

Sustainable energy for water supply and strengthening public health in rural communities affected by droughts

No se garantiza la revisión por pares doble ciego de los autores si aparecen los autores.

Después de la aceptación, se carga la versión final con los autores y sus afiliaciones.

First Author¹ ; Second Author² ; Third Author³

^{1,3}First and Third Author's University, Country, first.author@email.edu, third.author@gmail.com

²Second Author's University, Country, second.author@email.com

Abstract— Severe droughts represent a growing threat to water security and public health, particularly in vulnerable rural communities affected by climate change. In northern Salta Province, Argentina, these conditions are exacerbated by limited infrastructure, geographic isolation, and a high proportion of indigenous populations. The objective of this study was to evaluate and improve access to safe drinking water and public health conditions in rural communities of the municipality of Santa Victoria Este through the incorporation of solar-based technologies and a participatory approach aimed at the future implementation of WASH (water, sanitation, and hygiene) practices. The methodology included the collection of primary data through fieldwork, integrating technical-scientific information and local traditional knowledge, as well as the identification of water sources and issues related to water availability and quality. Based on the diagnostic assessment, groundwater supply systems were implemented using solar-powered submersible pumps, photovoltaic panels, and water storage tanks, accompanied by community training activities focused on system operation and maintenance. The results show a substantial improvement in water availability for domestic use and a strengthening of local capacities for water resource management. The integration of solar technologies with participatory approaches is presented as a viable and sustainable strategy to reduce health vulnerability and enhance the resilience of rural communities affected by recurrent droughts.

Keywords— Solar energy; Water supply; Indigenous communities; Drought.

Energía sostenible para el abastecimiento de agua y el fortalecimiento de la salud pública en comunidades rurales afectadas por sequías

No se garantiza la revisión por pares doble ciego de los autores si aparecen los autores.

Después de la aceptación, se carga la versión final con los autores y sus afiliaciones.

First Author¹ ; Second Author² ; Third Author³

^{1,3}First and Third Author's University, Country, *first.author@email.edu, third.author@gmail.com*

²Second Author's University, Country, *second.author@email.com*

Resumen— Las sequías severas representan una amenaza creciente para la seguridad hídrica y la salud pública, especialmente en comunidades rurales vulnerables afectadas por el cambio climático. En el norte de la provincia de Salta, Argentina, estas condiciones se ven agravadas por la falta de infraestructura, el aislamiento geográfico y la elevada proporción de población perteneciente a comunidades originarias. El objetivo de este trabajo fue evaluar y mejorar el acceso al agua potable y las condiciones de salud pública en comunidades rurales del municipio de Santa Victoria Este mediante la incorporación de tecnologías basadas en energía solar y un enfoque participativo orientado a la futura implementación de prácticas WASH (agua, saneamiento e higiene). La metodología incluyó la recolección de datos primarios mediante trabajo de campo, integrando información técnico-científica y saberes tradicionales locales, así como la identificación de fuentes de agua y problemáticas asociadas a su disponibilidad y calidad. A partir del diagnóstico, se implementaron sistemas de abastecimiento de agua subterránea mediante bombas sumergibles solares, paneles fotovoltaicos y tanques de almacenamiento, acompañados por instancias de capacitación comunitaria para la operación y mantenimiento de los sistemas. Los resultados evidencian una mejora sustancial en la disponibilidad de agua para uso doméstico y un fortalecimiento de las capacidades locales para la gestión del recurso. La integración de tecnologías solares con enfoques participativos se presenta como una estrategia viable y sostenible para reducir la vulnerabilidad sanitaria y fortalecer la resiliencia de comunidades rurales afectadas por sequías recurrentes.

Palabras clave: Energía solar, Abastecimiento de agua, Comunidades originarias, Sequía.

I. INTRODUCCIÓN

Las sequías severas tienen un impacto negativo en varios sectores, incluidos el almacenamiento de agua terrestre, la energía, el medio ambiente y la alimentación. En las últimas décadas, la frecuencia y la magnitud de estos eventos han aumentado debido al cambio climático [1]. Como consecuencia de su alcance multidimensional, su larga duración y gran extensión geográfica, las sequías severas presentan un riesgo significativo para la seguridad hídrica y la salud pública, particularmente a través de la proliferación de enfermedades transmitidas por el agua [2]. Gran parte de la literatura ha examinado la relación entre el cambio climático y la salud [3]; sin embargo, el enfoque actual se ha desplazado hacia la investigación de si la construcción de resiliencia es eficaz frente a los eventos climáticos extremos [4]. En este contexto, el impacto de la sequía no solo se determina por su intensidad y/o duración, sino también por el nivel de desarrollo y la capacidad de resiliencia de las poblaciones afectadas [5].

