas y la planificación, pues cada sector tiende a concentrarse en sus propios mandatos y objetivos. Ejemplo de ello son las presiones derivadas de la evolución del sector energético, que complejizan las tareas de los planificadores hídricos y dificultan garantizar el acceso equitativo al recurso.

En este escenario, el sector privado encuentra oportunidades significativas para operar de manera más eficiente, rentable y sostenible. Gracias a su flexibilidad de gestión, puede adaptar procesos e incorporar mejoras en el uso de recursos. El reto para Jalisco es generar políticas que promuevan tanto la cooperación como la competencia entre los sectores público y privado, fomentando una verdadera sinergia en el manejo sostenible de agua y energía.

Garantizar el acceso a servicios energéticos modernos es un requisito esencial para el desarrollo sostenible. En este sentido, las tecnologías renovables ofrecen alternativas para sustituir los recursos fósiles y reducir la dependencia de insumos finitos. La integración de consideraciones

ambientales en la planificación del agua y la energía constituye la base de un desarrollo equilibrado. De ahí que Jalisco enfrente la necesidad de adoptar enfoques integrados e intersectoriales que eviten la fragmentación institucional y fortalezcan su resiliencia frente al cambio climático.

1.1. Antecedentes

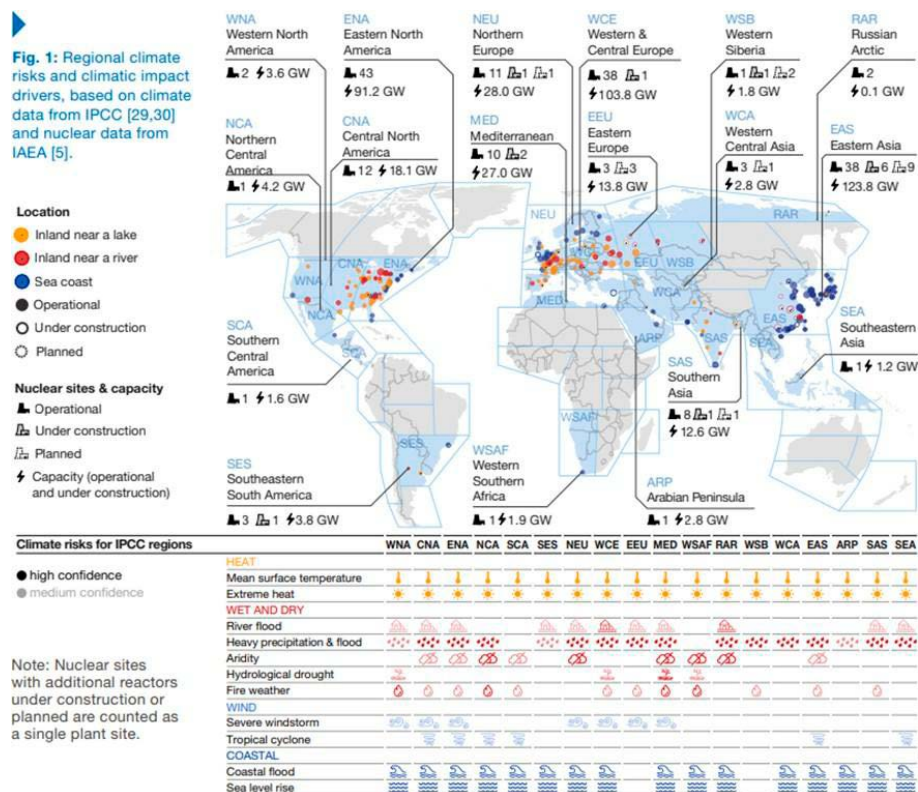
El análisis documental evidencia que la relación agua-energía se ha convertido en un eje crítico de la agenda internacional, regional y local. A nivel global, organismos como la ONU, la AIE y el IPCC advierten que el cambio climático, las sequías prolongadas y la presión sobre los recursos hídricos afectan directamente la seguridad energética y, en consecuencia, el desarrollo económico y social. Casos como Estados Unidos, Venezuela y Brasil ilustran cómo la reducción de caudales ha limitado la generación hidroeléctrica, generando crisis en el suministro eléctrico.

En el contexto regional latinoamericano, las tensiones se acentúan por la dependencia de fuentes hídricas vulnerables y la insuficiente diversificación de la matriz energética. La experiencia europea, por otro lado, muestra que incluso con infraestructura avanzada, las olas de calor y la disminución de caudales en ríos estratégicos ponen en riesgo plantas nucleares y termoeléctricas. En Jalisco, las condiciones locales reflejan estos desafíos en escala reducida.

El estado enfrenta un incremento proyectado de temperaturas y disminución de precipitaciones que amenazan tanto al Lago de Chapala como a los acuíferos sobreexplotados. La agricultura y el bombeo de agua demandan altos volúmenes de energía, mientras que los sistemas de tratamiento de aguas residuales presionan aún más el consumo energético. Pese a ello, Jalisco cuenta con un potencial renovable significativo —particularmente solar y eólico— que puede ser aprovechado para impulsar una transición hacia un modelo hídrico-energético más sostenible y resiliente (Figura 1).

