

AGUAS SUPERFICIALES: USO, CALIDAD Y GESTIÓN SOSTENIBLE EN ASOCIACIONES CAMPESINAS DE LA PARTE NORTE DEL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

Gaviria-Contreras, E., García-Quintero, A., Chate-Galvis, N.



Aguas superficiales:
uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones
campesinas de la parte norte del departamento de
Córdoba



MT-Pallantia Publisher s.a.s. | ISBN 978-628-95372-7-7
Cali - Colombia 2026

Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba

Enadis Gaviria-Contreras

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s.,
Cali/Montería – Colombia.

Angélica García-Quintero

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s.
Cali/Montería – Colombia. | Grupo de Investigación en
Químico-, Bioanalítica e Ingeniería de Datos (I-Data), Mindtech
s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Nazly G. Chate-Galvis

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s.,
Cali/Montería – Colombia. | Unidad de Desarrollo Tecnológico en
Nuevos Materiales (UDT), Polymeiker s.a.s., Montería – Colombia.



MT-Pallantia Publisher s.a.s. | ISBN 978-628-95372-7-7
Cali - Colombia 2026

Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba

Publisher: MT-Pallantia Publisher s.a.s. | NIT: 901.469.254-6

ISBN 978-628-95372-7-7

DOI: 10.34294/b.008.2026.09

Language: Spanish

Cali - Colombia 2026



This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright the publisher according to License CC BY-ND 4.0



Publisher:	MT- Pallantia Publisher s.a.s.
Editorial Project Manager:	A. García-Quintero
Production Project Manager:	A. García-Quintero
Cover Designer:	M.D. Palencia-Bolaños

Funds:

Mindtech s.a.s. y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261: “Desarrollo de un Sistema de Tratamiento de Aguas Polímero-Membrana de Bajo Consumo Energético Adaptable a Familias Campesinas, Comunidades Rurales, Costeras y Agropecuarias de Córdoba”.

Cite as:

Gaviria-Contreras, E., García-Quintero, A., & Chate-Galvis, N. (Eds.). (2026). Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba. MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali – Colombia, pp. 199. DOI: 10.34294/b.008.2026.09



MT-Pallantia Publisher s.a.s. | ISBN 978-628-95372-7-7
Cali - Colombia 2026

Prólogo

Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba

Enadis Gaviria-Contreras
Angelica García-Quintero
Nazly G. Chate Galvis

Resumen Proyecto. El agua es un recurso esencial para el sostenimiento de la vida, la producción de alimentos, la salud pública, la conservación de los ecosistemas y el desarrollo de las comunidades. Aunque cubre cercal del 70 % de la superficie terrestre, la mayor parte corresponde a agua salada, mientras que solo una fracción reducida constituye agua dulce disponible para uso humano, agrícola, pecuario e industrial. Esta condición convierte la disponibilidad, la calidad y el acceso al agua en factores determinantes para evaluar el bienestar de las poblaciones y la sostenibilidad de los territorios. En la actualidad, la presión sobre las fuentes hídricas aumenta por el crecimiento poblacional, la expansión de actividades productivas, la contaminación, la transformación del uso del suelo y los efectos del cambio climático, que intensifican sequías, inundaciones, pérdidas por evaporación y variaciones en los caudales. Por lo anterior, el aseguramiento del recurso hídrico requiere enfoques técnicos, ambientales y sociales capaces de integrar cantidad, calidad, continuidad, uso eficiente y protección de las fuentes.

Colombia posee una condición hídrica destacada en el contexto mundial y latinoamericano, al contar con una extensa red de ríos, ciénagas, lagunas, humedales, estuarios, nevados y sistemas de regulación natural que sostienen la biodiversidad y las actividades humanas. Sin embargo, la abundancia relativa del recurso no garantiza por sí sola el acceso equitativo ni su aprovechamiento seguro,

especialmente en zonas rurales donde persisten limitaciones en infraestructura, tratamiento, monitoreo y distribución. En este escenario, el departamento de Córdoba representa un territorio estratégico para estudiar la dinámica de las aguas superficiales, debido a su vocación agropecuaria, su diversidad ecosistémica y la importancia de sus principales cuencas hidrográficas. El departamento abarca aproximadamente 2.506.822 hectáreas, equivalentes al 2,2 % del territorio nacional y al 18,9 % de la región Caribe; además, sus cuencas del río Sinú y del río San Jorge comprenden cerca del 90 % de la superficie departamental, mientras que los humedales ocupan alrededor de 400.000 hectáreas, representadas principalmente por ciénagas, manglares, represas, estanques y lagunas.

A pesar de esta riqueza hídrica, Córdoba enfrenta presiones ambientales y productivas que comprometen la disponibilidad y calidad del agua superficial. La deforestación, la pérdida de humedales, los vertimientos domésticos y productivos, la minería, la expansión agropecuaria, la sedimentación, la extracción no regulada y la débil infraestructura de tratamiento generan condiciones de vulnerabilidad para las comunidades rurales. Esta situación adquiere mayor relevancia en un departamento donde el 76,3 % del territorio se destina a actividades agropecuarias y donde la oferta hídrica puede variar de manera significativa entre escenarios húmedos y secos. En el Bajo Sinú, por ejemplo, la oferta disponible pasa de 1.864,6 millones de m³/año en año húmedo a 460,4 millones de m³/año en año seco, mientras la demanda hídrica multisectorial alcanza 515,3 millones de m³/año. Estas cifras evidencian que la seguridad hídrica no depende únicamente de la presencia natural de ríos, caños, ciénagas o represas, sino también de la capacidad territorial para planificar el uso del agua, conservar los ecosistemas reguladores y adaptar las prácticas comunitarias a la variabilidad climática.

En este contexto, el presente estudio analiza el uso, la calidad y la gestión sostenible del agua superficial en asociaciones campesinas rurales del norte del departamento de Córdoba, integrando revisión documental, información institucional, observación directa, encuestas, entrevistas, reconocimiento de fuentes de captación y análisis fisicoquímico de muestras tomadas en puntos comunitarios de abastecimiento. El estudio se centra en asociaciones localizadas

en Chimá, Purísima, San Pelayo y Tuchín, municipios con fuerte composición rural y con brechas importantes en el acceso al servicio de acueducto en centros poblados y población rural dispersa. En estas áreas, la ruralidad alcanza valores aproximados de 80,1 % en Chimá, 60,1 % en Purísima, 83,7 % en San Pelayo y 87,0 % en Tuchín, mientras que la cobertura rural de acueducto se mantiene por debajo de la cobertura de cabecera municipal. Esta condición explica la dependencia de fuentes como ciénagas, caños, arroyos, represas, embalses comunitarios y agua lluvia, utilizadas para consumo doméstico, consumo directo, agricultura, piscicultura, cría de especies menores y actividades artesanales.

La evaluación desarrollada en las asociaciones APROPE, APAE, AEPROMSI y ASOARPZ permitió reconocer que el agua superficial cumple una función que supera el abastecimiento básico, debido a que sostiene medios de vida, seguridad alimentaria, prácticas productivas y expresiones culturales. No obstante, también se identificaron limitaciones asociadas a la ausencia de potabilización, el uso de tratamientos domésticos no estandarizados, la variación estacional de las fuentes y la exposición a posibles contaminantes de origen doméstico, agropecuario o ambiental. Los resultados fisicoquímicos evidenciaron diferencias entre puntos de captación comunitaria, con valores de pH cercanos a la neutralidad, pero con contrastes importantes en conductividad eléctrica, turbidez, dureza total, hierro total y cloruros. Estas variaciones muestran que no todas las fuentes presentan las mismas condiciones para uso doméstico o productivo, y que la interpretación de su calidad requiere integrar el análisis físico-químico con evaluaciones microbiológicas, vigilancia sanitaria, protección de la fuente, almacenamiento seguro y prácticas adecuadas de tratamiento.

En este sentido, el estudio aporta una base técnica para orientar decisiones sobre conservación, monitoreo, educación ambiental, fortalecimiento comunitario e implementación de tecnologías apropiadas para el tratamiento del agua en territorios rurales. La gestión sostenible de las aguas superficiales exige articular el conocimiento local con herramientas técnicas, políticas públicas, infraestructura adaptada, participación social y estrategias de adaptación climática. Por ello, la implementación de sistemas autónomos, modulares y de bajo consumo energético, como los desarrollados en el marco del proyecto BPIN

2020000100261, representa una alternativa pertinente para comunidades que no dependen plenamente de sistemas convencionales de acueducto. Esta obra no solo documenta una problemática territorial, sino que ofrece elementos para avanzar hacia modelos de seguridad hídrica, sostenibilidad productiva y resiliencia rural en Córdoba y en otros territorios de la región Caribe con condiciones ambientales y sociales similares.

Editores

Enadis Gaviria-Contreras

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Angélica García-Quintero

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s. Cali/Montería – Colombia. | Grupo de Investigación en Químico, Bioanalítica e Ingeniería de Datos (I-Data), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Nazly G. Chate Galvis

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. | Unidad de Desarrollo Tecnológico en Nuevos Materiales (UDT), Polymeiker s.a.s., Montería – Colombia.

Lista de coautores

Alemán-Ramírez Yerly E.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Ascanio Ovalles Vanessa Alexandra.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. | Grupo de Investigación en Ingeniería, Innovación y Sostenibilidad (GIS). Solsosting s.a.s., Montería – Colombia.

Bolaño-Vásquez Rafael A.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Montería – Colombia.

Chate-Galvis Nazly G.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. | Unidad de Desarrollo Tecnológico en Nuevos Materiales (UDT), Polymeiker s.a.s., Montería – Colombia.

García-Quintero Angelica.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s. Cali/Montería – Colombia. | Grupo de Investigación en Químico-, Bioanalítica e Ingeniería de Datos (I-Data), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Enadis Gaviria-Contreras.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Libreros-Castillo Kevin H.

Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GI-CAT),
Departamento de Química, Universidad del Valle, Cali – Colombia. | Mindtech
Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Medellín Emiro J.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Montería – Colombia.
| Grupo de Investigación en Ingeniería, Innovación y Sostenibilidad (GIS).
Solsosting s.a.s., Montería – Colombia.

Mora-Salgado Keybi E.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería –
Colombia.

Ortega-Muñoz R. Tatiana.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería –
Colombia. | Grupo de Investigación en Ingeniería, Innovación y Sostenibilidad
(GIS). Solsosting s.a.s., Montería – Colombia.

Palencia-Bolaños Andrea.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería –
Colombia. | Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible e Innovación (GIDSI),
Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Palencia-Bolaños Manuel D.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali – Colombia. |
Unidad de Desarrollo Tecnológico en Nuevos Materiales (UDT), Polymeiker s.a.s.,
Montería – Colombia.

Palencia-Luna Víctor J.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. | Grupo de Investigación en Químico-, Bioanalítica e Ingeniería de Datos (I-Data), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. | Unidad de Desarrollo Tecnológico en Nuevos Materiales (UDT), Polymeiker s.a.s., Montería – Colombia.

Pulido Rodríguez D. Camila.

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. | Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible e Innovación (GIDSI), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Contenido

1. Capítulo 1. Situación hídrica y ambiental del departamento de Córdoba

Páginas: 18-60

Resumen.

1.1. Hidrología en el departamento de Córdoba: Desafíos y oportunidades para la gestión hídrica.

1.2. Contexto hídrico en el departamento de Córdoba.

1.2.1. Hidrografía del departamento de Córdoba.

1.2.2. Ciénagas y aguas subterráneas.

1.3. Diagnóstico ambiental hídrico.

1.4. Importancia del uso de agua superficial para el desarrollo rural en Córdoba.

1.5. Infraestructuras hídricas para la captación y distribución de agua superficial.

1.6. Conclusiones y comentarios finales.

Agradecimientos.

Referencias.

Citar como: Gaviria-Contreras, E., Alemán-Ramírez, Y. E., Ascanio Ovalles, V. A., & Palencia-Bolaños, M. D. (2026). Situación hídrica y ambiental del departamento de Córdoba. En Gaviria-Contreras, E., García-Quintero A., Chate-Galvis, N. (Eds.). Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba. MT Pallantia-Publisher, Cali – Colombia, 2026, 18–60. DOI: 10.34294/b.008.c1.2026.09

2. Capítulo 2. Uso y gestión del agua superficial en las comunidades campesinas

Páginas: 61-100

Resumen.

2.1. Dependencia y manejo de los recursos hídricos en las comunidades campesinas.

2.2. Disponibilidad y calidad del agua superficial.

2.2.1. Disponibilidad y aptitud del agua superficial.

- 2.2.2. Calidad del agua, usos y criterios normativos.
- 2.2.3. Monitoreo de la calidad y presión sobre el recurso hídrico.
- 2.2.4. Fuentes superficiales y abastecimiento de agua en Córdoba.
- 2.3. Impactos ambientales y socioeconómicos asociados al uso de agua superficial.
- 2.3.1. Vulnerabilidad socioeconómica, acceso y demanda de agua.
- 2.3.2. Presiones territoriales y alteraciones de los sistemas hídricos.
- 2.3.3. Transformación de humedales, conflictos hídricos y medios de vida.
- 2.4. Resiliencia hídrica frente al cambio climático.
- 2.4.1. Cambio climático, variabilidad hidrológica y riesgos para el agua.
- 2.4.2. Efectos sobre la disponibilidad de agua y los sistemas productivos rurales.
- 2.4.3. Adaptación basada en ecosistemas y fortalecimiento de la resiliencia hídrica.
- 2.5. El rol de la comunidad y la educación en la gestión sostenible del agua.
- 2.6. Conclusiones y comentarios finales.
- Agradecimientos.
- Referencias.

Citar como: Gaviria-Contreras, E., Chate-Galvis, N., & García-Quintero, A. (2026). Uso y gestión del agua superficial en las comunidades campesinas. En Gaviria-Contreras, E., García-Quintero A., Chate-Galvis, N. (Eds.). Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba. MT Pallantia-Publisher, Cali – Colombia, 2026, 61–100. DOI: 10.34294/b.008.c2.2026.09

3. Capítulo 3. Estrategias para la gestión sostenible del agua superficial

Páginas: 101-146

Resumen.

- 3.1. Gestión sostenible del agua superficial para la agricultura campesina y familiar.
- 3.1.1. Importancia de la agricultura campesina y presión sobre el recurso hídrico.

- 3.1.2. Criterios para la gestión sostenible del agua en sistemas productivos campesinos.
- 3.2. Gestión comunitaria y prácticas tradicionales para el manejo de agua en comunidades campesinas.
 - 3.2.1. Condiciones de abastecimiento y gestión comunitaria del agua en zonas rurales.
 - 3.2.2. Prácticas tradicionales y soluciones locales para la captación, almacenamiento y regulación del agua.
- 3.3. Eficiencia en el uso del agua.
 - 3.3.1. Concepto y tendencias de la eficiencia en el uso del agua.
 - 3.3.2. Huella hídrica en sistemas agroalimentarios.
 - 3.3.3. Eficiencia en el uso del agua en actividades productivas rurales.
- 3.4. Sostenibilidad del recurso hídrico.
 - 3.4.1. Sostenibilidad hídrica: disponibilidad, usos y conservación.
 - 3.4.2. Demanda hídrica sectorial en Colombia.
 - 3.4.3. Gobernanza, planificación y protección de las fuentes hídricas.
- 3.5. Tecnologías para el aprovechamiento sostenible del agua.
 - 3.5.1. Criterios para la selección y sostenibilidad de las tecnologías en contextos rurales.
 - 3.5.2. Tecnologías para el tratamiento y suministro de agua para consumo humano en comunidades rurales.
 - 3.5.3. Tecnologías para usos productivos y fuentes complementarias.
- 3.6. Conclusiones y comentarios finales
- Agradecimientos.
- Referencias.

Citar como: Gaviria-Contreras, E., Palencia-Luna, V. J., Pulido Rodríguez, D. C., Palencia-Bolaños, A. C. (2026). Estrategias para la gestión sostenible del agua superficial. En Gaviria-Contreras, E., García-Quintero A., Chate-Galvis, N. (Eds.). Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba. MT Pallantia-Publisher, Cali – Colombia, 2026, 101–146. DOI: 10.34294/b.008.c3.2026.09

4. Capítulo 4. Diseño metodológico para la evaluación del uso y calidad del agua superficial en asociaciones campesinas rurales del norte de Córdoba

Páginas: 147-166

Resumen.

4.1. Diseño metodológico del estudio.

4.1.1. Marco territorial y criterios de selección de asociaciones.

4.1.2. Identificación de fuentes hídricas y presiones ambientales preliminares.

4.1.3. Recopilación de la información primaria y muestreo de agua.

4.1.4. Procesamiento, análisis descriptivo e interpretación de datos.

4.2. Prácticas tradicionales para la gestión hídrica eficiente en comunidades campesinas.

4.3. Eficiencia en el uso del agua para las actividades básicas y económicas.

Agradecimientos.

Referencias.

Citar como: Gaviria-Contreras, E., Libreros-Castillo, K. H., Mora-Salgado, K. E., & Medellín Fernández, E. J. (2026). Diseño metodológico para la evaluación del uso y calidad del agua superficial en asociaciones campesinas rurales del norte de Córdoba. En Gaviria-Contreras, E., García-Quintero A., Chate-Galvis, N. (Eds.). Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba. MT Pallantia-Publisher, Cali – Colombia, 2026. 147–166. DOI: 10.34294/b.008.c4.2026.09

5. Capítulo 5. Resultados integrados sobre fuentes, usos y calidad fisicoquímica del agua superficial en asociaciones campesinas rurales del norte del departamento de Córdoba

Páginas: 167-196

Resumen.

5.1. Dinámicas de abastecimiento y uso del agua en las asociaciones evaluadas.

5.1.1. Fuentes hídricas por asociación y usos predominantes.

- 5.1.1.1. Chimá: Asociación de Productores y Pescadores del corregimiento de Sitio Viejo (APROPES).
- 5.1.1.2. Purísima: Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos (APAE).
- 5.1.1.3. San Pelayo: Asociación Agropecuaria y Ecológica de Productores del Medio Sinú (AEPROMSI).
- 5.1.1.4. Tuchín: Asociación de Artesanos del Pueblo Zenú (ASOARPZ).
- 5.1.2. Síntesis comparativa de fuentes, usos y consumo familiar.
- 5.1.3. Prácticas domésticas de manejo, almacenamiento y tratamiento del agua.
- 5.2. Calidad fisicoquímica del agua en puntos de captación comunitaria.
- 5.3. Conclusiones y comentarios finales.
- Agradecimientos.
- Referencias.