En el norte argentino, el fenómeno climático de la sequía tiene múltiples efectos negativos que afectan tanto al medio ambiente como a las comunidades locales. La falta de lluvia prolongada afecta las fuentes de agua, especialmente los ríos y diques que abastecen a las localidades. En Santa Victoria

Este, provincia de Salta, la sequía ha reducido el caudal de los ríos y embalses que proveen agua potable, lo que ha llevado a que se establezcan restricciones en el suministro. En algunos casos, el agua debe ser racionada o es de mala calidad (extrema salinidad). Cuando los niveles de agua disminuyen, el agua disponible tiende a concentrar más contaminantes, como sales y metales pesados. En algunos casos, se ha identificado la presencia de cianobacterias y otras sustancias que empeoran la calidad del agua potable [6]. Esto pone en riesgo la salud de los habitantes, ya que el agua no es apta para consumo directo y se requiere un tratamiento especial.

En este contexto, cobra especial relevancia la incorporación de tecnologías innovadoras basadas en energías renovables para mejorar el acceso al agua en territorios vulnerables. En particular, el uso de sistemas de bombeo solar para la extracción de agua subterránea se presenta como una alternativa sostenible y adecuada para zonas rurales aisladas, donde el acceso a redes eléctricas convencionales es limitado o inexistente. Estas tecnologías permiten aprovechar recursos locales, reducir costos operativos y garantizar un suministro más continuo y seguro de agua para consumo humano [7].

El objetivo general de este trabajo fue evaluar y mejorar el acceso al agua potable y las condiciones de salud pública en comunidades rurales seleccionadas mediante la incorporación de tecnologías innovadoras basadas en energía solar para el aprovechamiento del agua subterránea y la futura implementación de prácticas WASH (agua, saneamiento e higiene).

II. METODOLOGÍA

A. Área de estudio

El clima del norte de Salta, Argentina, es en gran parte semiárido, especialmente en la región del Chaco Salteño, donde se presentan temperaturas elevadas, lluvias irregulares y prolongados periodos de sequía que afectan tanto a la agricultura como a la vida cotidiana de la población [8]. Esta situación genera serios desafíos en cuanto al acceso al agua, particularmente en áreas rurales y remotas. La sequía recurrente compromete el abastecimiento de agua para consumo humano, riego y uso industrial, lo que ha llevado a diversas iniciativas para mitigar sus efectos, como la construcción de pozos y sistemas de distribución de agua potable. Las zonas rurales presentan mayores niveles de vulnerabilidad social, con acceso limitado a servicios básicos como agua potable, electricidad y atención médica, evidenciando elevados niveles de necesidades básicas insatisfechas [9], lo que se traduce en altos índices de pobreza.

Santa Victoria Este es una localidad y municipio del departamento Rivadavia en el extremo noreste de la provincia de Salta, en el norte de Argentina (Fig.1). Está situada a orillas

del Río Pilcomayo, muy cerca del Hito Esmeralda, punto donde confluyen las fronteras de Argentina, Paraguay y Bolivia. La población del área urbana en Santa Victoria Este registró 3.101 habitantes en el Censo 2022. El municipio de Santa Victoria Este (zona municipal completa): ~11.188 habitantes [9]. Una proporción significativa de la población del municipio corresponde a comunidades originarias tales como Wichís, Chorotes, Tobas y Chulupíes, que poseen no sólo otras lenguas, sino también características identitarias particulares [10]. Asimismo, un alto porcentaje de la población tiene algún tipo de necesidad básica insatisfecha, y los índices de mortalidad infantil y desnutrición son elevados. Es una zona de alto riesgo sanitario debido, principalmente, a la falta de agua potable, a las inundaciones estacionales, el déficit en el saneamiento ambiental, las barreras lingüísticas, la falta de medios de transporte públicos y las enfermedades endémicas [11].