Figura 1

Riesgos climáticos regionales y factores impulsores de impacto climático



Fuente: International Atomic Energy Agency (2022).

2. Metodología

Este estudio adopta un enfoque cualitativo articulado en tres componentes principales:

1. Revisión bibliográfica internacional de informes y literatura científica (IPCC, ONU, Banco Mundial, AIE, entre otros) sobre los impactos del cambio climático en el nexo agua-energía.
2. Análisis comparativo de casos internacionales en regiones representativas —Estados Unidos, Venezuela, Brasil y Europa— que han enfrentado crisis hídricas y energéticas recientes.

3. Estudio de caso local en Jalisco, sustentado en la revisión de documentos oficiales (Estrategia Estatal de Cambio Climático, Plan Estatal de Desarrollo, diagnósticos municipales), con el fin de dimensionar los desafíos y oportunidades de integración agua-energía en el estado.

3. Resultados

3.1 Panorama global

El análisis de casos internacionales revela que la crisis hídrica repercute de manera directa en la seguridad energética. En Estados Unidos, las sequías prolongadas han reducido drásticamente la capacidad hidroeléctrica, obligando a recurrir a fuentes fósiles de respaldo. Venezuela enfrenta un colapso estructural de su sistema hidroeléctrico, consecuencia de la falta de mantenimiento y de fenómenos climáticos extremos. En Brasil, las sequías históricas han puesto en riesgo la estabilidad de sus embalses, afectando el suministro eléctrico nacional. Europa, por su parte, evidencia la vulnerabilidad de sus plantas nucleares y térmicas ante el calentamiento acelerado y la reducción de caudales en ríos estratégicos.

3.2 Innovaciones tecnológicas

Los avances recientes ofrecen alternativas para mitigar estos impactos. Entre ellos destacan: el monitoreo en tiempo real del consumo hídrico en procesos energéticos, el uso de algoritmos de inteligencia artificial para optimizar la distribución de recursos, la aplicación de blockchain en la trazabilidad del uso de agua y la cogeneración como vía para integrar eficiencia hídrica y energética en un mismo proceso.

3.3 Impactos socioeconómicos

La interdependencia entre agua y energía genera efectos significativos a nivel social y económico. Se observan aumentos en los costos energéticos, presiones sobre la seguridad alimentaria y cancelación de inversiones estratégicas. Asimismo, la pérdida de empleos vinculados a proyectos

energéticos evidencia que la vulnerabilidad del nexo trasciende el ámbito técnico para convertirse en un desafío de desarrollo.

3.4 Caso Jalisco

En el contexto local, Jalisco enfrenta retos específicos que reflejan las tensiones globales. Las proyecciones climáticas anticipan incrementos de temperatura de hasta 2.9 °C para 2080 y reducciones de precipitación que agravarán la presión sobre fuentes de agua como el Lago de Chapala. El 76 % del territorio estatal presenta alta vulnerabilidad a sequías, mientras que el sector agrícola y los sistemas de tratamiento de agua demandan grandes cantidades de energía. A pesar de ello, el estado cuenta con un notable potencial en energías renovables —2 475 MW solares y 2 907 MW eólicos— que puede aprovecharse como estrategia de transición hacia un modelo más sostenible y resiliente.

4. Discusión

Los hallazgos presentados muestran que los retos de Jalisco se inscriben en una dinámica global donde la interdependencia entre agua y energía se ha convertido en un factor crítico de vulnerabilidad climática. La comparación con casos internacionales evidencia que incluso países con alta capacidad tecnológica y financiera —como Estados Unidos o Europa— enfrentan limitaciones cuando el acceso a recursos hídricos se ve comprometido. Esta constatación subraya que la seguridad hídrica es condición indispensable para la seguridad energética.

En el ámbito local, Jalisco refleja estas tensiones en un escenario de creciente presión demográfica, dependencia de fuentes hídricas vulnerables y demandas energéticas en expansión. El contraste entre el potencial renovable disponible y las limitaciones institucionales ilustra una brecha común en contextos emergentes: la existencia de recursos y tecnologías viables, pero con barreras regulatorias, financieras y de gobernanza que obstaculizan su despliegue.

Asimismo, la revisión de innovaciones tecnológicas sugiere que la transición hacia un modelo hídrico-energético sostenible requiere no solo infraestructura, sino también marcos normativos que faciliten la adopción

de soluciones avanzadas. La experiencia internacional demuestra que las políticas fragmentadas limitan la efectividad de las estrategias, mientras que los enfoques integrados permiten generar resiliencia y eficiencia a largo plazo.

En este sentido, Jalisco tiene la oportunidad de convertirse en un referente nacional mediante la implementación de proyectos piloto que combinen energías renovables con una gestión hídrica eficiente. Sin embargo, alcanzar este objetivo demanda fortalecer la cooperación entre sectores público y privado, crear incentivos claros para la innovación y consolidar una visión de gobernanza intersectorial que articule agua y energía bajo un mismo marco estratégico.