Citar como: Gaviria-Contreras, E., Medellín Fernández, E. J., Bolaño-Vásquez, R. A., Ortega-Muñoz, R. T. (2026). Resultados integrados sobre fuentes, usos y calidad fisicoquímica del agua superficial en asociaciones campesinas rurales del norte del departamento de Córdoba. En Gaviria-Contreras, E., García-Quintero A., Chate-Galvis, N. (Eds.). Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte norte del departamento de Córdoba. MT Pallantia-Publisher, Cali – Colombia, 2026 167–196. DOI: 10.34294/b.008.c5.2026.09

Capítulo 1

Situación hídrica y ambiental del departamento de Córdoba

Enadis Gaviria Contreras
Yerly Esther Alemán Ramírez
Vanessa Alexandra Ascanio Ovalles
Manuel David Palencia Bolaños

Resumen

El presente capítulo analiza la situación hídrica y ambiental del departamento de Córdoba, con énfasis en la función ecológica, productiva y social de las aguas superficiales. Se describe la configuración hidrográfica del territorio, estructurada principalmente por las cuencas de los ríos Sinú, San Jorge y Canalete, junto con ciénagas, humedales, caños, arroyos y zonas estuarinas que sostienen la biodiversidad regional, el abastecimiento de agua y diversas actividades agropecuarias, pesqueras y domésticas de las comunidades rurales. Asimismo, se expone la importancia de las

ciénagas y humedales como sistemas reguladores del ciclo hidrológico, espacios de amortiguación frente a inundaciones y reservas estratégicas para la seguridad hídrica, especialmente durante periodos de sequía.

Desde un enfoque diagnóstico, se identifican presiones ambientales asociadas a la deforestación, la pérdida de humedales, la contaminación por residuos domésticos, agrícolas e industriales, la minería, la variabilidad climática y las limitaciones en infraestructura de captación, tratamiento y distribución del agua. Finalmente, se plantean criterios orientados a fortalecer la gestión integral del recurso hídrico, priorizando el uso eficiente del agua, la conservación de ecosistemas, el monitoreo ambiental, la adaptación climática y la participación de las comunidades rurales en la protección y aprovechamiento sostenible de las fuentes superficiales.

Palabras clave: *aguas superficiales, cuencas hidrográficas, gestión hídrica, humedales, cambio climático, sostenibilidad ambiental.*

1.1. Hidrología en el departamento de Córdoba: Desafíos y oportunidades para la gestión hídrica

El manejo sostenible de los recursos hídricos en el departamento de Córdoba constituye una condición estratégica para la estabilidad ambiental, la salud pública y el desarrollo de economías rurales. En este territorio, las aguas superficiales asociadas a los ríos Sinú y San Jorge, junto con ciénagas, humedales, caños y arroyos, sostienen actividades agropecuarias, pesqueras, domésticas y comunitarias, especialmente en zonas donde la disponibilidad de infraestructura hídrica es limitada. No obstante, la calidad y la disponibilidad del recurso se encuentran presionadas por la variabilidad climática, la deforestación, la contaminación de origen doméstico y productivo, y la

extracción no regulada del agua, factores que demandan una gestión integral orientada al uso eficiente, la protección de las fuentes y la participación de las comunidades rurales ([Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales \[IDEAM\], 2023](#); [Bonet-Morón & Aguilera-Díaz, 2022](#); [Organización Internacional del Trabajo \[OIT\], 2019](#)).

El territorio cordobés cuenta con una extensa red hidrográfica, compuesta principalmente por los ríos Sinú y San Jorge, además de numerosas ciénagas, humedales, arroyos y quebradas, que juegan un papel vital para las actividades diarias de las comunidades rurales como la agricultura, la ganadería, la pesca artesanal, el riego de cultivos caseros, y en menor medida para actividades recreativas y de turismo. Estas comunidades, muchas veces en situación de vulnerabilidad, dependen del uso del agua superficial no solo para sus actividades productivas, sino también para el abastecimiento de agua potable, encontrando en el acceso y uso sostenible una oportunidad para el desarrollo económico y social de la comunidad, lo que subraya la necesidad de promover prácticas de manejo integrado del agua, que no solo mejoren la gestión de este recurso, sino que también aseguren la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones e implementación de proyectos inclusivos para el beneficio de todos. Sin embargo, la gestión ineficaz del agua, como el desperdicio del recurso, distribución desigual, falta de infraestructura, poca adaptación a condiciones cambiantes y la regulación insuficiente, sumado a los impactos generados por el cambio climático, ha generado una presión significativa sobre el recurso hídrico de la región.

Por otro lado, la variabilidad climática y los efectos del cambio climático plantean desafíos adicionales en la gestión sostenible de los recursos hídricos. Un diagnóstico ambiental detallado en el departamento de Córdoba revela la presión a la que están sometidos

estos recursos, donde la deforestación, la contaminación derivada de las actividades agrícolas, industriales y urbanas, así como la extracción descontrolada de agua, amenazan gravemente tanto la calidad como la disponibilidad del recurso hídrico. En este contexto, es fundamental implementar estrategias de conservación y un manejo adecuado para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del agua. Esto requiere adoptar un enfoque integral que involucre a todos los actores relevantes, desde las autoridades gubernamentales hasta las comunidades rurales locales, para garantizar así la preservación y el uso racional de este recurso. La coordinación interinstitucional y comunitaria permitiría enfrentar de manera más efectiva los retos que presenta el uso de las aguas superficiales en el marco del cambio climático, en los que la intensificación de fenómenos como sequías extremas, inundaciones y desbordamiento de ríos, ha generado graves consecuencias, como la pérdida de cultivos y tierras fértiles, situaciones que ponen en riesgo la infraestructura y los medios de vida de las comunidades que habitan cerca de estos cuerpos de agua.

Este capítulo ofrece una visión sobre la situación actual de la hidrología en Córdoba y la relevancia del agua superficial en las áreas rurales, centrándose en identificar los principales factores que afectan la calidad y disponibilidad del agua superficial, que permitan proponer estrategias para una gestión más eficiente e inclusiva de este recurso, reconociendo el rol que puede representar el involucrar a las asociaciones campesinas rurales en la preservación y uso responsable del agua. Igualmente, ofrece una perspectiva de las infraestructuras de captación y distribución, así como los impactos ambientales generados por la variabilidad climática y las actividades humanas que pueden afectar la seguridad alimentaria y la economía de las comunidades dependientes de las aguas superficiales.

1.2. Contexto hídrico en el departamento de Córdoba

El departamento de Córdoba se localiza en el noroeste de Colombia y se caracteriza por una diversidad geográfica y una topografía marcada por las serranías de Abibe, San Jerónimo y Ayapel, que incluye valles y cuencas importantes como los ríos Sinú y San Jorge; los cuales corresponden a las principales fuentes hídricas de la región, que cubren más del 90 % del área departamental. La región cuenta con una red hidrográfica extensa, que incluye ríos, ciénagas, arroyos, quebradas y humedales, fundamentales para las actividades agropecuarias y para el abastecimiento de agua a las poblaciones urbanas y rurales del departamento. Su clima varía desde tropical cálido, con temperaturas que oscilan entre los 28 °C en la zona costera, hasta un clima más fresco en las zonas elevadas con temperaturas de los 18 °C (Bonet-Morón & Aguilera-Díaz, 2022; Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS], 2008).

Córdoba está delimitado geográficamente al norte, el mar Caribe, al este, los departamentos de Bolívar, Sucre y Antioquia, al oeste, el departamento de Antioquia y el mar Caribe; y al sur, el departamento de Antioquia. Su ubicación se extiende de manera geográfica entre las latitudes 09° 26' 36" y 07° 21' 51" al norte, y las longitudes 74° 47' 25" y 76° 30' 48" al oeste (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 1992) (ver **Figura 1.1.**).

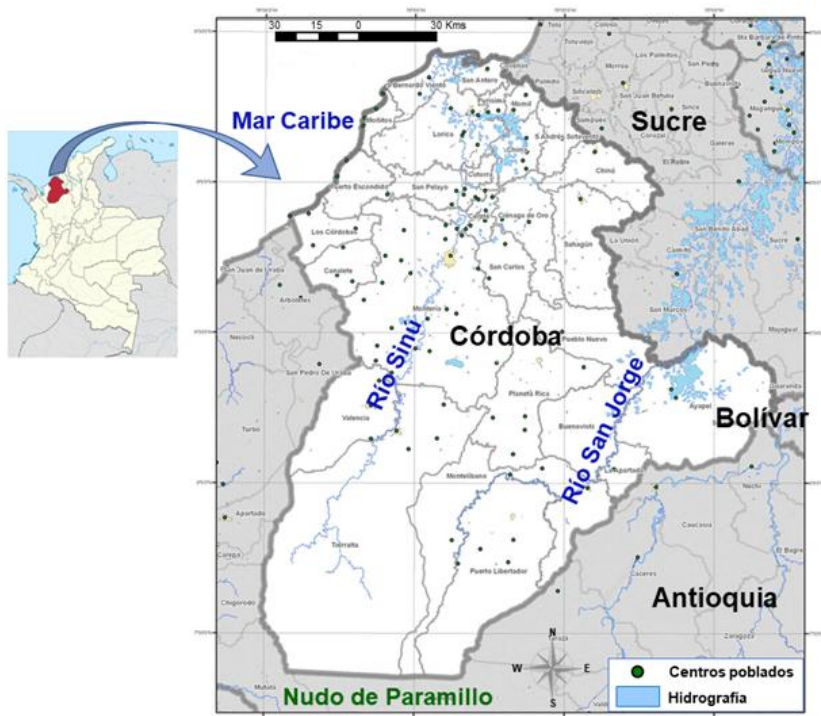


Figura 1.1. *Mapa de localización del departamento de Córdoba.* Fuente: imagen cartográfica adaptada de OCHA - United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs / [Gifex \(s. f.\)](#).

El departamento abarca una extensión de 2.506.822 hectáreas, que representa el 2,2 % del área total de Colombia y el 18,9 % de la región Caribe. La topografía de esta región se caracteriza principalmente por terrenos planos que constituyen alrededor del 70 % del territorio, incluyendo los valles y sabanas. En toda esta extensión, se destacan las cuencas del río Sinú, que abarcan el 52 % del área total, y el río San

Jorge que cubre el 38 %. Estas dos cuencas comprenden el 90 % del territorio cordobés. El 10 % restante corresponde a la región costera, la cual incluye cuencas de menor tamaño que desembocan directamente en el mar Caribe y ocupa el 3,8 % del área total ubicada en la costa del departamento de Sucre. Esta región costera juega un importante papel en el equilibrio hídrico y la conservación de los ecosistemas marítimos, esenciales para la biodiversidad y el sustento de actividades económicas como la pesca y el turismo. En la **Tabla 1.1.** se relacionan las extensiones superficiales de las principales cuencas del departamento, entre las que se destaca la cuenca del río Sinú, la cual posee la mayor área, extendiéndose de sur a norte atravesando el departamento desde su nacimiento (CVS, 2008; Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS], 2021; Bonet-Morón & Aguilera-Díaz, 2022).

Tabla 1.1. *Extensión superficial de las principales cuencas del departamento de Córdoba.* Fuente: elaboración propia, información tomada de Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS] (2020).

Cuenca	Extensión (ha)
Río Sinú	1.410.176
Río San Jorge	994.778
Río Canalete	127.021
Costera	121.395

El departamento cuenta con una variedad de recursos hídricos, que se distribuyen en diferentes áreas a partir de diferentes afluentes. Es importante señalar que esta segmentación regional fue coordinada por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS), tomando en cuenta características geográficas y ambientales similares en la región. En el departamento de Córdoba se distinguen las siguientes subregiones geo-ambientales: Alto Sinú, Sinú Medio, Bajo Sinú, Sabanas, San Jorge y Región Costera, ver **Figura 1.2.**

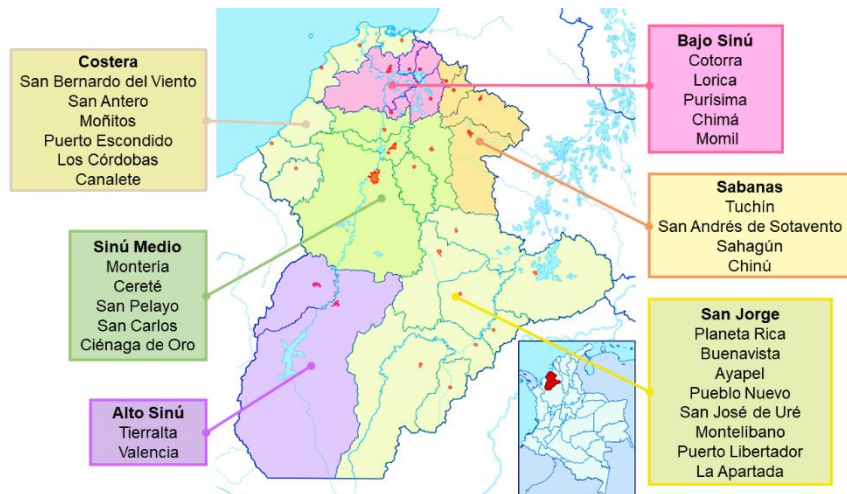
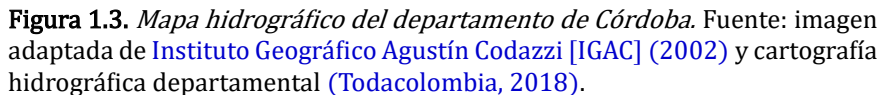


Figura 1.2. *Subregiones ambientales del departamento de Córdoba.* Fuente: elaboración propia, información tomada de [CVS \(2020\)](#); imagen adaptada de [Wikimedia Commons \(2022\)](#): Mapa de Córdoba, subregiones.svg.

1.2.1. Hidrografía del departamento de Córdoba

La hidrografía del departamento de Córdoba se caracteriza por su diversidad geográfica y su importancia ambiental. Esta región presenta una diversa y compleja red hidrográfica compuesta por ríos, ciénagas, arroyos, humedales y otros cuerpos de agua, entre los que se destacan el río Sinú, el río San Jorge y el río Canalete. La **Figura 1.3.** ilustra la red hidrográfica que presenta el departamento de Córdoba, que refleja su disposición y características. Estos recursos hídricos, junto con las ciénagas y humedales, como la Ciénaga Grande de Lorica, la Ciénaga de Ayapel y la Ciénaga de Betancí, son fundamentales tanto para la vida cotidiana de los habitantes de la región como para el



Mindtech s.a.s. - Progetto SGR BPIN 2020000100261 | 26

cuenclas hidrográficas, como son las cuenclas del río Sinú, del río San Jorge, y del río Canalete, así como las áreas costeras y estuarios ([Instituto Colombiano de Geología y Minería \[INGEOMINAS\], 2003](#)). Además, el departamento tiene una topografía con vertientes de montañas y colinas (entre 500-2200 msnm) y un relieve plano, caracterizado por vertientes de colinas bajas con alturas entre 0 – 200 msnm y un valle aluvial que abarca alrededor del 60 % del departamento ([Banco de la República, 2020](#)). Un resumen de las principales cuenclas hidrográficas se presenta a continuación:

Cuencla del río Sinú: La cuencla hidrográfica del río Sinú, abarca una amplia extensión de tierras dominadas por el río Sinú, el cual se origina en el Parque Nacional Natural del Paramillo, a más de 3.000 metros sobre el nivel del mar, y se extiende a lo largo de 415 kilómetros desde el sur del departamento de Córdoba hasta su desembocadura en Boca de Tinajones, en el mar Caribe. Sin embargo, según otras fuentes, como el Banco de la República, la longitud del río Sinú se estima en aproximadamente 340 kilómetros. La cuencla abarca diversos paisajes bioclimáticos, desde el páramo húmedo tropical, cubriendo una superficie de aproximada de 12.200 km². Influye en varios municipios a lo largo de su recorrido de sur a norte por el departamento de Córdoba. Aunque sin una delimitación precisa de sus fronteras, esta cuencla se encuentra dividida en tres zonas según su topografía y las características del valle, como son el Bajo Sinú, Medio Sinú y Alto Sinú ([IGAC, 1992](#); [Instituto Colombiano de Geología y Minería \[INGEOMINAS\], 2004](#)). En el Alto Sinú, se destacan los municipios de Tierralta y Valencia, donde el río atraviesa áreas montañosas y bosques húmedos. En el Medio Sinú, municipios como Montería, Cereté y Ciénaga de Oro, se caracterizan por ser zonas agrícolas y sabanas. En el Bajo Sinú, municipios como Lórica, Cotorra, Momil y Purísima están enmarcados por la interacción del río con ciénagas, humedales y áreas inundables, como la Ciénaga Grande de Lórica

(Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 1998).