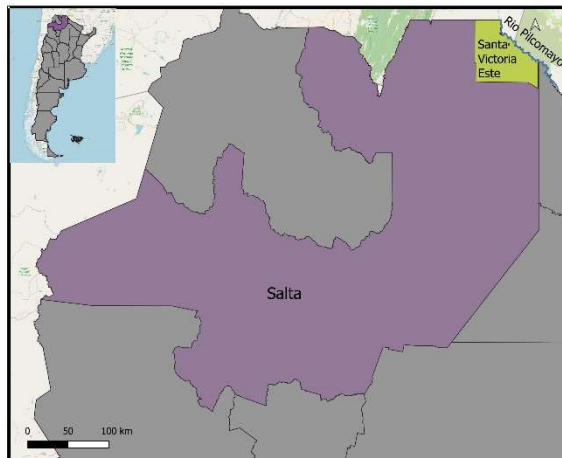


Fig. 1. Localización del área de estudio. Elaboración personal

En una primera etapa se realizó la recolección de datos primarios mediante trabajo de campo, incorporando tanto información técnico-científica como saberes tradicionales de las comunidades locales. Se relevaron fuentes naturales de agua (manantiales, vertientes, pozos someros y agua de lluvia), problemáticas vinculadas a la escasez, contaminación, acceso desigual al recurso hídrico y enfermedades asociadas al consumo de agua no segura. Este diagnóstico se desarrolló mediante talleres comunitarios, respetando la organización social y las particularidades culturales y lingüísticas de las comunidades involucradas.

En una segunda etapa se implementaron soluciones tecnológicas basadas en energías renovables para el abastecimiento de agua subterránea [7]. Se instalaron dos sistemas compuestos por bombas sumergibles solares, paneles fotovoltaicos y tanques de almacenamiento de agua, seleccionando los sitios de intervención en función del

diagnóstico previo y de la accesibilidad comunitaria. Paralelamente, se desarrollaron instancias de capacitación destinadas a la comunidad local para la operación, mantenimiento y autogestión de los sistemas de bombeo solar, promoviendo la apropiación social de la tecnología y su sostenibilidad en el tiempo

Asimismo, se diseñó la implementación de prácticas WASH (agua, saneamiento e higiene), adaptadas al contexto ambiental y sociocultural local, siguiendo lineamientos de la Organización Mundial de la Salud. Estas acciones incluyen talleres educativos, campañas de sensibilización que integran conocimiento científico y saber local, y propuestas de saneamiento adecuadas al entorno [12]. Se visualizó especialmente la participación de mujeres, reconocidas como principales gestoras del agua en el ámbito doméstico, así como la inclusión de niños y jóvenes a las actividades de monitoreo del agua con participación escolar. El proceso se desarrolló en articulación con el Centro Misionero Franciscano de Aguaray, que lo integran frailes y laicos de la orden franciscana, que acompañan integralmente a las comunidades en Santa Victoria Este y Aguaray. Conjuntamente, se trabajó con FEGIME LATAM, la primera red de empresas proveedoras de soluciones y productos eléctricos de la Argentina, acompañando el proyecto Sustentable Más Luz Más Comunidad [13].

III. RESULTADOS

El diagnóstico territorial permitió caracterizar de manera integral las condiciones de acceso al agua, saneamiento e higiene en comunidades rurales del municipio de Santa Victoria Este, identificando una marcada dependencia de fuentes de agua subterránea someras y una elevada vulnerabilidad sanitaria asociada a la escasez hídrica, la estacionalidad de las precipitaciones y la ausencia de infraestructura adecuada (Fig. 2). El relevamiento evidenció además problemáticas vinculadas a la calidad del agua, el acceso desigual entre hogares y la limitada capacidad de gestión local de los sistemas de abastecimiento existentes.



Fig. 2. Medición del nivel freático en la comunidad Wichí La Cortadera.

En función de estos resultados, se implementaron 2 sistemas de abastecimiento de agua basados en tecnología solar fotovoltaica en la comunidad La Cortadera y Bella Vista. La instalación de 2 bombas sumergibles solares asociadas a paneles fotovoltaicos y tanques de almacenamiento de 2.500 litros permitió incrementar de forma sustancial la disponibilidad diaria de agua subterránea para uso doméstico, reduciendo la dependencia de fuentes superficiales temporarias y de mecanismos de extracción manual (Fig. 3). El funcionamiento continuo de los sistemas, condicionado únicamente por la radiación solar, permitió una mejoría en la eficiencia operativa y una adecuada adaptación a las condiciones ambientales locales, caracterizadas por la falta de acceso a redes eléctricas convencionales (Fig. 4).