5. Conclusiones

El nexo agua-energía constituye un eje estratégico para la sostenibilidad y la resiliencia climática. Su adecuada gestión es indispensable para garantizar la seguridad hídrica y energética en el corto y largo plazo. Los casos internacionales analizados muestran que, incluso en contextos con alta capacidad tecnológica, la escasez de agua puede comprometer la generación de energía, generando efectos en cascada sobre la economía y la sociedad.

En Jalisco, la combinación de vulnerabilidades climáticas, presión demográfica y dependencia de fuentes hídricas frágiles configura un escenario crítico que requiere respuestas integradas y oportunas. El potencial renovable del estado representa una oportunidad clave para reducir la presión sobre el nexo agua-energía y avanzar hacia un modelo más sostenible. Sin embargo, aprovecharlo demanda superar las barreras regulatorias, financieras e institucionales actuales.

Se recomienda consolidar un marco de gobernanza intersectorial que articule políticas de agua y energía bajo una visión compartida, promueva la cooperación pública-privada y fomente proyectos piloto de innovación tecnológica. Futuras investigaciones deberían profundizar en el modelado de escenarios y en la evaluación de los beneficios socioeconómicos derivados de la integración hídrico-energética, especialmente en regiones con alta vulnerabilidad climática.

Referencias

- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2023). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe: 2023 indicator report*. Publications Office of the European Union.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2022). *Relatório de situação dos recursos hídricos no Brasil 2022*.
- Autorité de Sûreté Nucléaire. (2023). *Rapport annuel sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France*.
- Banco Mundial. (2021). *Venezuela: Evaluación de la situación del sector eléctrico* (Informe No. 156221).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). *Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe 2022 (LC/PUB.2022/18-P)*.
- Comisión Europea. (2022). *Informe sobre el estado de la Unión de la Energía 2022*.
- Ecopolítica Venezuela. (2023). *La crisis del sistema eléctrico venezolano: causas reales, alternativas sustentables, superación*. <https://ecopoliticavenezuela.org/la-crisis-del-sistema-electrico-venezolano-causas-reales-alternativas-sustentables-superacion/>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2022). *Balanço energético nacional 2022*.
- Imagine H2O. (2024). *Thirsty energy, hungry water: Balancing the resource equation*. <https://imagineh2o.org/thirsty-energy-hungry-water-balancing-the-resource-equation/>
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. (2022). *Diagnóstico del Municipio de Guadalajara*. Gobierno del Estado de Jalisco.
- Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara. (2019). *Plan Estatal de Desarrollo y Gobernanza Jalisco Visión 2024*. Gobierno del Estado de Jalisco.
- International Atomic Energy Agency. (2022). *Climate change and nuclear power 2022*.
- International Energy Agency. (2022). *South America: Energy Outlook 2022*. IEA Publications.

- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Marttunen, M., Mustajoki, J., Sojamo, S., Ahopelto, L., & Keskinen, M. (2019). A framework for assessing water security and the water–energy–food nexus—The case of Finland. *Sustainability*, 11(10), 2900. <https://doi.org/10.3390/su11102900>
- Naciones Unidas. (2020). El agua, un recurso que se agota por el crecimiento de la población y el cambio climático. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2021). *Estrategia Estatal de Cambio Climático de Jalisco: Visión 2050*. Gobierno del Estado de Jalisco.
- U.S. Bureau of Reclamation. (2023). *Colorado River basin water supply and demand study: 2023 update*.
- U.S. Energy Information Administration. (2023). Hydroelectric generation in Western U.S. drops to lowest level in 22 years. *Today in Energy*.
- United Nations University Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources (UNU-FLORES). (n.d.). *What is the nexus approach*. Recuperado de: <https://unu.edu/flores/what-nexus-approach>
- WHO/UNICEF. (2023). *Joint monitoring programme for water supply and sanitation: Global resource access report*. World Health Organization.
- World Bank Group. (2023). *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy*. World Bank, Washington, DC. <https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/high-and-dry-climate-change-water-and-the-economy>
- Ye, B., Jiang, J., Liu, J., Zheng, Y., & Zhou, N. (2021). Research on quantitative assessment of climate change risk at an urban scale: Review of recent progress and outlook of future direction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110415. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110415>

Territorios en riesgo. Estudios multidisciplinarios

Se terminó de imprimir en junio de 2026
en los talleres de Astra Ediciones

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Impresión digital con interiores en papel bond de 75 g.

El tiraje consta de 300 ejemplares

Este libro agrupa una serie de investigaciones multienfoques que abordan desde distintas escalas urbano-territoriales los desafíos que enfrentan nuestras ciudades frente al riesgo ambiental, la degradación ecológica y la búsqueda de un desarrollo más justo y sostenible. Los 15 trabajos aquí reunidos fueron elaborados por docentes, investigadores y estudiantes de doctorado, interesados en problemáticas vinculadas a la gestión del agua, los residuos, la movilidad, la contaminación, la salud ambiental, la percepción del riesgo y la vulnerabilidad territorial.

ISBN: 978-607-8964-45-1



Consulta y descarga



Universidad
Autónoma
de Nayarit