Esta cuenca durante su recorrido establece complicadas interacciones con diferentes conductos naturales como quebradas y caños que le suministran sus aguas, así como humedales y extensiones inundables que absorben sus excesos durante la temporada de lluvias actuando como amortiguadores naturales y además, se entrelazan para dar forma a una variedad de zonas fluviales y lacustres, que son vitales para la regulación hídrica y la biodiversidad regional, entre los cuales se destacan la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, conocida anteriormente como Ciénaga Grande de Loricá (un complejo cenagoso que circunscribe los municipios de Loricá, Purísima, Momil, Chimá, Cotorra, San Pelayo y Ciénaga de Oro (Alarcón et al., 2019; Rangel-Ch., 2010), ecosistema formado por cuerpos de agua cenagosos como las ciénagas Barú, Catañuelo, El Caracolí, El Explayado, El Garzal, El Guamal, El Sabanal, El Sapal de Momil, Hoyo León, Las Espuelas, Las Hicoteas, Las Lamas, Los Caballos, Los Galápagos, Massí, Román y Sincé; una red de caños y leves depresiones como los caños Aguas Prieta, caño Bugre, caño Cotorra y caño El Espino; los charcos Del Otro Lado, El Higo, El Moreno, Higo Grande, La Jaima, La Peinada, Largo, Las Babillas, Las Garzas, Los Cascarrones, Cruzado, charco Miel, Palo Alto, Parraguá, Rabón, Tolete, Vellojín, Zuná; los pozos De los Indios, pozo El Bongo, La Barranca, Bajaguál), las Ciénagas de Betancí y de Martinica, Esta última también llamada Ciénaga Redonda de Martinica (ambas en el municipio de Montería), la Ciénaga de Corralito (En el municipio de Montería), y las Ciénagas de Bañó y Los Negros (en el municipio de Loricá), entre otras (por ejemplo, Ciénaga La Mesa y El Porvenir en el municipio de Montería y las Ciénagas del antiguo delta del río Sinú) (INGEOMINAS, 2004; Villadiego-Lorduy et al., 2018; Salazar Mejía, 2008; Alarcón et al., 2019; Rangel-Ch., 2010).

Cuenca del río San Jorge: La cuenca del río San Jorge representa una de las áreas hidrográficas más significativas del departamento de Córdoba, tanto por su extensión como por su impacto en la sostenibilidad hídrica y socioeconómica de la región. La cuenca se extiende por los departamentos de Antioquia (con 1,6 % del área total de la cuenca), Córdoba (con la mayor extensión de 55,2 % del área total de la cuenca), Sucre (41,2 %) y Bolívar (0,8 %), definiendo límites geográficos entre estos departamentos; al norte, el departamento de Sucre, al sur, Antioquia, al este, Bolívar y al oeste Córdoba; en total, abarca alrededor de 33 municipios dentro de los cuatro departamentos, cubriendo un área aproximada entre 1.752.284 ha y 1.925.735 ha, según diferentes fuentes, y tiene una longitud fluvial cercana a los 368 kilómetros (CVS, 2008; IDEAM, 2023).

La cuenca se divide en tres zonas diferenciadas: la cuenca alta o Alto San Jorge, que se extiende desde su nacimiento en el Alto de Yolombó, municipio de Ituango (Antioquia), hasta el caserío Juan José (Córdoba); la cuenca media o Medio San Jorge, que empieza desde el caserío hasta el municipio de Montelíbano (Córdoba), aunque algunos estudios indican que termina en Puerto Córdoba; a partir de este último punto, comienza el Bajo San Jorge, que se extiende por varios municipios del departamento de Córdoba, Sucre hasta su cauce en el río Cauca, y este a su vez se integra hasta desembocar en el río Magdalena, en el delta conocido como Brazo de Loba, ubicado entre Piñalito y San Nicolás, corregimiento del departamento de Bolívar, dentro de la depresión Momposina (CVS, 2008; CVS, 2020; Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA], 2021; Instituto Colombiano de Antropología e Historia [ICANH], s. f.).

El río San Jorge desempeña un papel crucial en la dinámica hidrográfica de los departamentos que atraviesa. El río nace en el Nudo de Paramillo, y en su cauce recorre aproximadamente 368 kilómetros

desde el departamento de Antioquia, bañando los municipios de Ituango, Tarazá y Cáceres, cuyos afluentes se conectan a diversos ecosistemas como quebradas, caños y ciénagas, entre estas la quebrada San Juan en Antioquia y en el departamento de Córdoba las quebradas Chatua, Muchajagua, El Limón, El Arroyo, Can y El Astillero; los ríos San Pedro, Uré y Sucio, recorriendo diferentes municipios cordobeses como Montelíbano, Puerto Libertador, San José de Uré, La Apartada, Planeta Rica, Pueblo Nuevo, Buenavista y Ayapel, en este último municipio cordobés, sus aguas confluyen con la ciénaga del mismo nombre (Ayapel) y el complejo cenagoso Cintura, El Porro (en el municipio de Pueblo Nuevo) y Arcial (Buenavista) que cumplen funciones esenciales en la regulación de inundaciones y conservación de la biodiversidad. En el departamento de Sucre, el río San Jorge recorre varios municipios como Guaranda, Majagual, San Marcos, Sucre, La Unión, Caimito, San Benito de Abad y Galeras, interaccionando significativamente con los ríos secundarios Caño Viejo, Caño Amarillo, el complejo cenagoso e inundable conocido como la Mojana, destacándose la ciénaga de San Marcos. En Bolívar, el San Jorge baña municipios como Magangué y Achí (CVS, 2008; Camargo, 2009; ICANH, s. f.).

Cuenca del río Canalete: La cuenca del río Canalete constituye uno de los sistemas hidrográficos más representativos del noroeste del departamento de Córdoba, ocupando el 43,7 % de la zona costanera departamental. De acuerdo con la CVS, esta cuenca limita al norte con el municipio de Puerto Escondido y el mar Caribe, al oriente y sur con Montería, y al occidente con Arboletes, Canalete y Los Córdoba; además, presenta un perímetro aproximado de 157,25 kilómetros. Esta cuenca tiene una extensión aproximada de 127.021 hectáreas, representando el 3,7 % del área departamental, distribuidas principalmente en territorio cordobés y, en menor proporción, en Antioquia; asimismo, el cauce principal del río tiene una longitud

aproximada de 90,2 kilómetros, desde su nacimiento hasta su desembocadura en el mar Caribe (CVS, 2020). Su ubicación estratégica y la biodiversidad que alberga hacen que la cuenca sea fundamental para el equilibrio ecológico y el abastecimiento hídrico de las comunidades locales. Desde el punto de vista ecológico, la cuenca se ubica en un contexto de bosque seco tropical, ecosistema caracterizado por una marcada estacionalidad climática, condiciones que inciden en la disponibilidad hídrica, la regulación de caudales y la respuesta de la cuenca frente a sequías e inundaciones (García-Corrales et al., 2018). No obstante, la transformación progresiva de las coberturas naturales por actividades agropecuarias, ganadería extensiva y cambios en el uso del suelo ha generado presión sobre la funcionalidad ecológica e hidrológica de este territorio, situación coherente con el estado crítico del bosque seco tropical en Colombia, considerado uno de los ecosistemas más degradados y fragmentados del país (Pizano & García, 2014). En consecuencia, la cuenca del río Canalete requiere estrategias integrales de conservación, restauración ecológica y ordenamiento del uso del suelo, que articulen la dinámica hídrica, la protección de coberturas vegetales y las necesidades de abastecimiento y producción de las comunidades locales (CVS, 2020; García-Corrales et al., 2018).

Cuencas Costeras: La región costera de Córdoba comprende un intrincado sistema de cuencas y microcuencas que abarcan una superficie total de 118.031 hectáreas, subdivididas en ocho (8) sectores hidrológicos principales, cada uno con características únicas. Estas cuencas incluyen:

- Arroyo Orensa y Cardales.
- Caño la Balsa y Arroyo Candelaria.
- Área desde el Arroyo Pita hasta el Arroyo Babilla.
- Quebrada Broqueles.

- Río Cedro y microcuencas cercanas.
- Río Mangle.
- Quebrada Yuca y microcuencas cercanas.
- Río Los Córdoba y sus afluentes.

Estos sectores son clave para los ecosistemas costeros. Excluyendo el río Canalete y el antiguo delta del río Sinú, estas cuencas constituyen el 56,3 % del área costera, comprendiendo desde los límites con Antioquia en Arboletes, atravesando los municipios de Los Córdoba, Puerto Escondido, San Bernardo del Viento, Moñitos y San Antero, hasta Punta de Piedra, en el Golfo de Morrosquillo, en límites con el departamento de Sucre (CVS, 2008; CVS, 2020).

Área estuarina: La configuración actual del delta del río Sinú y su ecosistema estuarino es el resultado de intervenciones humanas entre agricultores y terratenientes, iniciadas en la década de 1950. El desvío de su desembocadura de Cispata a Boca de Tinajones generó salinización en áreas previamente agrícolas, transformando la región en un ecosistema de estuario. Este delta abarca aproximadamente 130 km² entre los municipios de San Antero, San Bernardo del Viento y Lorica, incluye caños como El Salado, Sicará, Caño del Lobo y las ciénagas de Corozo, Ostional y Garzal, que actúan como reservorios de biodiversidad y reguladores hídricos (Todacolombia, 2018; INGEOMINAS, 2003).

1.2.2. Ciénagas y aguas subterráneas

Las ciénagas desempeñan un papel fundamental en la regulación hídrica y la preservación de la biodiversidad. Estos ecosistemas, como la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, proporcionan servicios esenciales como la regulación hídrica durante las inundaciones, el hábitat para especies acuáticas clave para la pesca artesanal, y el suministro de

agua potable para comunidades rurales que no cuentan con acceso a sistemas centralizados. Sin embargo, enfrentan múltiples amenazas que comprometen sus características físicas, biológicas y químicas, lo que impacta negativamente en la diversidad de especies que los habitan. A nivel mundial, los humedales, entre los cuales se encuentran las ciénagas, se clasifican en tres tipos principales: marinos y costeros, continentales y artificiales. En Colombia, abarcan un total aproximado de 2.589.839 hectáreas, distribuidas entre cuerpos de agua naturales continentales, vegetación hidrófita, lagunas costeras y manglares. Estas áreas representan un componente estratégico para la sostenibilidad ambiental del país (CVS, 2020; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2021).

En el departamento de Córdoba los humedales ocupan aproximadamente 400.000 hectáreas, lo que equivale al 36,5 % del área total del territorio. Este ecosistema está compuesto principalmente por ciénagas, manglares, represas, estanques y lagunas. Entre las ciénagas representativas destacan la Ciénaga de Ayapel, la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, la Ciénaga de Betancí y otras como el Porro, Cintura, El Arcial, Martinica y Corralito, destacándose la Ciénaga Grande del Bajo Sinú con una mayor área de extensión, como se muestra en la **Tabla 1.2.** (Bonet-Morón & Aguilera-Díaz, 2022).

Tabla 1.2. *Extensión superficial de principales ciénagas en el departamento de Córdoba.* Fuente: elaboración propia, información tomada de Gobernación de Córdoba (2020); Alcaldía Municipal de Buenavista, Córdoba (2004).

Ciénaga	Extensión (ha)
Ayapel	40.000
Grande de Lorica	38.000
Betancí	3.250

Martinica	2.000
El Arcial	2.000
El Porro	1.500
Las Marías, Babillas, El Congal	1.050
Cintura	1.000
Corralito	728

Por otro lado, las aguas subterráneas representan un recurso esencial para el abastecimiento hídrico, aunque su evaluación cuantitativa sigue siendo limitada. Durante períodos de sequía, estos reservorios subterráneos complementan la oferta hídrica en regiones donde los recursos superficiales son insuficientes. Sin embargo, su sobreexplotación y contaminación plantean serios desafíos para su sostenibilidad, requiriendo un manejo integral que articule dimensiones ecológicas, sociales y económicas. En el departamento de Córdoba, estos recursos no solo son críticos para el abastecimiento de agua potable, sino también para el sostenimiento de la agricultura y actividades agropecuarias, especialmente en áreas rurales y costeras (MADS, 2021). Desde una perspectiva de cuenca hidrográfica, la interacción entre los humedales y las aguas subterráneas resalta la importancia de abordar la gestión de estos recursos, debido a que permite integrar factores como la transformación en el uso del suelo, el cambio climático y las actividades humanas que afectan la disponibilidad y calidad del agua (Moreno-Vega et al., 2020).

1.3. Diagnóstico ambiental hídrico

Mediante un diagnóstico ambiental se pueden identificar las dinámicas y problemáticas asociadas al uso, disponibilidad y calidad de los recursos hídricos. En el departamento de Córdoba, problemáticas como la pérdida y degradación de humedales, la contaminación de los principales cuerpos de agua, los impactos

derivados de infraestructuras, la sobreexplotación de recursos naturales junto con actividades humanas, y las consecuencias del cambio climático, entre otros factores, proporcionan una base para diseñar estrategias de gestión sostenible que mitiguen los efectos adversos y promuevan la resiliencia de las comunidades y ecosistemas asociados.

Colombia se encuentra entre los países con mayor disponibilidad hídrica del mundo, con un rendimiento estimado de 56 L/s/km², superando significativamente el promedio mundial de 10 L/s/km² y el de América Latina de 21 L/s/km² ([Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales \[IDEAM\], 2015](#)). En el departamento de Córdoba, la abundancia hídrica está representada por los ríos Sinú y San Jorge, que cubren el 90 % del área departamental, así como la diversidad de humedales, arroyos y riachuelos. Sin embargo, esta riqueza está amenazada por la creciente deforestación en el sur del departamento y a la disminución en un 60 % de los caudales en épocas de sequía, exacerbada por el cambio climático. Ecosistemas claves como las ciénagas del Bajo Sinú, Ayapel, Betancí y Martinica enfrentan graves dificultades por la gestión desordenada de las aguas, generando inundaciones en periodos lluviosos y sequías extremas durante la temporada seca. Además, se estima que más de 8.882 hectáreas de humedales han desaparecido en las últimas cuatro décadas debido al manejo inadecuado del suelo, mientras que otras 5.333 hectáreas han pasado a ser humedales con espejos de agua permanentes a temporales ([CVS, 2020](#)).

La situación ambiental de los humedales en Córdoba se torna cada vez más preocupante, a pesar de que el *Sistema Regional de Áreas Protegidas* (SIRAP) afirma que el departamento está liderando en conservación, designando como reserva natural 450.547 hectáreas. Sin embargo, muchas de estas reservas no son visibles y solo existen

en el papel debido a la poca presencia y vigilancia del estado, así como la falta de compromiso por parte de la comunidad. Además, el departamento enfrenta amenazas adicionales como incendios forestales, minería ilegal y contaminación industrial. Un ejemplo destacado fue el incendio en la Ciénaga de Corralito en 2020, que destruyó cerca de 95 hectáreas de humedal, demostrando la vulnerabilidad de estos ecosistemas ante la falta de control y gestión adecuada ([Villadiego-Lorduy et al., 2022](#)).

Otra problemática que impacta los sistemas hídricos del departamento de Córdoba es la descarga descontrolada de aguas residuales provenientes de fuentes industriales, domésticas y agrícolas, desafío que enfrenta la región del río Sinú, cuyas aguas no sometidas a tratamiento, contienen altos niveles de productos químicos agrícolas y sedimentos, que son resultados de la erosión generada por la deforestación excesiva y las prácticas agrícolas intensivas en la región. Estas descargas de contaminantes que recibe el río Sinú, provienen de municipios con sistemas de tratamiento de aguas residuales insuficientes o inexistentes, y que desembocan en el mar Caribe ([Montalvo, 1998](#); [Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés \[INVEMAR\], 2002](#)). En el caso del río San Jorge, los principales contaminantes incluyen residuos sólidos y líquidos, agroquímicos utilizados en la agricultura y la minería, así como los desechos generados por las arroceras. Estas problemáticas también afectan otros cuerpos de agua como las ciénagas de Ayapel, Betancí y la Ciénaga Grande de Lórica ([INGEOMINAS, 2003](#); [IGAC, s. f.](#)).

A nivel global, entre los principales contaminantes identificados en las fuentes hídricas se encuentra el cromo hexavalente, una sustancia altamente tóxica y clasificada como cancerígena por la IARC (*Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer*). Estudios indican un

aumento de riesgo de padecimiento de cáncer de estómago, de su relación con el cáncer de pulmón y daño reproductivo debido a su presencia en el agua potable. En el año 2000, gracias a la película *“Erin Brockovich”*, se dio a conocer un caso de contaminación del agua potable por cromo hexavalente, atribuida a la empresa Pacific Gas and Electric Company (PG&E) (López-Muñoz, 2016). Las altas concentraciones de este compuesto detectadas en cultivos cercanos a fuentes contaminadas, como en el sur de China, donde se encontraron trazas de cromo en cultivos de lechuga, evidencian su potencial para contaminar alimentos y generar riesgos de salud a nivel global (Panesso-Moreno, 2023). Las fuentes de contaminación por cromo y otros compuestos registrados como Residuos o desechos Peligrosos (RESPEL), proviene principalmente de actividades industriales como el procesamiento de alimentos, plantas manufactureras, frigoríficos, así como prácticas ganaderas informales (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS], 2018).

En Colombia, actividades como la extracción ilegal de oro, ferróníquel y carbón generan graves impactos ambientales en las fuentes hídricas. Estas actividades intensifican la contaminación de los cuerpos de agua con metales pesados, afectando tanto la biodiversidad como la salud pública. Estudios realizados en el río Sinú, han identificado en los sedimentos concentraciones de metales pesados como el cromo, cobre, zinc y mercurio por encima de los niveles de referencia, subrayando la necesidad de implementar estrategias de mitigación y manejo sostenible del recurso hídrico. Asimismo, actividades clandestinas para la extracción de oro, especialmente en zonas rurales de Ayapel y Puerto Libertador, intensifican la contaminación de los cuerpos de agua con metales pesados, afectando los recursos naturales. Estos hallazgos resaltan la necesidad de evaluar las dinámicas naturales y antropogénicas para determinar el origen de

estos metales, y la relación entre las comunidades locales y los ecosistemas (CVS, 2020; IGAC, s. f.).

El impacto derivado de infraestructuras, como la puesta en operación de la central hidroeléctrica URRÁ I, en el año 1999, ha provocado cambios significativos en el caudal del río Sinú, que varía entre 75 m³/s y 700 m³/s según la demanda de energía. Estas alteraciones han generado impactos ambientales y sociales en el delta del río y la bahía de Cispatá, afectando a unas 2.500 familias campesinas. Entre las consecuencias más relevantes se incluyen la intrusión salina en zonas destinadas a la agricultura, la disminución del flujo de agua dulce hacia el estuario de la bahía de Cispatá y los humedales asociados, y la interrupción de las actividades agrícolas debido a cambios en los niveles del agua del río. Así mismo, se ha registrado una reducción en la cantidad de sedimentos transportados, afectando el ecosistema estuarino (ASPROSIG, 2006).