Desde una perspectiva socio-técnica, las instancias de capacitación comunitaria posibilitaron el fortalecimiento de capacidades locales para la operación y mantenimiento de los sistemas instalados, favoreciendo la apropiación tecnológica y la sostenibilidad de las intervenciones. La participación activa de referentes comunitarios y, en particular, de mujeres —principales responsables de la gestión cotidiana del agua— resultó determinante para la adopción de prácticas de uso racional y para la organización de esquemas básicos de mantenimiento preventivo.



Fig 3. Panel fotovoltaico y tanque de almacenamiento en la comunidad Wichí La Cortadera.



Fig 4. El Cacique de la comunidad Wichí La Cortadera.

En relación con las prácticas WASH, los resultados preliminares indican una mejora en el conocimiento comunitario sobre higiene, saneamiento y prevención de enfermedades de origen hídrico. Las actividades educativas y de sensibilización, diseñadas a partir de la articulación entre saberes científicos y conocimientos tradicionales, permitieron identificar cambios incipientes en prácticas domésticas vinculadas al almacenamiento, manipulación y uso del agua. Asimismo, la incorporación de propuestas de monitoreo participativo del recurso hídrico, con participación escolar, sentó las bases para un seguimiento sistemático de las condiciones de uso y calidad del agua a escala local.

Finalmente, el trabajo interinstitucional consolidó un esquema de gobernanza local orientado a la gestión comunitaria del agua, facilitando la coordinación entre actores sociales,

técnicos y territoriales. En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la integración de tecnologías solares con enfoques participativos y prácticas WASH constituye una estrategia eficaz para mejorar el acceso al agua potable y reducir la vulnerabilidad sanitaria en contextos rurales afectados por sequías recurrentes.

IV. CONCLUSIONES

El trabajo realizado puso en evidencia las brechas estructurales en el acceso al agua potable entre zonas urbanas y rurales, especialmente en contextos de alta vulnerabilidad socioambiental como el norte de la provincia de Salta. En comunidades rurales y aisladas, la combinación de sequías recurrentes, limitada infraestructura y restricciones económicas condiciona de manera crítica la seguridad hídrica y, en consecuencia, la salud pública.

En este marco, la implementación de tecnologías de abastecimiento de agua basadas en energía solar fotovoltaica demostró ser una alternativa técnica viable, ambientalmente sostenible y socialmente adecuada para mejorar el acceso al recurso hídrico. La instalación de bombas sumergibles solares en pozos permitió garantizar un suministro continuo de agua subterránea sin dependencia de redes eléctricas convencionales, reduciendo la vulnerabilidad frente a interrupciones energéticas y disminuyendo los costos operativos a largo plazo. Estos sistemas resultan particularmente adecuados para territorios remotos, donde las soluciones centralizadas presentan limitaciones técnicas y económicas.

Asimismo, el enfoque adoptado, que integra soluciones tecnológicas con estrategias de participación comunitaria y fortalecimiento de capacidades locales, se consolidó como un aspecto clave para la sostenibilidad de las intervenciones. La capacitación en operación y mantenimiento de los sistemas, junto con la participación activa de referentes comunitarios —especialmente mujeres, principales gestoras del agua en el ámbito doméstico—, favoreció la apropiación social de la tecnología y sentó las bases para su continuidad en el tiempo.

La incorporación progresiva de prácticas WASH (agua, saneamiento e higiene), adaptadas al contexto sociocultural y ambiental local, complementa las mejoras en el acceso al agua, abordando de manera integral los determinantes de la salud pública. Si bien los resultados vinculados a cambios en hábitos y reducción de riesgos sanitarios son preliminares, las acciones educativas y de sensibilización desarrolladas muestran un potencial significativo para disminuir la incidencia de enfermedades de origen hídrico y fortalecer la resiliencia comunitaria frente a eventos climáticos extremos.