Los fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, alteran el balance hídrico regional de algunas regiones agravando problemas existentes. Estudios sobre la incidencia del calentamiento global en la oferta hídrica del departamento de Córdoba, revelan que más allá de presentarse una variación en la temperatura del aire, en la humedad relativa, en las precipitaciones, entre otros factores; la oferta hídrica se ve afectada por las actividades humanas como la deforestación, la ganadería intensiva, el manejo inadecuado de los residuos sólidos y líquidos, la expansión de terrenos para el cultivo de manera injustificada, al igual que la extracción de agua de fuentes superficiales y subterráneas sin autorización, entre otras actividades. Estas prácticas contribuyen a la degradación de los ecosistemas acuáticos, afectando la calidad y cantidad del recurso hídrico disponible (Mercado-Fernández et al., 2021; Correa-Velásquez et al., 2006). Los municipios situados a lo largo del río Sinú, enfrentan una presión hídrica elevada durante la época de verano, especialmente en las

cuenas medias y bajas, donde los caudales disminuyen considerablemente. Estas condiciones han generado la necesidad de implementar políticas de uso eficiente del agua, principalmente en áreas dedicadas a la agricultura y la ganadería, sectores que demandan grandes volúmenes de recurso hídrico (IDEAM, 2023).

En este contexto, la problemática ambiental hídrica del departamento de Córdoba puede entenderse como el resultado de presiones simultáneas sobre la calidad, cantidad y funcionalidad ecológica del agua superficial. Como se sintetiza en la **Figura 1.4.**, la contaminación de cuerpos de agua, la pérdida de cobertura vegetal, la acumulación de sedimentos, la desecación de humedales y la disminución de caudales en temporada seca afectan la biodiversidad, reducen la capacidad de regulación hídrica de los ecosistemas y deterioran los servicios ambientales que estos brindan a las comunidades locales (CVS, 2020; CVS, 2008). Estas alteraciones también tienen implicaciones productivas y sociales. La reducción de la calidad del agua limita su uso para riego, afecta la disponibilidad de peces y otros recursos acuáticos, disminuye el potencial turístico y recreativo de los paisajes hídricos, y aumenta la vulnerabilidad de las comunidades rurales frente a eventos de sequía e inundación. Por ello, la gestión hídrica departamental debe integrar acciones de monitoreo, control de vertimientos, conservación de humedales, restauración de rondas hídricas y fortalecimiento de prácticas productivas compatibles con la capacidad ecológica de las cuencas (CVS, 2020; Correa-Velásquez et al., 2006).

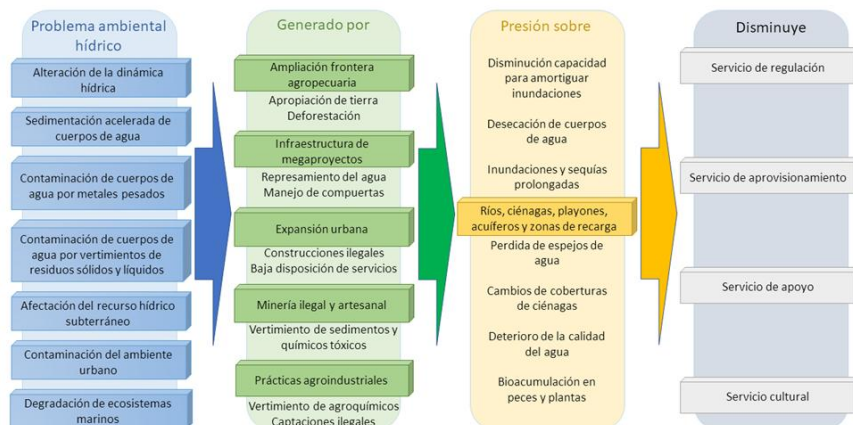


Figura 1.4. *Síntesis de la problemática ambiental hídrica en el departamento de Córdoba.* Fuente: elaboración propia, adaptado de CVS (2020; 2008).

El diagnóstico ambiental evidencia que el sistema hídrico superficial del departamento de Córdoba presenta condiciones de vulnerabilidad asociadas a la deforestación, la contaminación por actividades agrícolas e industriales, la pérdida de humedales y la degradación de áreas de recarga hídrica. Estas presiones afectan tanto la disponibilidad como la calidad del agua, por lo que se requiere fortalecer la gestión integral del recurso mediante acciones de conservación, restauración ecológica, control de fuentes contaminantes y planificación del uso del suelo en las áreas de influencia de ríos, ciénagas y humedales (CVS, 2020; Correa-Velásquez et al., 2006).

1.4. Importancia del uso de agua superficial para el desarrollo rural en Córdoba

El agua superficial comprende una diversidad de ecosistemas como ríos, arroyos, lagos, estanques y embalses, los cuales son alimentados

principalmente por escorrentías y, en menor medida, por aportes de aguas subterráneas, cuya influencia se intensifica durante períodos de baja disponibilidad hídrica. Estos cuerpos de agua cumplen funciones esenciales en el ciclo hidrológico y la regulación ambiental. Por lo general, en puntos donde se acumula y fluye el agua superficial surgen los ríos y arroyos, transportando agua desde zonas altas hacia áreas bajas y eventualmente hacia los océanos, los lagos y estanques se forman en terrenos planos, donde el agua se acumula debido a condiciones topográficas específicas ([Chapman et al., 2013](#)).

Para comprender la relevancia del uso del recurso hídrico superficial, es necesario explorar algunos conceptos de oferta hídrica, demanda hídrica y uso sectorial del agua. La oferta hídrica superficial se refiere al volumen de agua que fluye sobre la superficie del suelo sin infiltrarse ni evaporarse, acumulándose en los cauces de ríos o cuerpos de agua estancados. Por otro lado, la demanda hídrica hace referencia a la cantidad de agua extraída del entorno natural para satisfacer las necesidades básicas de consumo humano, las actividades productivas de diferentes sectores, así como para satisfacer los requerimientos esenciales de los ecosistemas, estén estos alterados o no. Es esencial que la extracción de agua considere tanto las fuentes superficiales como las subterráneas. La relación entre oferta y demanda permite valorar la presión sobre las fuentes y orientar decisiones de asignación, conservación y uso eficiente del recurso ([IDEAM, 2015](#); [IDEAM, 2023](#)).

Otro concepto a tener en cuenta es la huella hídrica, un indicador que permite estimar el volumen de agua utilizado directa e indirectamente en la producción de bienes y servicios, así como la presión que dichas actividades ejercen sobre las fuentes hídricas. Este indicador se clasifica en tres componentes:

Huella hídrica azul: Asociada al consumo de agua superficial o subterránea que no retorna de forma inmediata a la cuenca.

Huella hídrica verde: Relacionada con el agua lluvia almacenada en el suelo y aprovechada por la vegetación.

Huella hídrica gris: Representa el volumen de agua requerido para diluir contaminantes hasta alcanzar estándares aceptables de calidad. Esta clasificación resulta útil para evaluar el impacto de actividades agropecuarias y orientar estrategias de uso eficiente del agua en territorios rurales ([Ramirez Rios et al., 2022](#)).

En el sector agrícola, la demanda de agua se relaciona principalmente con los requerimientos de riego de los cultivos, los cuales dependen del tipo de cultivo, las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua en el suelo y la eficiencia del sistema de riego. En este contexto, la huella hídrica azul permite estimar el volumen de agua superficial o subterránea consumido durante la producción, mientras que la huella hídrica verde representa el aprovechamiento de agua lluvia retenida en el suelo. Para el sector ganadero, la estimación de la huella hídrica considera el agua utilizada directa e indirectamente en la producción de carne y leche, incluyendo el consumo asociado a pasturas y forrajes ([IDEAM, 2023](#)).

En el departamento de Córdoba, donde el 76,3 % del territorio se destina a actividades agropecuarias, la variabilidad climática y las sequías estacionales ejercen una presión considerable sobre las fuentes superficiales, particularmente en las áreas rurales con limitada infraestructura de almacenamiento y distribución de agua ([Ramos-Ruiz & Rueda-Chacón, 2022](#)). De acuerdo con los datos presentados en las **Tablas 1.3 y 1.4.**, la oferta hídrica disponible en el departamento de Córdoba, período 2020, disminuye drásticamente, especialmente en el Bajo Sinú, que pasa de 1.864,6 millones de m³/año en un año húmedo a solo 460,4 millones de m³/año en año seco. Esta

disminución refleja la vulnerabilidad del recurso hídrico a eventos climáticos extremos como el Niño. Por otra parte, la cuenca del Bajo Sinú muestra la mayor demanda hídrica en actividades agropecuarias (515,3 millones de m³/año), excluyendo el impacto del proyecto hidroeléctrico Urrá I en la demanda multisectorial hídrica del Alto Sinú-Urrá, resaltando la dependencia del sector agrícola de las fuentes de agua superficiales, especialmente en períodos de sequía. Esta relación evidencia la vulnerabilidad del recurso frente a eventos climáticos extremos y refuerza la necesidad de planificar el uso del agua con criterios de eficiencia, priorización y adaptación climática (IDEAM, 2023; URRÁ S. A. E. S. P., 2021).

Tabla 1.3. *Oferta hídrica, periodo 2020, en el Río Sinú y Alto San Jorge.* Fuente: elaboración propia, datos tomados del Estudio Nacional del Agua (ENA) 2022 (IDEAM, 2023).

Zonificación hidrográfica	Área (km ²)	Oferta disponible (millones m ³ /año)		
		Año Húmedo	Año medio	Año seco
Nacional	1.138.757,3	2.652.534,2	1.187.961,9	499.139,8
Córdoba	18.111,9	30.939,3	13.667,6	5.349,7
Alto Sinú - Urrá	4.618,9	14.369,5	6.091,5	2.322,1
Medio Sinú	3.842,5	3.140,1	1.588,4	697,7
Bajo Sinú	5.644,1	1.864,6	1.010,5	460,4
Alto San Jorge	4.005,5	11.565,0	4.977,3	1.869,5

Tabla 1.4. *Demanda hídrica, periodo 2020, en el Río Sinú y Alto San Jorge.*
 Fuente: elaboración propia, datos tomados del Estudio Nacional del Agua
 (ENA) 2022 (IDEAM, 2023).

Zonificación hidrográfica	Área (km ²)	Usos del agua (millones m ³ /año)		
		Demanda hídrica multisectorial	Huella hídrica azul multisectorial	Huella hídrica verde agropecuario*
Nacional	1.138.757,3	32.331,9	8.837,7	310.650
Córdoba	18.111,9	1.712,4	325,3	8.993,7
Alto Sinú - Urrá	4.618,9	917,7	72,8	481,7
Medio Sinú	3.842,5	130,1	57,6	2.938,4
Bajo Sinú	5.644,1	515,3	175,5	3.669,4
Alto San Jorge	4.005,5	149,4	19,3	1.904,2

La clasificación de los recursos hídricos permite reconocer las funciones ambientales, sociales y productivas de ríos, caños, ciénagas, cuencas, lagos y humedales en el departamento de Córdoba. Estos sistemas sostienen procesos ecológicos esenciales, como la regulación de caudales, la conservación de hábitats acuáticos, la recarga de cuerpos de agua y la amortiguación de eventos extremos. Al mismo tiempo, contribuyen al abastecimiento de agua para consumo humano, riego agrícola, ganadería, pesca artesanal, turismo local y otras actividades que inciden directamente en la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades rurales.

En este contexto, el agua superficial constituye un recurso estratégico para las asociaciones campesinas, especialmente en territorios donde la infraestructura hídrica es limitada y la disponibilidad del recurso varía entre temporadas lluviosas y secas. Su manejo adecuado

requiere articular criterios de conservación ecosistémica, eficiencia en el uso del agua, protección de fuentes abastecedoras y fortalecimiento de prácticas productivas sostenibles, de modo que el aprovechamiento del recurso no comprometa su disponibilidad futura ni la funcionalidad ecológica de las cuencas ([Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \[MADS\], 2014; CVS, 2021; Ramos-Ruiz & Rueda-Chacón, 2022; Sepúlveda-Vargas et al., 2020](#)).

Asegurar una gestión eficiente y equitativa del agua superficial implica priorizar el suministro para consumo humano durante períodos críticos, como los de sequía, y restringir su extracción en cuerpos de agua menores. Esto requiere un enfoque integral que contemple los periodos de menor caudal y las necesidades de las comunidades rurales. Al mismo tiempo, es fundamental fortalecer las prácticas agroecológicas y los sistemas productivos sostenibles, promoviendo la resiliencia frente a la variabilidad climática ([CVS, 2020; IDEAM, 2023](#)).

Los humedales, como la Ciénaga del Bajo Sinú (**Figura 1.5.a**), se destacan por su capacidad para retener sedimentos, regular los flujos hídricos y contribuir a la filtración de contaminantes. En el ámbito comunitario también se emplean reservorios artificiales, como represas (**Figura 1.5.b**) para el almacenamiento y aprovechamiento de agua superficial. Además, estos ecosistemas proporcionan materias primas y recursos esenciales para actividades locales, incluyendo la pesca, que representa dos tercios de la captura mundial. Sin embargo, los conflictos por el acceso al agua en esta región, derivados de actividades como la ganadería extensiva y la construcción de infraestructura hidráulica (Represa de URRÁ I), amenazan tanto la biodiversidad como la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos ([Correa-Velásquez et al., 2006; Villadiego-Lorduy, 2022](#)).

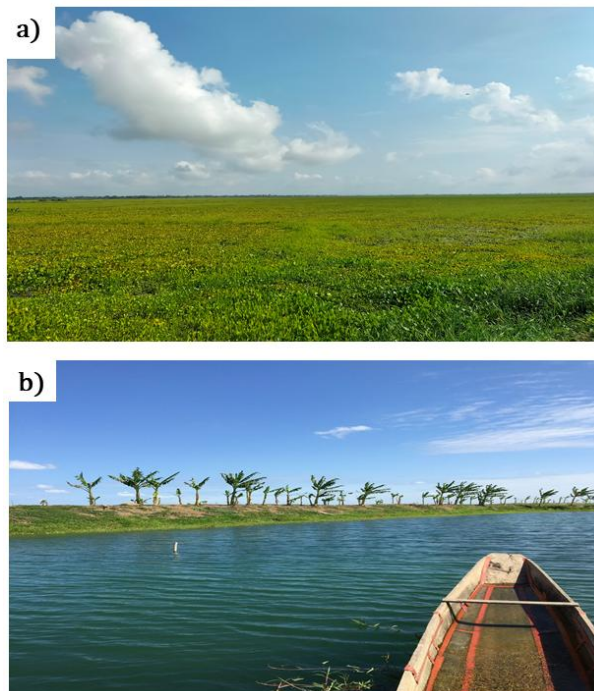


Figura 1.5. Fuentes de agua superficial en el municipio de Cotorra, Córdoba: a) sector de la Ciénaga Grande del Bajo Sinú con cobertura de vegetal asociada al humedal; b) reservorio artificial denominado Represa La Fortuna, vinculado a la asociación ASPROSINÚ. Fuente: registro fotográfico propio de Mindtech S.A.S.

1.5. Infraestructuras hídricas para la captación y distribución de agua superficial

En Colombia, los cuerpos de agua como ríos, lagos, ciénagas, lagunas y las precipitaciones forman parte de las aguas de dominio público. Esto

permite que cualquier individuo pueda gestionar ante las autoridades ambientales el permiso de concesión para su uso y aprovechamiento. Estas concesiones están reguladas por el Decreto 1076 de 2015, que especifica que la asignación de agua depende de la disponibilidad del recurso. En caso de escasez por causas naturales, no se garantiza el volumen de agua previamente asignado, quedando en manos de la autoridad ambiental la distribución en escenarios críticos (MADS, s. f.).

Las infraestructuras destinadas a la captación y distribución del agua superficial son esenciales para la administración de este recurso. Entre las principales estructuras utilizadas se encuentran represas y embalses, que almacenan grandes volúmenes de agua de ríos y lagos. Estas reservas estratégicas permiten garantizar el suministro durante períodos de alta demanda o escasez estacional. En el departamento de Córdoba, la autoridad ambiental CVS (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge), otorga concesiones para la captación de agua para actividades agrícolas, pecuarias, domésticas, industriales y generación de hidroenergía, como se muestra la **Figura 1.6.**, donde las actividades agropecuarias presentan la mayor concesión del 50 %, seguido del uso doméstico y consumo humano (29 %). Estas concesiones incluyen 138 puntos de captación, con un caudal total de 18.045,16 L/s para uso consuntivo y 50.000 L/s para uso no consuntivo. De estas captaciones, el 87 % del caudal concesionado proviene del río Sinú, distribuido en 64 puntos, incluidos los asociados al proyecto hidroeléctrico URRÁ. En menor proporción, el río San Jorge cuenta con cuatro puntos de captación que suman 782,3 L/s, mientras que otros cuerpos de agua como arroyos y ciénagas representan el 9 % restante (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA], 2020).

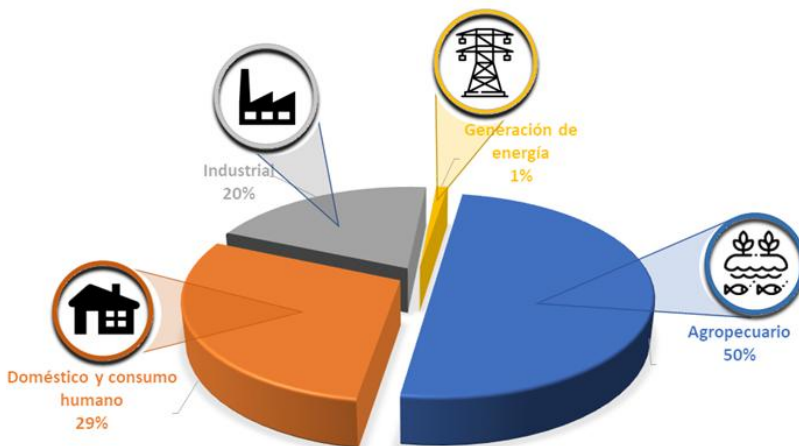


Figura 1.6. Principales actividades para la captación de agua superficial en el departamento de Córdoba. Fuente: elaboración propia, datos tomados de ANLA (2020).

De acuerdo con el procesamiento de la información del Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) reportada por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge, con fecha de corte a diciembre de 2025, en 14 de los 30 municipios de Córdoba, equivalente al 46,7 %, se identificó al menos una captación superficial asociada a uso doméstico y a una concesión cuya vigencia registrada comprendía la fecha de consulta. Del conjunto de captaciones superficiales que cumplió estos criterios, el 71,9 % se encuentra vinculado al sistema hidrográfico del Sinú, y el 28,1 % corresponde al sistema hidrográfico del San Jorge, lo que evidencia una mayor concentración de los registros en el Sinú. Los municipios con captaciones asociadas al sistema del Sinú son Cereté, Cotorra, Loricá, Los Córdoba, Moñitos, Montería, Planeta Rica, San Bernardo del Viento, Tierralta y Valencia; mientras que en el sistema del San Jorge

se identificaron Buenavista, La Apartada, Montelíbano y Puerto Libertador. Aunque el río Canalete aparece incluido en los registros de fuentes, tramos y monitoreo, no se identificaron registros de captación y uso doméstico que permitieran cuantificar su participación en el abastecimiento. En el conjunto total de captaciones domésticas con vigencia registral al corte, el 60,0 % corresponde a fuentes subterráneas y el 40,0 % a fuentes superficiales; sin embargo, esta distribución no puede atribuirse específicamente a las zonas rurales, debido a que la base no diferencia de manera sistemática entre áreas urbanas y rurales. Estos resultados describen la distribución de las captaciones registradas y no representan porcentajes de cobertura de los acueductos, población abastecida o dependencia exclusiva de los municipios respecto de una fuente determinada (cálculos propios a partir de [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales \[IDEAM\], 2025](#)).

En cuanto al tratamiento del agua para consumo humano en Córdoba, los requerimientos de potabilización no deben establecerse únicamente según el tipo de fuente de abastecimiento, sino a partir de la caracterización física, química y microbiológica del agua cruda, su variación entre periodos secos y lluviosos, los riesgos presentes en la cuenca o área de captación y los correspondientes estudios de tratabilidad. En este sentido, las aguas provenientes de ríos, embalses y quebradas pueden requerir procesos convencionales y tratamientos específicos cuando se identifiquen contaminantes de origen natural o asociadas a actividades humanas. Por tanto, el sistema de tratamiento debe diseñarse de acuerdo con las características particulares de cada fuente, los riesgos sanitario identificados y los resultados de tratabilidad, con el propósito de garantizar agua apta para el consumo humano ([Hernández Álvarez et al., 2021](#); [World Health Organization, 2016](#); [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio \[MVCT\], 2017, 2021](#); [Presidencia de la República de Colombia, 2007](#)).

Las infraestructuras actuales para la captación y distribución de agua superficial en el departamento de Córdoba presentan limitaciones significativas, especialmente en zonas rurales. Muchas estaciones de bombeo y sistemas de riego están deterioradas o no tienen la capacidad suficiente para satisfacer la demanda en épocas de escasez. Aproximadamente, la mitad de los sistemas de acueducto presentan deficiencias en almacenamiento debido a su antigüedad (15-20 años) y al aumento demográfico. Frente a este escenario, resulta necesario fortalecer el mantenimiento preventivo, ampliar la capacidad de almacenamiento e incorporar tecnologías más eficientes, como sistemas de riego por goteo y captación de aguas lluvias, con el fin de aumentar la resiliencia de las comunidades rurales. Además, se requiere adaptar las infraestructuras existentes para mitigar los efectos del cambio climático, que impacta tanto la cantidad como la calidad del agua disponible (CVS, 2020; ANLA, 2020).

1.6. Conclusiones y comentarios finales

Las fuentes hídricas superficiales del departamento de Córdoba, representadas principalmente por los ríos Sinú y San Jorge, junto con las ciénagas (Ciénaga del Bajo Sinú, Ciénaga de Ayapel), caños, humedales, arroyos y zonas estuarinas, cumplen una función estratégica en la sostenibilidad ambiental, productiva y social del territorio. Estos sistemas abastecen las actividades agropecuarias, pesqueras, domésticas y comunitarias, al tiempo que sostienen procesos ecológicos vinculados con la regulación hídrica, la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de servicios ecosistémicos esenciales.

El diagnóstico realizado evidencia que la deforestación, la pérdida y degradación de humedales, la contaminación por residuos domésticos,

agrícolas e industriales, la presión minera, la expansión de usos agropecuarios y la variabilidad climática afectan la calidad y disponibilidad del agua superficial. Estas presiones incrementan la vulnerabilidad de las comunidades rurales, reducen la capacidad de regulación de los ecosistemas y comprometen actividades relacionadas con la seguridad alimentaria, la pesca artesanal, el riego y el abastecimiento de agua.

Para las asociaciones campesinas y comunidades rurales, el agua superficial es esencial para el desarrollo productivo, el riego de cultivos, la ganadería y la pesca. Sin embargo, las sequías estacionales y la disminución de caudales, especialmente en sectores del Medio y Bajo Sinú, exigen fortalecer prácticas de uso eficiente del agua, promover la implementación de tecnologías sostenibles de captación y distribución, sistemas de almacenamiento y estrategias de adaptación climática orientadas a reducir la presión sobre las fuentes hídricas.

La infraestructura de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua superficial requiere una planificación técnica más robusta, acompañada de mantenimiento preventivo, monitoreo de calidad del agua y priorización del consumo humano en períodos críticos. Asimismo, la gestión del recurso debe articular la autoridad ambiental, los gobiernos locales, las asociaciones comunitarias y los sectores productivos, con el fin de garantizar una distribución equitativa, prevenir el deterioro de las fuentes y promover una cultura de corresponsabilidad hídrica.

En síntesis, la sostenibilidad hídrica en Córdoba enfrenta retos significativos relacionados con la infraestructura, la calidad del agua y los efectos del cambio climático. Abordar estos desafíos requiere una planificación estratégica que combine políticas públicas inclusivas y

sancionatorias, inversiones en tecnologías, y un manejo integrado que priorice tanto las necesidades humanas como la conservación ambiental, fomentando así el desarrollo socioeconómico y sostenible en la región.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s. y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261.

Referencias

- Alarcón, O.R., Herrera Mestra, D.A., Villeras Araújo, E.R., Cuadrado Vertel, J.B. & Méndez Hernández, L.A. **(2019)**. *Proceso de formalización de predios baldíos en la Ciénaga Grande del Bajo Sinú*. Derecho & Sociedad, 1(7 Suplemento 1), 61.
<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/dersoc/article/view/3149>
- Alcaldía Municipal de Buenavista, Córdoba. **(2004)**. *Esquema de Ordenamiento Territorial Buenavista Córdoba 2004 – 2012: Documento técnico de soporte. Resumen*. Escuela Superior de Administración Pública, ESAP, Versión 1.
<https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/123456789/23687>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA]. **(2020)**. *Reporte de Alertas Subzonas Hidrográficas Río Sinú y Alto San Jorge SZH-RSASJ*.
<https://www.anla.gov.co/documentos/biblioteca/27-01-2021-anla-rash-rio-sinu-alto-san-jorge.pdf>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA]. **(2021)**. *Actualización del reporte de análisis regional de la Subzona Hidrográfica Alto San Jorge*.

<https://www.anla.gov.co/images/documentos/reportes-alertas/18-08-2022-anla-reporte-san-jorge-v12.pdf>

ASPROSIG. **(2006)**. Manglares en la zona delta del río Sinú. *Revista Semillas*, 26/27. <https://semillas.org.co/es/manglares-en-la-zona-delta-del-ro-sin>

Banco de la República. **(2020)**. Río Sinú. En *La enciclopedia, Banrepcultural*. Centro Cultural del Banco de la república de Montería. https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=R%C3%ADo_Sin%C3%BA

Bonet-Morón, J., & Aguilera-Díaz, M. **(2022)**. Demografía y economía del departamento de Córdoba, 1951-2019. *Cuadernos de Historia Económica*, 57. Banco de la República. <https://doi.org/10.32468/chee.57>

Camargo, A. **(2009)**. Una tierra bondadosa: Progreso y recursos naturales en la región del río San Jorge, siglo XX. *Historia Crítica*, 37, 170-191. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81111524011>

Chapman, P., Kay, P., & Mitchell, G. **(2013)**. Surface water quality. In J. Holden (Ed.), *Water resources: An integrated approach* (pp. 79–122). Routledge. http://eprints.whiterose.ac.uk/81153/1/Chapter_4_Water_quality_Draft.pdf

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS]. **(2008)**. *Plan de gestión ambiental regional - PGAR: Actualización 2008 - 2019*. https://cvs.gov.co/wp-admin/admin-ajax.php?juwpfisadmin=false&action=wpfd&task=file.download&wpfd_category_id=949&wpfd_file_id=9342&token=&preview=1

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS]. **(2018)**. *Informe final plan de manejo integral de residuos o desechos peligrosos del departamento de Córdoba - RESPEL 2018*. FUNSOSTENIBLE. <https://cvs.gov.co/web/wp->

content/docs/docinteres/PLAN%20DEPARTAMENTA%20RESPEL%202018.pdf

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS].
(2020). *Plan de Acción Institucional 2020-2023*.
https://cvs.gov.co/web/wp-content/docs/PLAN_ACCION_2020-2023_APROBADO_CONSEJO_DIRECTIVO.pdf

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS].
(2021). *Región del Alto Sinú*. CVS Aula Verde. Libro digital.
<https://cvsaulaverde.com/libro-alto-sinu/>

Correa-Velásquez, P. L., Vélez-Upegui, J. I., Smith-Quintero, R. A., Vélez-Flórez, A. J., Barrientos-Zuluaga, A. E., & Gómez, J. D. (2006). Metodología de balance hídrico y de sedimentos como herramienta de apoyo para la gestión integral del complejo lagunar del Bajo Sinú. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 14, 71-86.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8186/No.14-2006-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García-Corrales, L., Méndez, Y., Ávila, H., & Pacheco, C. (2018). *Alternativa de análisis de causas y efectos hidrológicos de cambios en usos del suelo en cuencas de bosque seco tropical*. XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Buenos Aires, Argentina.
https://www.ina.gob.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_239.pdf

Gifex. (s. f.). *Mapa de Córdoba* [Imagen]. OCHA - United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs.
https://www.gifex.com/detail/2011-08-19-14378/Mapa_de_Cordoba.html

Gobernación de Córdoba. (2015). *Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Córdoba*. Consejo Departamental para la Gestión del riesgo.

<http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/367/PDGR%20Cordoba.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gobernación de Córdoba. **(2020)**. *Generalidades del departamento de Córdoba*. Escuela Superior de Administración Pública - ESAP. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/123456789/24787>

Hernández Álvarez, U., Pinedo Hernández, J., Paternina Uribe, R., & Marrugo Negrete, J. L. **(2021)**. Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1678>

Instituto Colombiano de Antropología e Historia [ICANH]. **(s. f.)**. *San Jorge. Información general: ubicación*. <https://www.icanh.gov.co/areas-misionales/patrimonio/parques-asociados/sitios-arqueologicos/san-jorge/informacion-general/ubicacion>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. **(1998)**. *Humedal del valle del río Sinú*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18819/43874_55633.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. **(2015)**. *Estudio Nacional del Agua 2014*. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/125687715/Estudio+Nacional+Agua+2014.pdf/9e44873e-029e-4cd5-a22e-d0ca56789f6f?version=1.0>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. **(2023)**. *Estudio Nacional del Agua 2022*. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/125666586/Estudio+Nacional+del+Agua+2022.pdf/53245d68-d879-477e-8dbe-f343e4fe0b9f?version=1.0>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. **(2025)**. *Sabanas SIRH diciembre de 2025: autoridades ambientales* [Conjunto de datos]. Sistema de Información del Recurso Hídrico. Sabanas de datos del RURH. <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/boletines/Sabanas-de-datos-del-RURH>

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés [INVEMAR]. **(2002)**. *Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - REDCAM. Fase II*. <https://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/INFORME+REDCAM+2002.pdf>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. **(1992)**. *Características geográficas del departamento de Córdoba*. Santafé de Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. **(2002)**. *Hidrografía de Córdoba. Mapa digital integrado* [Mapa]. Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias Geográficas.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. **(s. f.)**. *Diccionario Geográfico de Colombia: Córdoba*. https://diccionario.igac.gov.co/?_termino=481529.

Instituto Colombiano de Geología y Minería [INGEOMINAS]. **(2003)**. *Consideraciones técnicas para el manejo del agua subterránea en el departamento de Córdoba*. https://recordcenter.sgc.gov.co/B3/12006025002784/documento/nativos/MEMORIA_CONSIDERACIONES_T%C3%89CNICAS_PARA_EL_MANEJO_DEL_AGUA_SUBTERR%C3%81N_.pdf

Instituto Colombiano de Geología y Minería [INGEOMINAS]. **(2004)**. *Mapa hidrogeológico de Córdoba, Escala 1:250.000*. <https://recordcenter.sgc.gov.co/B3/12006025002784/documento/pdf/0101027841101000.pdf>

López-Muñoz, M. J. **(2016)**. La contaminación del agua con cromo. *Aguas Residuales.Info*.
<https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/contaminacion-del-agua-con-cromo>

Mercado-Fernández, T., Gónima-Gónima, L., & Zabaleta-Ortega, A. **(2021)**. *Análisis del calentamiento global y la oferta hídrica a escala local: Estudios de caso en el departamento de Córdoba, Colombia*.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4185>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. **(2014)**. *Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 101 p. <https://www.undp.org/es/colombia/publicaciones/v-informe-nacional-de-biodiversidad-de-colombia-ante-el-convenio-de-biodiversidad-biologica>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. **(2021)**. *Humedales*.
<https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/ecosistemas-estrategicos/humedales>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. **(s.f.)**. *Demanda: Uso y aprovechamiento. Administración del recurso hídrico*.
<https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/uso-y-aprovechamiento/>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT]. **(2017)**. *Resolución 0330 de 2017, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS- y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009*.
<https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT]. (2021). *Resolución 0799 de 2021, por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017*. <https://www.minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0799-2021>
- Montalvo, D. (1998). Caracterización del Río Sinú. En *Las fuentes de agua en Córdoba*. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS], Montería.
- Moreno-Vega, M. J., De la Ossa-Atencia, J. D., & García-Corrales, L. M. (2020). Representación histórica de la hidrología de la cuenca del río Canalete, Córdoba, Colombia, considerando la evolución del uso del suelo. *Environment & Technology*, 1(1), 38-59. <https://doi.org/10.56205/ret.1-1.3>
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2019). *Agua para una mejor subsistencia en los medios de vida rurales*. <https://www.ilo.org/es/publications/agua-para-una-mejor-subsistencia-en-los-medios-de-vida-rurales>
- Otero, V., & Montero, E. (1998). Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. En: *Las fuentes de agua en Córdoba*. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge [CVS], Montería.
- Panesso-Moreno, J. P. (2023). *Diseño de un electrocoagulador para la remoción de cromo (VI) de aguas residuales de una industria de recubrimientos metálicos*. [Trabajo de grado de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84561>
- Pizano, C., & García, H. (Eds.). (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). <https://kmo7.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/09/bosque-seco-en-colombia.pdf>

Presidencia de la República de Colombia. **(2007)**. *Decreto 1575 de 2007, por el cual se establece el Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano*. Gestor Normativo – Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>

Ramirez Rios, L. F., Becerra Moreno, D., & Mora Bejarano, C. H. **(2022)**. Huella hídrica verde y azul de la producción de caña de azúcar orgánica en la zona centro del Valle del Cauca. *Ingeniería y competitividad*, 24(2), 13. <http://doi.org/10.25100/iyv.v24i02.11264>

Ramos-Ruiz, J. L., & Rueda-Chacón, J. R. **(2022)**. El agro del Caribe colombiano: Con potencialidad y mucho por hacer. *Departamento de economía, Universidad del Norte*. <https://www.uninorte.edu.co/web/deptoeconomia/home/-/blogs/el-agro-del-caribe-colombiano-con-potencialidad-y-mucho-por-hacer>

Rangel-Ch., J. O. (Ed.). **(2010)**. *Colombia Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad-Ecología y manejo ambiental*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81890>

Salazar Mejía, I. **(2008)**. *Lugar encantado de las aguas: Aspectos económicos de la Ciénaga Grande del Bajo Sinú* (Documentos de trabajo sobre Economía Regional No 102). Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER), 50 p. <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-102.pdf>

Sepúlveda-Vargas, R. D., Taborda-Caro, M. A., & Fuentes-Doria, D. D. **(2020)**. Conflictos por el agua y resiliencia comunitaria en el Bajo Sinú: evidencias de disputas y alternatividad. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 25(1), 105-124. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/utopia/article/view/32645>

Todacolombia. (2018). Hidrografía Departamento de Córdoba. Todacolombia.com. <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cordoba/hidrografia.html>

URRÁ S. A. E. S. P. (2021). *Informe de la junta directiva y del presidente a la asamblea ordinaria de accionistas: Informe de gestión anual, vigencia 2020*. <https://urra.com.co/wp-content/uploads/2021/05/URRA-INFORME-ANUAL-2020.pdf>

Villadiego-Lorduy, J., Piedra-Castro, L., Tapia-Contreras, H., Méndez-Nobles, Y., & Díaz-Hernández, O. C. (2018). A Wetland in Danger of Extinction in the Village of Severá, Municipality of Cereté, Colombia. *Revista Geográfica de América Central*, 2(61), 263-284. <https://doi.org/10.15359/rgac.61-2.10>

Villadiego-Lorduy, J., Negrete Barrera, V. M., & Payares Ramos, P. (Eds.) (2022). *Humedales mayores y menores de Córdoba: Una historia de deterioro y extinción*. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, UPB. https://drive.google.com/file/d/1ZXJsgK_xW0nCGCPZNjUViA_gvYJW-_2j/view

Wikimedia Commons. (2022). *Mapa de Córdoba (subregiones).svg* [Imagen]. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_C%C3%B3rdoba_\(subregiones\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_C%C3%B3rdoba_(subregiones).svg)

World Health Organization. (2016). *Protecting surface water for health: Identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface-water catchments*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241510554>

Capítulo 2

Uso y gestión del agua superficial en las comunidades campesinas

Enadis Gaviria Contreras
Nazly G. Chate Galvis
Angelica García Quintero

Resumen

Este capítulo presenta una revisión documental sobre el uso y la gestión del agua superficial en comunidades campesinas, considerando su relación con el abastecimiento, la producción agropecuaria, la seguridad alimentaria y la conservación de los ecosistemas. El análisis distingue la disponibilidad natural del agua cuya abundancia y calidad ha sido deteriorada por las actividades humanas, hasta el punto de considerarla un recurso no renovable. De forma paralela se examinan las presiones ocasionadas por vertimientos, escorrentía agrícola, la transformación de humedales y las modificaciones del régimen hidrológico. Finalmente, se analiza el

papel de la participación comunitaria, la educación ambiental y los conocimientos locales en la gestión del agua, reconociendo que las condiciones particulares de cada fuente y comunidad requieren evaluación específica.