Finalmente, el trabajo interinstitucional entre el ámbito

académico, organizaciones territoriales y actores del sector privado permitió articular capacidades técnicas, logísticas y sociales, configurando un esquema de gobernanza local del agua orientado a la gestión comunitaria. En conjunto, los resultados obtenidos indican que la integración de tecnologías solares, prácticas WASH y enfoques participativos constituye una estrategia replicable para mejorar el acceso al agua potable y reducir la vulnerabilidad sanitaria en comunidades rurales afectadas por sequías, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la adaptación al cambio climático en regiones altamente expuestas.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen al Grupo de Investigación en Recursos Hídricos de la Universidad FASTA (UFASTA) por el apoyo académico y técnico brindado durante el desarrollo del estudio. Asimismo, se reconoce especialmente al Centro Misionero Franciscano de Aguaray, integrado por frailes y laicos de la Orden Franciscana, por su acompañamiento territorial sostenido y su rol fundamental como nexo con las comunidades de Santa Victoria Este y Aguaray.

Se agradece a las comunidades originarias participantes, en particular a las comunidades Wichí de La Cortadera y Bella Vista, por su colaboración activa, su hospitalidad y la valiosa contribución de saberes tradicionales vinculados al uso y gestión del agua. Del mismo modo, se reconoce el aporte de FEGIME LATAM, primera red de empresas proveedoras de soluciones y productos eléctricos de la Argentina, por su apoyo técnico y logístico en el marco del proyecto sustentable “Más Luz, Más Comunidad”, que hizo posible la instalación de los sistemas de bombeo solar.

Finalmente, los autores agradecen a los equipos interdisciplinarios, voluntarios y colaboradores que participaron en las campañas de campo y en las actividades de capacitación comunitaria, así como el apoyo recibido a través del Proyecto Solidario ICUSTA 2025, sin el cual la implementación de esta experiencia de intervención territorial no habría sido posible.

REFERENCES

- [1] M. Rodell and B. Li, “Changing intensity of hydroclimatic extreme events revealed by GRACE and GRACE-FO,” *Nature Water*, vol. 1, no. 3, pp. 241–248, 2023.
- [2] P. Wang, E. Asare, V. E. Pitzer, R. Dubrow, and K. Chen, “Associations between long-term drought and diarrhea among children under five in low-and middle-income countries,” *Nature Communications*, vol. 13, no. 1, Art. no. 3661, 2022.
- [3] R. P. Moreira, A. C. Costa, T. F. Gomes, and G. de Oliveira Ferreira, “Climate and climate-sensitive diseases in

semi-arid regions: A systematic review,” *International Journal of Public Health*, vol. 65, pp. 1749–1761, 2020.

[4] L. Piemontese, S. Terzi, G. Di Baldassarre, D. A. Menestrey Schwieger, G. Castelli, and E. Bresci, “Over-reliance on water infrastructure can hinder climate resilience in pastoral drylands,” *Nature Climate Change*, vol. 14, no. 3, pp. 267–274, 2024.

[5] S. Kchouk, L. A. Melsen, D. W. Walker, and P. R. Van Oel, “A geography of drought indices: Mismatch between indicators of drought and its impacts on water and food securities,” *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 22, no. 2, pp. 323–344, 2022.

[6] M. A. Astudillo, F. Risso, L. Miño, and L. Estrada, *Boletín Epidemiológico Cianobacterias. Especial No. 5. Gobierno de la Provincia de Salta*, 2023.

[7] International Renewable Energy Agency. (2016). *Solar pumping for irrigation: Improving livelihoods and sustainability*. Abu Dhabi: IRENA.

[8] Servicio Meteorológico Nacional, 2024: *Atlas Climático de Argentina - Período 1991-2020*. SMN, 129 pp.

[9] Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022*. Buenos Aires: INDEC.

[10] Instituto Nacional de Asuntos Indígenas. (2015). *Pueblos indígenas en la Argentina*. Buenos Aires: INAI. <https://www.argentina.gob.ar/derechoshumanos/inai>

[11] Vázquez Brust, A., Olego, T., & Rosati, G. (2020). *Building a sanitary vulnerability map from open source data in Argentina (2010–2018)*. *International Journal for Equity in Health*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12939-020-01292-3>

[12] World Health Organization. (2019). *Guidelines on sanitation and health*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241514705>

[13] Portal Solar. (2025). *Más luz, más comunidad: energía solar y desarrollo social en Salta*