Palabras clave: agua superficial, comunidades campesinas, calidad del agua, humedales, resiliencia climática, participación comunitaria.

2.1. Dependencia y manejo de los recursos hídricos en las comunidades campesinas

Durante la historia de la tierra se ha conocido que el agua es la base de la vida, en especial, las aguas superficiales tienen gran importancia ya que sostienen los ecosistemas sobre la superficie terrestre, abastecen de agua potable a la mayoría de los centros poblados, suministran el riego para los cultivos, etc. Es así como su preservación y el manejo sostenible representan uno de los desafíos ambientales más importantes para la sociedad actual. Colombia, caracterizada por su riqueza natural y biodiversidad, ocupa una posición destacada en términos de disponibilidad hídrica, al contar con 6 nevados y más de 48.000 humedales, además se han registrado la existencia de aproximadamente 1.600 especies de peces de agua dulce, de las cuales más de 360 son endémicas, condición que refuerza la importancia de proteger sus ecosistemas acuáticos. Asimismo, se estima que cerca del 87 % de la población colombiana habita en zonas con cercanía a ríos, lagunas, ciénagas u otros tipos de humedales, lo que muestra la estrecha relación de estos espacios las actividades humanas. Aquí es importante mencionar que estas cifras son estimaciones que pueden variar a medida que se actualicen los inventarios taxonómicos y cartográficos ([World Wildlife Fund Colombia \[WWF Colombia\]](#), s. f.).

De acuerdo con reportes informados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia durante la conmemoración del día Mundial del agua celebrado el 22 de marzo de 2023 se estima que el rendimiento hídrico de Colombia es aproximadamente seis veces el promedio mundial y cerca de tres veces el promedio de América Latina, sin embargo, aunque la noticia es alentadora no elimina las limitaciones locales relacionadas con el acceso, la continuidad, la calidad o el tratamiento del agua. De ahí que su gestión deba considerar la variabilidad climática, las presiones ejercidas sobre las cuencas, el estado de los ecosistemas reguladores y las diferencias territoriales en infraestructura y capacidad institucional ([Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \[MADS\], 2023; IDEAM, 2023](#)). Además, el país también alberga la mitad de los páramos del mundo, ecosistemas vitales para la regulación hídrica. No obstante, en las últimas tres décadas, el volumen de hielo en los glaciares colombianos ha disminuido en un 56 % ([Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales \[IDEAM\], 2019](#)).

Desde el contexto rural en Colombia, el abastecimiento de agua para suplir necesidades básicas no es alentador ya que los sistemas de suministro normalmente implican captaciones directas de ríos o quebradas, pozos, aljibes, manantiales, almacenamiento de agua lluvia, compra o transporte del líquido y en el mejor de los casos se cuenta con acueductos veredales. La confiabilidad de estas alternativas depende de la protección de la fuente, el tratamiento aplicado, la continuidad del servicio y las condiciones de operación y vigilancia sanitaria. Cuando una fuente superficial se utiliza directamente de ríos, quebradas o lagos sin un tratamiento suficiente, pueden aumentar los riesgos asociados con la calidad, especialmente durante lluvias intensas, inundaciones o problemas de saneamiento. Mejorar el abastecimiento, no consiste únicamente en ampliar la infraestructura: también requiere conocer las características de la

fuelle, definir el tratamiento apropiado y mantener adecuadamente los sistemas locales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2010; Ordóñez, 2020).

En las comunidades campesinas, el agua cumple funciones domésticas y productivas que se encuentran estrechamente relacionadas con los medios de vida. Además del consumo y la preparación de alimentos, se utiliza para la higiene, la bebida de animales, el riego, la pesca, la agricultura y otras labores asociadas con la producción familiar. La disponibilidad para estos usos puede reducirse durante la temporada seca o cuando se deteriora la calidad de las fuentes, situación que obliga a distribuir el recurso entre necesidades que no siempre pueden atenderse de manera simultánea. Por esta razón, la gestión local debe considerar tanto los requerimientos domésticos como los productivos y ambientales, de acuerdo con la disponibilidad real de cada fuente (Ordóñez, 2020).

2.2. Disponibilidad y calidad del agua superficial

2.2.1. Disponibilidad y aptitud del agua superficial

La disponibilidad de agua para un uso determinado no depende únicamente del volumen existente en una fuente, sino también de su calidad, variación temporal y condiciones de acceso. Aunque el agua cubre aproximadamente el 70 % de la superficie terrestre, cerca del 97,5 % del agua es salina y solo una fracción reducida de alrededor del 2,5 % corresponde a agua dulce. De esta última, aproximadamente el 68,7% se encuentra en glaciares y casquetes de hielo, el 30,1 % en aguas subterráneas y cerca del 1,2 % en aguas superficiales y otras reservas. Estos porcentajes de agua dulce corresponden a niveles distintos de la distribución de agua, que se calculan respecto del volumen total de agua dulce y no del volumen total de agua del planeta

(Figura 2.1.). Aunque la fracción correspondiente a aguas superficiales es reducida, ríos, lagos y humedales cumplen un papel fundamental en el abastecimiento de la población, las actividades productivas y el funcionamiento de los ecosistemas (Water Science School, 2019; Correa-Assmus, 2022).

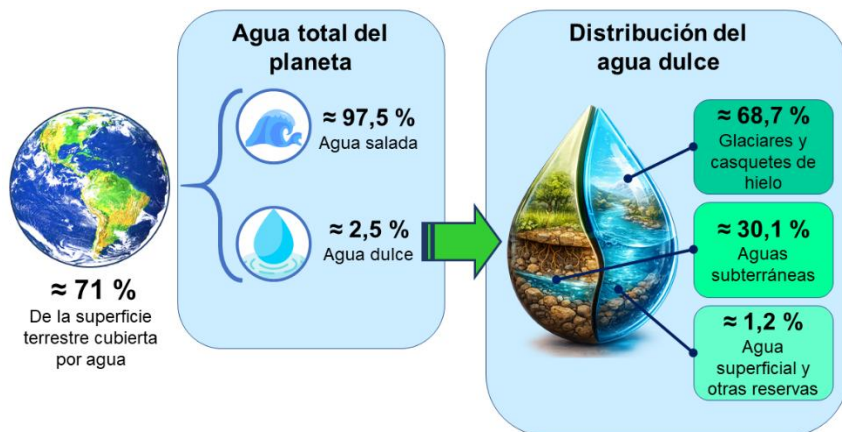


Figura 2.1. Distribución aproximada del agua total y del agua dulce en el planeta. Fuente: elaboración propia con base en Water Science School (2019).

El deterioro de la calidad reduce la cantidad de agua que puede aprovecharse para determinados usos, aun cuando el caudal de la fuente no haya disminuido. La presencia de microorganismos patógenos, materia orgánica, sedimentos, nutrientes o sustancias tóxicas puede limitar su utilización para consumo humano, riego u otras actividades y aumentar los requerimientos de tratamiento. Los efectos también alcanzan a los ecosistemas acuáticos y a las actividades que dependen de ellos, como la pesca. Por esta razón, el control de vertimientos, el saneamiento, la protección de las fuentes y el seguimiento de la calidad deben considerarse de manera

complementaria dentro de la gestión del recurso hídrico ([UNESCO World Water Assessment Programme, 2023](#)).

2.2.2. Calidad del agua, usos y criterios normativos

La aptitud del agua superficial para riego depende de la calidad de la fuente, el cultivo, el suelo, el método de aplicación y las posibles rutas de exposición de trabajadores y consumidores. Cuando un río, caño o quebrada recibe descargas de aguas residuales, su empleo directo en agricultura puede generar riesgos sanitarios, ambientales y productivos, especialmente por la posible presencia de patógenos, materia orgánica y contaminantes químicos. En estos casos debe diferenciarse la captación de una corriente que recibe vertimientos de un esquema formal de uso de aguas residuales, ya que se trata de situaciones con condiciones de manejo y control distintas ([World Health Organization \[WHO\], 2006](#)).

Una práctica extendida en diversos países, incluida Colombia, es el uso de agua superficial para el riego agrícola, especialmente aquella que contiene descargas de aguas residuales. Las directrices de la Organización Mundial de la Salud para el uso de aguas residuales en agricultura plantean un enfoque de barreras múltiples orientado a reducir la exposición. Estas iniciativas buscan diseñar estrategias que reduzcan la mortalidad, especialmente en poblaciones vulnerables como la infantil, al mitigar los impactos asociados con el uso de aguas residuales sin tratar en la producción agrícola. El tratamiento constituye una de las medidas de protección, pero puede complementarse con restricciones según el cultivo, métodos de riego que reduzcan el contacto, periodos previos a la cosecha, medidas de higiene para los trabajadores y prácticas de lavado o cocción de los productos. La combinación de estas acciones depende de las condiciones locales, de las características del agua y de la población

expuesta, por lo que su eficacia debe comprobarse mediante seguimiento operativo y sanitario ([WHO, 2006](#)).

Los riesgos asociados con el riego mediante aguas residuales sin tratamiento han sido documentados desde hace varias décadas. Un caso histórico registrado en Alemania relacionó el uso agrícola de este tipo de aguas con una elevada presencia de infecciones por helmintos entre agricultores y consumidores de vegetales crudos. Aunque las condiciones sanitarias y tecnológicas de ese episodio difieren de las actuales, el antecedente ilustra la importancia de controlar la exposición microbiológica cuando se utilizan aguas contaminadas en la producción agrícola ([González-Carvajal, 2005](#); [Mitchell & Gu, 2010](#))

En Colombia, la captación de aguas superficiales, los vertimientos, el reúso de aguas residuales y el abastecimiento para consumo humano están sujetos a instrumentos normativos diferentes. El Decreto 1076 de 2015 reúne disposiciones relacionadas con la gestión, concesión y control del recurso hídrico; la Resolución 0631 de 2015 establece parámetros y valores límites máximos permisibles para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado, mientras que la Resolución 1256 de 2021 reglamenta el uso de aguas residuales. Para el agua destinada al consumo humano, el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 del mismo año establecen el marco de protección, control y vigilancia y los criterios físicos, químicos y microbiológicos que deben cumplirse. En consecuencia, el origen superficial de una fuente no permite determinar por sí solo su aptitud para un uso determinado; esta debe establecerse a partir de su caracterización, los riesgos identificados y la aplicación de los criterios normativos correspondientes ([Presidencia de la Republica de Colombia, 2007, 2015](#); [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \[MADS\], 2015, 2021](#); [Ministerio de](#)

la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2007).

2.2.3. Monitoreo de la calidad y presión sobre el recurso hídrico

El seguimiento de la calidad del agua requiere diferenciar entre las condiciones observadas directamente en el cuerpo hídrico y las presiones que pueden modificarlo. En Colombia, la evaluación de la calidad del agua superficial y la preocupación por las descargas contaminantes han motivado el desarrollo de instrumentos de monitoreo, como el Índice de Calidad del Agua (ICA) y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) (**Figura 2.2**). El ICA sintetiza variables fisicoquímicas medidas en estaciones de monitoreo y facilita la comparación de sus condiciones entre lugares y periodos. El IACAL en cambio, relaciona cargas contaminantes estimadas para una subzona hidrográfica con la oferta hídrica superficial disponible y permite valorar la presión potencial sobre el recurso. Ambos indicadores cumplen funciones distintas y ninguno sustituye los análisis microbiológicos, toxicológicos, de sedimentos o de contaminantes específicos cuando el propósito de la evaluación los requiere. Las influencias de la contaminación ocasionada por vertimientos de aguas residuales provenientes de diversos sectores económicos, han sido analizadas mediante los resultados del IACAL para los años 2019 y 2020. Este análisis abarcó todas las cuencas hidrográficas del país, proporcionando información esencial sobre el estado de los recursos hídricos y los efectos de la actividad humana sobre ellos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2023).

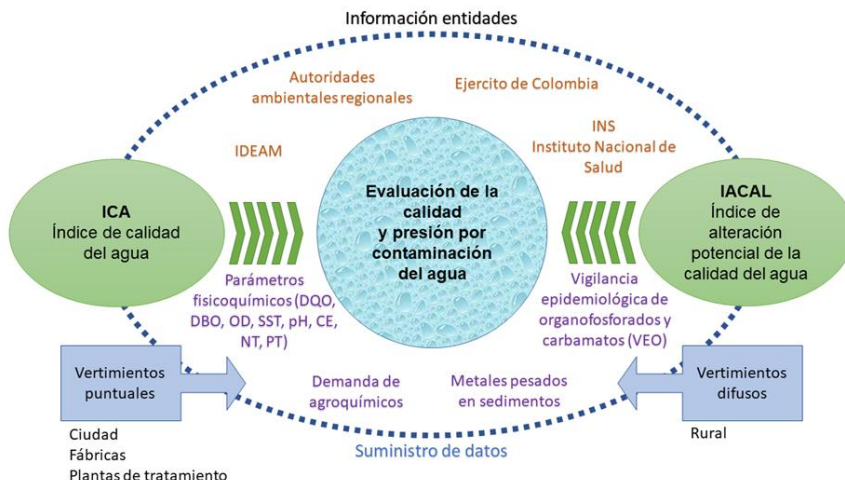


Figura 2.2. Índices hídricos para la evaluación de la calidad y presión por contaminación del agua. Fuente: elaboración propia, información tomada de IDEAM (2023).

La selección de los parámetros para evaluar la calidad del agua se define según los objetivos del plan de trabajo de cada estación o punto de monitoreo de la fuente hídrica. Una captación destinada al consumo humano no se evalúa bajo los mismos criterios que un tramo de río sometido a vertimientos, una ciénaga utilizada para pesca o un canal de riego. Los objetivos del monitoreo pueden abarcar desde la obtención de información básica sobre la calidad del agua hasta respaldar proyectos específicos relacionados con el aprovechamiento del recurso para su uso en riego, consumo humano, ganadería, conservación de la fauna o actividades recreativas. Además, las características del cuerpo de agua a analizar condicionan no solo los parámetros a evaluar, sino también las técnicas de muestreo. La metodología para tomar muestras varía significativamente entre

pequeños arroyos de baja profundidad y grandes cuerpos de agua, como ríos, lagos o represas, debido a sus diferencias en escala y dinámica (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales & Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis [IDEAM & INVEMAR], 2021; Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2020).

El monitoreo de la calidad del agua superficial es fundamental para evaluar las condiciones de los sistemas acuáticos, tanto en cuerpos estancados como flujos continuos en movimiento, en los puntos definidos para este propósito. Este proceso incluye el análisis de características fisicoquímicas y biológicas del agua, cuyos resultados se documentan en informes destinados a la evaluación, seguimiento y control del recurso hídrico. Variables como temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto pueden cambiar rápidamente y suelen medirse *in situ*, mientras que los sólidos, la materia orgánica, los nutrientes, los microorganismos, los iones, los metales y otros compuestos requieren procedimientos analíticos específicos. La **Tabla 2.1.**, reúne grupos de parámetros utilizados con frecuencia en la evaluación de aguas superficiales; no constituye una lista obligatoria para todos los cuerpos de agua, ya que la selección final depende del uso, de las presiones identificadas, de los objetivos del seguimiento y de la normativa aplicable (IDEAM & INVEMAR, 2021; OMM, 2020).

Tabla 2.1. *Parámetros básicos para el monitoreo de calidad del agua superficial.* Fuente: Información tomada de [IDEAM & INVEMAR \(2021\)](#), y [Organización Meteorológica Mundial \[OMM\] \(2020\)](#).

Parámetro	Variables
Físicos	Turbidez, sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT), color (UPC) y transparencia.
Materia orgánica	Demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅), carbono orgánico total (CO).
Microbiológico	Coliformes totales, coliformes termotolerantes (antes fecales), <i>Escherichia coli</i> .
Variable in situ	pH, temperatura (°C), conductividad eléctrica, oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno, turbidez (UNT), caudal, nivel.
Nutrientes	Nitrógeno total, nitrógeno orgánico, nitrógeno total Kjeldahl (NTK), nitrato, nitrito, nitrógeno amoniacal, fósforo total.
Metales pesados	Plomo, hierro, cobre, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cromo, manganeso, mercurio, níquel, selenio, zinc.
Principales iones, compuestos salinos en solución	Alcalinidad, dureza, cloruro, calcio, sulfato, magnesio, sodio, potasio.

El seguimiento de contaminantes como plaguicidas, metales pesados y uso de mercurio e hidrocarburos requiere información que permita relacionar las actividades presentes en la cuenca con la posible llegada de estos contaminantes a las fuentes hídricas. Los registros de comercialización de insumos, vigilancia de intoxicaciones o incautaciones pueden servir como indicios de determinadas presiones, pero no permiten establecer por sí solos la concentración o la carga presente en el agua. Para ello se necesitan muestreos representativos, análisis de agua o sedimentos y una adecuada localización de las actividades y fuentes potenciales de contaminación.

Mucha de esta información se basa en plataformas de vigilancia y en datos proporcionados por el Ejército Nacional de Colombia, que reporta información sobre la cantidad de mercurio incautado. Sin embargo, estos estudios no incluyen estimaciones sobre la carga potencial de mercurio en el suelo y en las fuentes hídricas. Desde la implementación del Convenio de Minamata en 2017, que prohíbe el uso de mercurio en la extracción legal de oro, se ha observado una falta de bases de datos oficiales actualizadas que permitan una evaluación más precisa. Estos estudios reflejan el impacto de los agroquímicos en las prácticas agrícolas y sus posibles repercusiones en la calidad del agua y los ecosistemas hídricos (IDEAM, 2023; IDEAM & INVEMAR, 2021).

Para 2020, las cargas netas vertidas a los sistemas hídricos superficiales de Colombia se estimaron en 1.389.462 t/año de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y 4.517.890 t/año de Demanda Química de Oxígeno (DQO) (**Figura 2.3.**). La diferencia entre ambos indicadores, utilizada por el IDEAM como aproximación de la fracción no biodegradable, corresponde a cerca de 3.128.428 t/año. Esta diferencia evidencia una presión considerable asociada con compuestos de menor biodegradabilidad, especialmente en subzonas con alta concentración de población y actividad industrial. Estas cargas representan estimaciones de presión contaminante y no mediciones directas de materia orgánica en la totalidad de los ríos colombianos. De estas, la industria fue identificada como la principal fuente de contaminación orgánica, destacando su impacto en la calidad del agua a nivel nacional, mientras el componente poblacional concentró la mayor participación en la carga de sólidos suspendidos totales (SST). En conjunto, la carga estimada de SST alcanzó aproximadamente 1.350.208 toneladas anuales. En el departamento de Córdoba, la subzona hidrográfica del Bajo Sinú se encuentra entre las áreas con mayor presión por estas cargas, lo que justifica priorizar

el saneamiento, el control de vertimientos y el seguimiento de la calidad del agua superficial. Estas cargas se asocian con actividades domésticas, industriales y productivas, por lo que su control requiere mejorar el tratamiento de aguas residuales, fortalecer el seguimiento de vertimientos y priorizar acciones de reducción de cargas en las áreas de mayor presión (IDEAM, 2023).

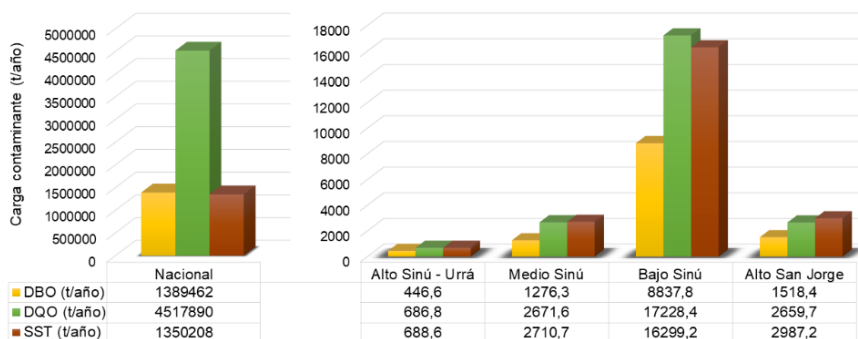


Figura 2.3. Evaluación de la calidad de las corrientes hídricas a nivel nacional y en el departamento de Córdoba de acuerdo a las cargas contaminantes año 2020. Fuente: elaboración propia, datos tomados de IDEAM (2023).

Aunque existen datos disponibles para evaluar la calidad de agua a través de la red nacional de monitoreo, la información sigue siendo insuficiente a nivel nacional, a pesar de los esfuerzos por fortalecer las redes regionales. En los análisis se distingue entre el “estado” del agua, que se refiere a sus condiciones físicas, químicas y biológicas, y la “presión”, relacionada con los vertimientos originados por actividades humanas y productivas. En Colombia, los aportes provenientes de la población, la industria, el sacrificio de ganado y el beneficio del café

generan cargas significativas de materia orgánica que pueden llegar a los cuerpos de agua (IDEAM, 2023).

La contaminación de ríos, humedales y otros ecosistemas acuáticos no se limita a los vertimientos de líquidos. En estos ambientes también pueden acumularse envases, plásticos, materiales de caucho y otros residuos sólidos, junto con sustancias procedentes de actividades domésticas, industriales y agropecuarias. Entre los contaminantes de interés se encuentran nutrientes, plaguicidas, los hidrocarburos, los medicamentos y los productos de cuidado personal. Estos pueden llegar a las fuentes hídricas mediante descargas, escorrentía o disposición inadecuada de residuos y, según sus características, permanecer en el agua, incorporarse a los sedimentos o desplazarse hacia otros sistemas conectados. Por esta razón, los parámetros de seguimiento deben seleccionarse de acuerdo con las actividades desarrolladas en la cuenca, las fuentes de presión identificadas y el propósito del monitoreo (Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales [IDEAM], 2016, 2023; IDEAM & INVEMAR, 2021).

2.2.4. Fuentes superficiales y abastecimiento de agua en Córdoba

El departamento de Córdoba, ubicado en la región Caribe, cuenta con un sistema hídrico superficial estructurado principalmente por las cuencas de los ríos Sinú, San Jorge y Canalete, además de sistemas costeros, estuarinos, ciénagas, caños y humedales asociados. El río Sinú constituye uno de los ejes hidrográficos más importantes del departamento; nace en el Nudo de Paramillo y desemboca en el sector los Tinajones, en el mar Caribe. Su longitud varía según el criterio cartográfico e hidrográfico utilizado. Algunas fuentes institucionales, como el Banco de la República, reportan valores de alrededor de 350 km de recorrido, mientras que otras fuentes citadas como el reporte

técnico de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA], con base en información de la CVS, registra un recorrido cercano a 438 km para la cuenca del río Sinú. En su trayecto, el río articula una compleja red de tributarios, caños, ciénagas y zonas inundables que cumplen funciones de regulación hídrica, amortiguaciones de crecientes, conectividad ecológica y soporte para actividades agropecuarias, pesqueras y domésticas en el valle del Sinú ([Acosta, 2013](#); [Banco de la República, s. f.](#); [ANLA, 2020](#)).

Por otro lado, en la margen derecha se encuentra uno de los sistemas cenagosos más representativos del departamento, el complejo de la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, situado entre los municipios de Lorica y Chimá al este, y al sur Lorica y Cotorra. Este complejo incluye importantes reservorios como la Ciénaga Grande, El Playón, Tabacal, Massi, El Quemado y Castañuela, los cuales, junto con áreas pantanosas y pequeños caños, abarcan aproximadamente 38.000 hectáreas. En Córdoba, las fuentes superficiales han sido tradicionalmente el principal recurso para el abastecimiento de agua. Sin embargo, la creciente escasez y deterioro de su calidad han impulsado el uso de aguas subterráneas como una alternativa viable, debido a su calidad superior y al menor costo de tratamiento. Este recurso es especialmente importante para garantizar el suministro en zonas rurales y urbanas ([INGEOMINAS, 2003](#)).

Los sistemas de acueducto del departamento recurren a fuentes superficiales, subterráneas o a combinaciones de ambas. Según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios) y el Plan Departamental de Agua (PDA), la prestación de servicios de agua potable y saneamiento en el departamento de Córdoba enfrenta múltiples desafíos asociados a la calidad y disponibilidad de las fuentes hídricas utilizadas, en especial en zonas rurales. Los municipios de Lorica, Purísima, Chimá, Tuchín, San Andrés

de Sotavento, San Antero, Cereté, San Pelayo, Cotorra, Montería, entre otros, se abastecen principalmente de aguas superficiales como el río Sinú; municipios como Ayapel, Sahagún, Buenavista, La Apartada, San Bernardo del Viento, Moñitos, Momil, Planeta Rica, Canalete, entre otros, se abastecen de fuentes superficiales y subterráneas, que incluyen el río San Jorge, río San Pedro, diversas ciénagas y embalses, además de pozos profundos en zonas rurales. Debido a que las fuentes, sistemas y configuraciones de operación pueden modificarse con nuevas obras o decisiones de los prestadores, la **Tabla 2.2.** se presenta como una relación de casos documentados y no como un inventario completo de los municipios del departamento ([Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios \[Superservicios\], s. f.; Aguas de Córdoba S. A. E. S. P., 2022](#)).

Tabla 2.2. *Síntesis de fuentes hídricas de abastecimiento para los sistemas de acueducto en el departamento de Córdoba.* Fuente: información tomada de [Superservicios \(s. f.\); Aguas de Córdoba S. A. E. S. P. \(2022\)](#).

Tipo de fuente	Fuente hídrica de abastecimiento	Municipio o ámbito de abastecimiento
Superficial	Río Sinú, sistema regional del Alto Sinú	Tierralta, Valencia
	Río Sinú, sistema regional del Medio Sinú	Cereté, San Pelayo, Ciénaga de Oro, San Carlos y Sahagún
	Río Sinú, región centro	Montería
	Río Sinú, captaciones del Bajo Sinú	Lorica, Cotorra, San Bernardo del Viento
	Río San Jorge y afluentes (río San Pedro)	Montelibano, Puerto Libertador
	Ciénaga	San Jerónimo de Ayapel
	Embalses, arroyo	Los Córdoba, Moñitos, Planeta Rica, Puerto Escondido, Canalete
Subterránea	Pozo Profundo	Chinú, Pueblo Nuevo, La Apartada, Buenavista

2.3. Impactos ambientales y socioeconómicos asociados al uso de agua superficial

2.3.1. Vulnerabilidad socioeconómica, acceso y demanda de agua

Los efectos de la escasez o del deterioro del agua no se distribuyen de la misma manera entre los hogares rurales. La capacidad para afrontar una sequía, una inundación o una interrupción del abastecimiento está condicionada por las características socioeconómicas de la población, el acceso a servicios e infraestructura los recursos disponibles para responder y adaptarse. Cuando estas capacidades son limitadas y los medios de vida dependen de actividades sensibles al clima, las afectaciones pueden reflejarse en la producción agropecuaria, la pesca, los ingresos familiares y la seguridad básica hídrica. Por esa razón, el análisis de los impactos ambientales sobre el recurso hídrico debe considerar no solo el acontecimiento de determinado evento, sino también el nivel de vulnerabilidad y la capacidad de respuesta de las poblaciones afectadas ([Intergovernmental Panel on Climate Change \[IPCC\], 2022](#)).

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026 establece prioridades clave relacionadas con la gestión hídrica. En primer lugar, resalta la necesidad de ordenar el territorio en torno al agua para garantizar la sostenibilidad de las actividades humanas. En segundo lugar, identifica que la falta de reconocimiento del agua como un derecho fundamental hace que se generen conflictos socioambientales significativos, y finalmente, subraya la importancia de un ordenamiento territorial basado en justicia ambiental, con el fin de disminuir las desigualdades asociadas a las cargas de contaminación y a la distribución inequitativa de los beneficios y riesgos ambientales. De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua 2022, el análisis de la disponibilidad debe realizarse a escala territorial, relacionando la

oferta con las demandas y presiones existentes, y no únicamente a partir de los valores agregados nacionales ([Departamento Nacional de Planeación, 2023](#); [IDEAM, 2023](#)).

De acuerdo con las estimaciones del IDEAM, en el año 2020, el sector de la agricultura concentró cerca del 43,3 % de la demanda hídrica multisectorial de Colombia, lo que se posiciona el sector como el principal usuario del agua a escala nacional. Este porcentaje corresponde al volumen demandado y no necesariamente al consumo neto o pérdida definitiva del recurso, dado que una parte del recurso hídrico utilizado, particularmente en la generación hidroeléctrica, puede retornar al sistema hídrico. Tampoco resulta adecuado trasladar este promedio nacional a una comunidad particular, debido a que la presión sobre cada fuente depende de la demanda local, la oferta disponible y su comportamiento durante los periodos secos o lluviosos. Las diferencias frente a estimaciones de años anteriores deben analizarse considerando los cambios en las fuentes de información, la cobertura de registros y los procedimientos aplicados para calcular la demanda de cada sector ([IDEAM, 2023](#)).

2.3.2. Presiones territoriales y alteraciones de los sistemas hídricos

Las cargas contaminantes representan una presión relevante sobre los sistemas hídricos superficiales, especialmente en cuencas donde coinciden centros poblados, actividades industriales y usos agropecuarios. El aumento de la materia orgánica, los sólidos suspendidos, los plaguicidas y otros contaminantes pueden disminuir y modificar las condiciones del cuerpo receptor como el oxígeno disponible, alterar los hábitats acuáticos, elevar los costos de tratamiento y limitar el aprovechamiento del agua para consumo, riego, pesca u otros usos, particularmente cuando sus aportes coinciden con periodos de bajo caudal. Estas afectaciones pueden

intensificarse cuando la transformación de humedales, la ocupación de riberas y los cambios en el uso del suelo reducen la capacidad natural de regulación y depuración de los ecosistemas. A ello se suma la variabilidad climática, que durante los periodos secos puede disminuir los caudales y aumentar la concentración de contaminantes, mientras que las lluvias intensas favorecen el arrastre de sedimentos y sustancias desde las áreas intervenidas ([Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales \[IDEAM\], 2023; WWF Colombia, s. f.](#)).

No obstante, proporcionar una cantidad adecuada de agua para poder satisfacer las necesidades básicas enfrenta dificultades debido a la distribución desigual del recurso hídrico en el país, lo que afecta la garantía del Derecho Humano al Agua (DHA). Como antecedente, el Estudio Nacional del Agua 2018 identificó 53 subzonas hidrográficas con alta vulnerabilidad al desabastecimiento en condiciones normales, aumentando a 85 durante períodos de sequía. Estos resultados mostraron que la elevada oferta hídrica nacional podía coexistir con dificultades de abastecimiento a escala territorial. En 2018, 24 departamentos experimentaron escasez de agua, de los cuales 9 de ellos presentaron problemas en al menos la mitad de sus municipios: San Andrés y Providencia, La Guajira, Magdalena, Bolívar, Cesar, Tolima, Quindío, Valle del Cauca y Santander ([IDEAM, 2019](#)).

La construcción de represas y otras obras de regulación construidas sobre ríos, caños y quebradas pueden contribuir a la generación hidroeléctrica, la regulación de caudales, almacenamiento de agua para abastecimiento y riego, y suministro para distintos usos. Estas infraestructuras también pueden favorecer actividades como la pesca y la recreación; sin embargo, su funcionamiento modifica la dinámica natural de los sistemas fluviales. Entre los cambios asociados se encuentra la interrupción de la conectividad longitudinal del río, la

retención de sedimentos y nutrientes, la alteración de los pulsos de inundación y la reducción de la comunicación entre el cauce principal, las llanuras inundables y las ciénagas. Sus efectos varían según el diseño de la obra, las reglas de operación, la magnitud de la regulación y las características de la cuenca. Entre los impactos documentados se encuentran obstáculos para la migración de peces, cambios en la disponibilidad de hábitat y nutrientes, procesos de erosión aguas abajo y alteración de actividades pesqueras. De manera similar, los diques, rellenos y canales de drenaje también pueden reducir la capacidad de los humedales para almacenar agua y amortiguar crecientes. Por esta razón, la evaluación de estas intervenciones debe considerar conjuntamente sus beneficios, impactos acumulativos y medidas de manejo, seguimiento y compensación ([Andrade-Pérez et al., 2018](#); [ANLA, 2020](#)).

Además de las obras de regulación, las transformaciones en el uso y la cobertura del suelo pueden modificar el comportamiento hidrológico de una cuenca, al incidir en la forma como el agua se distribuye entre la escorrentía, la infiltración y los otros componentes del balance hídrico. En un estudio realizado en la cuenca del río Canalete, el análisis de diferentes escenarios de cobertura permitió identificar variaciones en los caudales y en la dinámica hídrica asociada con las transformaciones del territorio. Estos resultados aportan elementos para orientar el ordenamiento ambiental y evaluar con mayor cuidado las intervenciones sobre áreas rurales y zonas vinculadas con la red de drenaje. No obstante, los cambios observados no deben atribuirse únicamente al uso del suelo, pues también intervienen las condiciones climáticas y otras características propias de la cuenca ([Moreno Vega et al., 2020](#)).

2.3.3. Transformación de humedales, conflictos hídricos y medios de vida

En Colombia, una proporción significativa de aproximadamente el 25 % de los humedales ha sufrido modificaciones significativas, atribuibles a factores como la erosión, el cambio climático, modificación del régimen hídrico y actividades antropogénicas, entre las que destacan la ganadería, la agricultura, la minería y la urbanización. Estos cambios responden en gran medida, a una inadecuada gestión de los recursos naturales y a la adopción de prácticas económicas no sostenibles, como el desarrollo de cultivos temporales, que generan impactos negativos en estos ecosistemas, reduciendo su capacidad para regular inundaciones, purificar el agua y mantener la biodiversidad, comprometiendo su función como ecosistemas estratégicos (Camacho Cubillos, 2020).

Los estudios espaciales identifican cambios asociados principalmente con actividades ganaderas y agrícolas y, en menor proporción, con minería, urbanización e infraestructura; sin embargo, las proporciones publicadas corresponden a categorías y unidades de análisis que no siempre son directamente comparables. Cerca del 95 % de las alteraciones en los humedales de Colombia están relacionadas a actividades ganaderas, que representan aproximadamente el 63,7 % de estas transformaciones. La deforestación, con cerca del 16 %, y la expansión de la agricultura, con cerca del 15,3 %, también contribuyen significativamente a las afectaciones. En los humedales permanentes bajo dosel, la deforestación es la principal causa de pérdida de área, representando cerca del 47 %, mientras que, en los humedales abiertos, la minería ocupa el segundo lugar, afectando aproximadamente 2.544 hectáreas, cerca del 26 % del área impactada. Más que establecer un único porcentaje nacional, estos trabajos permiten reconocer áreas donde la modificación de la cobertura y la pérdida de conectividad pueden comprometer funciones relacionadas con el almacenamiento temporal de agua, la retención de sedimentos y la disponibilidad de

hábitat para especies acuáticas (Patiño, 2016; Patiño & Estupiñán-Suárez, 2016).

El Caribe colombiano destaca por albergar algunos de los sistemas cenagosos más representativos del país, lo que lo convierte en una de las regiones con mayor concentración de humedales. Entre los sistemas representativos de la región se encuentran la Ciénaga Grande del Bajo Sinú y la Ciénaga de Ayapel, cuyos recursos tienen importancia ambiental, alimentaria y económica para las comunidades asentadas en sus alrededores. Estos humedales desempeñan funciones relevantes en la dinámica hídrica regional, ya que almacenan temporalmente grandes volúmenes de agua, moderan las crecientes, regulan los caudales y favorecen la retención de sedimentos. La conexión que mantienen con ríos y caños también contribuye al intercambio de agua y nutrientes, al mantenimiento de hábitats para numerosas especies y al sostenimiento de actividades como la pesca artesanal. Además, los humedales albergan una biodiversidad valiosa que aporta beneficios económicos y de bienestar a las poblaciones locales (Salazar Mejía, 2011; Aguilera Díaz, 2011).

En las subzonas del Medio y Bajo Sinú se han evidenciado alteraciones en el uso del suelo y de las conexiones hidráulicas de fuentes como caños, ciénagas y cauces principales cuyos objetivo tiene como fin surtir el riego de la expansión agropecuaria que genera modificaciones en la dinámica natural de los humedales. Estas presiones inciden en la calidad y disponibilidad del agua, reducen la capacidad de regulación hídrica de los complejos cenagosos y aumentan la vulnerabilidad de ecosistemas estratégicos como la Ciénaga Grande del Bajo Sinú y la Ciénaga de Betancí. De acuerdo con el reporte técnico de la ANLA para las subzonas hidrográficas del río Sinú y Alto San Jorge, los principales conflictos hídricos identificados se relacionan con el manejo inadecuado de aguas residuales, el uso de agroquímicos, la desecación

de humedales, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, las alteraciones del régimen hidrológico asociadas a la operación de la central hidroeléctrica Urrá y la presión creciente sobre fuentes superficiales y subterráneas (ver **Tabla 2.3.**). Estos elementos evidencian la necesidad de fortalecer el ordenamiento ambiental de la cuenca, la restauración de humedales, la protección de rondas hídricas y el monitoreo integral de la calidad y cantidad del agua ([Autoridad Nacional de Licencias Ambientales \[ANLA\], 2020](#)).

La **Tabla 2.3.**, sintetiza los principales conflictos identificados en el diagnóstico regional de la cuenca del río Sinú y los factores asociados señalados por la ANLA. La información debe interpretarse como una síntesis regional y no como una relación causal aplicable de manera uniforme a todos los sectores de la cuenca ([ANLA, 2020](#)).

Tabla 2.3. *Principales conflictos hídricos y factores asociados reportados para la cuenca del río Sinú.* Fuente: elaboración propia con base en [ANLA \(2020\)](#).

Conflicto hídrico identificado	Principales factores asociados
Alteración de la calidad del agua en ecosistemas lóticos	Vertimientos domésticos e industriales, manejo inadecuado de aguas residuales domésticas y aporte de contaminantes derivados de actividades agrícolas.
Pérdida y degradación de humedales y conectividad	Deseccación de áreas inundables, expansión de la frontera agrícola y ganadera, y ocupación de zonas de amortiguación natural.
Modificación del régimen hidrológico del río Sinú	Cambios de la dinámica de caudales asociados a la operación de la central hidroeléctrica Urrá y a intervenciones sobre la red hídrica.
Deterioro de la calidad del agua en ciénagas y sistemas conectados	Entrada de aguas contaminadas a través de caños, canales y drenajes que

	comunican áreas productivas con cuerpos de agua lénticos.
Baja disponibilidad de agua para usos domésticos y actividades productivas	Aumento de la demanda por crecimiento poblacional y actividades agropecuarias, y disminución de caudales especialmente durante periodos secos.
Presión sobre las aguas subterráneas.	Disminución de la recarga, compactación del suelo y mayor dependencia de fuentes subterráneas ante el deterioro o escasez de fuentes superficiales.

Las ciénagas también sostienen actividades productivas y formas de subsistencia vinculadas con la pesca artesanal, por lo que su deterioro puede tener repercusiones que trascienden el comportamiento ecológico. En el área de influencia de la Ciénaga Grande del bajo Sinú, un estudio reciente realizado en el municipio de Momil identificó afectaciones ambientales relacionadas con erosión, salinización, cambios en la cobertura y deterioro del cuerpo de agua, junto con repercusiones sobre las actividades productivas y las condiciones socioeconómicas de la población. Los resultados mostraron que las transformaciones del humedal deben analizarse considerando conjuntamente sus efectos ambientales y las condiciones de las familias que dependen de sus recursos, particularmente cuando los cambios afectan la pesca y la seguridad alimentaria (Albonis Pastrana et al., 2024).

2.4. Resiliencia hídrica frente al cambio climático

2.4.1. Cambio climático, variabilidad hidrológica y riesgos para el agua

El cambio climático está modificando el ciclo hidrológico y, con ello, las condiciones bajo las cuales se distribuye y almacena el agua. El calentamiento influye en la precipitación, la evapotranspiración, la

humedad del suelo, la escorrentía y otros componentes del balance hídrico, aunque la dirección y magnitud de los cambios varían entre regiones. Al mismo tiempo, el aumento de la frecuencia o intensidad de determinados extremos puede agravar los problemas asociados con sequías, lluvias intensas e inundaciones. En los sistemas hídricos, estos cambios no deben analizarse únicamente como variaciones del volumen disponible, debido a que también pueden repercutir en la calidad del agua y en la confiabilidad de las fuentes utilizadas por la población y las actividades productivas ([Intergovernmental Panel on Climate Change \[IPCC\], 2021, 2022](#)).

En Colombia, la variabilidad climática interanual también influye sobre el comportamiento de las fuentes hídricas. Los eventos climáticos como El Niño y La Niña pueden modificar temporalmente el régimen de lluvias y favorecer condiciones más secas o más húmedas, con respuestas diferentes según la región y la cuenca. Estos fenómenos deben distinguirse de las tendencias de cambio climático de largo plazo, aunque ambos procesos puedan coincidir en un mismo periodo. Por esta razón, el análisis hidrológico requiere series suficientemente extensas que permitan comparar niveles y caudales entre años, reconocer la variabilidad natural y evitar atribuir a una tendencia climática cambios que puedan corresponder a oscilaciones interanuales ([Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales \[IDEAM\] et al., 2017; IPCC, 2021](#)).

El análisis de indicadores climáticos realizado por el IDEAM para el periodo 1981–2020 identificó tendencias de aumento de la temperatura en diferentes zonas de Colombia, aunque su magnitud y significancia estadística variaron según el indicador y la ubicación analizada. Para la precipitación se observaron comportamientos espaciales menos uniformes, con diferencias entre regiones y estaciones de seguimiento. Posteriormente, los escenarios de cambio

climático elaborados para la Cuarta Comunicación Nacional incorporaron proyecciones de temperatura y precipitación a escala departamental, lo que amplió la información disponible para examinar posibles condiciones climáticas futuras. En Córdoba, estos antecedentes constituyen una referencia para analizar cómo los cambios en la temperatura y en la distribución estacional de las lluvias pueden incidir sobre las condiciones de uso y disponibilidad de ríos, caños, ciénagas y otras fuentes superficiales de las que dependen las comunidades rurales (Ruiz et al., 2025; IDEAM, 2026).

2.4.2. Efectos sobre la disponibilidad de agua y los sistemas productivos rurales

Los cambios en la temperatura, la precipitación y la duración de los periodos secos pueden modificar la disponibilidad de agua para las actividades agropecuarias y las necesidades de riego. En sistemas productivos que dependen de lluvias estacionales o de captaciones superficiales, una disminución temporal de la oferta puede afectar los calendarios de cultivo, la humedad del suelo y el agua disponible para animales y cultivos. Durante estos periodos, el uso de otras fuentes o el aumento de las extracciones puede reducir la presión sobre una captación determinada, pero también generar nuevas exigencias sobre acuíferos, reservorios u otros sistemas sino se consideran su disponibilidad, capacidad de almacenamiento y, cuando corresponda, sus condiciones de recarga. Por ello, las medidas de adaptación hídrica deben definirse según las características de cada territorio, las actividades productivas y las fuentes disponibles, en lugar de asumir una respuesta única para todos los sistemas rurales (IPCC, 2022).

Las variaciones en los patrones de lluvia y en la temperatura debido al cambio climático están modificando las demandas de agua, impactando significativamente en la economía agrícola a nivel global.

Durante períodos de sequía, las comunidades que residen en áreas afectadas por escasez hídrica, suelen recurrir a la explotación de reservas subterráneas, agotando especialmente aquellas de menor tamaño y profundidad para cubrir sus requerimientos. Paralelamente, en la agricultura de riego, el aumento de la evaporación y transpiración por las altas temperaturas incrementa la necesidad de riego, ejerciendo un impacto directo en los flujos de agua de los ecosistemas de agua dulce; mientras que las alteraciones en la estacionalidad de las lluvias dificultan las actividades agrícolas sostenibles y exacerban la vulnerabilidad de las comunidades rurales ([World Wildlife Fund \[WWF\], 2019](#)).

2.4.3. Adaptación basada en ecosistemas y fortalecimiento de la resiliencia hídrica

La crisis climática que se enfrenta en la actualidad ha provocado un aumento prolongado de sequías, inundaciones devastadoras y una creciente escasez de recursos hídricos a nivel mundial, lo que ha llevado a priorizar la preservación de los ecosistemas de agua dulce en los procesos de toma de decisiones sobre gestión hídrica. Así, el Banco Mundial enfatiza que los ecosistemas deben considerarse una prioridad en el desarrollo de los recursos hídricos, dada su capacidad para amortiguar los efectos del cambio climático, el cual, desde una perspectiva de salud pública, tiene el potencial de incidir en la propagación de enfermedades infecciosas, muchas de las cuales son transmitidas a través del agua. Las transformaciones en el uso del suelo, el aumento en la demanda de agua para actividades urbanas y agrícolas, así como las prácticas de explotación intensiva pueden comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas de agua dulce. Por ello, las soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de humedales y manglares, junto con la gestión sostenible del recurso

hídrico, deben incorporarse como medidas estratégicas para fortalecer la resiliencia de comunidades vulnerables (WWF, 2019).

El análisis de la resiliencia hídrica requiere distinguir los componentes que intervienen en la configuración del riesgo y la manera en que se relacionan con la adaptación y la capacidad de respuesta, como se sintetiza en la **Figura 2.4**. El peligro climático corresponde a la posible ocurrencia de un evento o tendencia capaz de causar daños; la exposición se refiere a la presencia de personas, actividades, infraestructura o ecosistemas en lugares susceptibles de afectación; y la vulnerabilidad comprende las condiciones que aumentan la sensibilidad al daño o limitan la capacidad para afrontarlo y adaptarse. Las medidas de adaptación pueden reducir la exposición y la vulnerabilidad y fortalecer la capacidad de respuesta frente a perturbaciones. En este marco, la resiliencia expresa la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ecológicos para afrontar eventos adversos, reorganizarse y mantener sus funciones esenciales, conservando al mismo tiempo posibilidades de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2022).



Figura 2.4. Relación entre peligro climático, exposición, vulnerabilidad, adaptación y resiliencia hídrica. Fuente: elaboración propia con base en IPCC (2022).

2.5. El rol de la comunidad y la educación en la gestión sostenible del agua

La gestión sostenible del agua depende en gran medida de la participación activa de las comunidades rurales y urbanas, de la educación ambiental y del reconocimiento de los saberes locales y ancestrales. Asimismo la participación comunitaria aporta información sobre usos, cambios estacionales, puntos de contaminación, conflictos y prácticas de manejo que no siempre aparecen en los registros institucionales, además la experticia ligada a conocimientos ancestrales o de conocimientos ecológicos tradicionales no solo fortalecen la comprensión del valor social y productivo del recurso hídrico, sino que permiten a las comunidades

participar en la identificación de problemas mediante el dialogo de saberes, el monitoreo de fuentes, la protección de ecosistemas y la adopción de prácticas de uso responsable.

En el caso particular del Caribe colombiano, se distingue por una gran diversidad de humedales, manglares y lagunas costeras, entre otros recursos hídricos, que desempeñan un papel crucial en la provisión de servicios productivos y ambientales, en donde las comunidades han demostrado históricamente un profundo entendimiento de los ecosistemas acuáticos. Un ejemplo destacado es el sistema ancestral desarrollado por la cultura Zenú, vigente durante más de dos mil años, el cual lo constituye como un referente de adaptación territorial al agua. Este modelo de agricultura anfibia integró la pesca y el cultivo mediante una compleja red de canales dispuestos en patrones funcionales, como espinas de pescado, cuadrículas y abanicos, diseñados para optimizar la productividad agrícola y regular el flujo de agua durante inundaciones, al igual de proteger las viviendas de fenómenos extremos. Este sistema demuestra cómo la acción comunitaria puede ser un eje central en la gestión sostenible del recurso hídrico, integrando tecnología adaptativa y conocimientos colectivos ([Jaramillo-Villa et al., 2015](#); [Ortiz-Guerrero et al., 2006](#)).

No obstante, las prácticas como la deforestación en las riberas, drenaje de ecosistemas inundables, construcción de infraestructuras como represas y diques, entre otros aspectos, han ocasionado fuertes amenazas en la biodiversidad y sostenimiento de los humedales costeros ([Andrade-Pérez et al., 2018](#)). En algunas fincas rurales, la disponibilidad de agua obliga a distribuir el recurso hídrico entre las necesidades del hogar y las actividades productivas, siendo la ganadería unas de las actividades con mayor prioridad, mientras que el riego de pequeños cultivos continúa dependiendo en buena medida de las lluvias, debido a que la conducción y distribución del agua pueden resultar costosas para los productores. Asimismo, el acceso al

agua potable también está condicionado por la capacidad económica de las familias cuando deben recurrir a la compra de agua embotellada. A estas dificultades se suman las limitaciones para formular y financiar proyectos, especialmente cuando no se han evaluado previamente las necesidades de la población y las fuentes de abastecimiento, o cuando los plazos administrativos no permiten realizar los estudios requeridos (Ordóñez, 2020).

Además de participar en la identificación de problemas y en la definición de acuerdos de manejo, las comunidades pueden contribuir a la producción de información sobre las fuentes de agua. Sus observaciones permiten reconocer cambios estacionales, conflictos de uso y puntos de deterioro que no siempre quedan registrados por las redes institucionales. Este trabajo resulta más útil cuando se articula con autoridades, universidades y prestadores ya que se establecen previamente los propósitos del seguimiento y se acuerda la manera de compartir, analizar y utilizar los resultados obtenidos por personal capacitado desde un enfoque científico-comunitario. (UNESCO World Water Assessment Programme, 2023; IDEAM & INVEMAR, 2021).

En la Ciénaga Grande del bajo Sinú, las dificultades para conservar el humedal no pueden explicarse únicamente por el nivel de conocimiento ambiental de sus habitantes. En el territorio también coinciden cambios en la cobertura del suelo, contaminación y actividades productivas de las que dependen numerosas familias ribereñas. Los estudios realizados con pobladores de la zona muestran que existe reconocimiento de la importancia natural, cultural y económica de la ciénaga y que parte de la formación ambiental se ha desarrollado mediante cursos comunitarios y espacios escolares. Por esta razón, las acciones educativas pueden resultar más útiles cuando se relacionan con problemas concretos del territorio, promueven la participación de la población y se acompañan de alternativas que

permitan conciliar la protección del humedal con necesidades de las familias (Burgos Doria, 2015; Camacho Cubillos, 2020; Albonis Pastrana et al, 2024).

2.6. Conclusiones y comentarios finales

Actualmente la existencia de fuentes hídricas no garantiza por sí sola un abastecimiento suficiente, continuo y adecuado para la población humana ya que su excesivo uso y elevada contaminación agotan las fuentes mucho más rápido de lo que tarda la tierra tarda en depurarla. Así la posibilidad de utilizar estas fuentes depende de su calidad, de los cambios entre temporadas secas y lluviosas, de las condiciones de captación y de la capacidad local para administrarlas. En Córdoba, esta relación es especialmente relevante por la dependencia que mantienen numerosas poblaciones y actividades productivas de las cuencas de los ríos Sinú, San Jorge y Canalete. Y de los sistemas cenagosos asociados. Por ello, la disponibilidad del agua debe analizarse junto con su aptitud para cada uso, ya sea consumo humano, riego, bebida animal, pesca, acuicultura u otras labores domésticas y productivas.

Por otro lado, es indispensable la combinación de tecnologías adecuadas, políticas inclusivas, trabajo comunitario y educación continua para transformar las prácticas de gestión del agua, mejorar la calidad de vida de las comunidades campesinas y asegurar la sostenibilidad de sus recursos hídricos de forma paralela en fortalecer la resiliencia ante efectos incontrolables como el cambio climático.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s. y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por

los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN
2020000100261.

Referencias

- Acosta, K. (2013). *La economía de las aguas del río Sinú* (Documentos de Trabajo sobre Economía Regional y Urbana No. 194). Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER).
https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_194.pdf
- Aguas de Córdoba S. A. E. S. P. (2022). *Base de datos acueductos rurales Córdoba 2022*. Portal de Gobierno digital.
<https://www.aguasdecordoba.gov.co/>
- Aguilera Díaz, M. M. (2011). *La economía de las ciénagas del Caribe colombiano*. Banco de la República.
https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/br_economia_cienagas.pdf
- Albonis Pastrana, D. A., Tamayo Avilés, M. C., Aguilar Jiménez, T. I., & Torres Ospino, J. L. (2024). Afectaciones ambientales y dinámicas socioeconómicas en el contexto de la Ciénaga Grande del Bajo Sinú: municipio de Momil, Córdoba, Colombia. *Luna Azul*, (58), 134–154.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2024.58.9>
- Andrade-Pérez, G. I., Chaves S., M. E., Corzo, G. A., & Tapia-Caicedo, C. H. (2018). *Transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad: Gestión de la biodiversidad en los procesos de cambio en el territorio continental colombiano. Primera aproximación*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
<http://hdl.handle.net/20.500.11761/35145>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA]. **(2020)**. *Reporte de alertas: Subzonas hidrográficas río Sinú y Alto San Jorge SZH-RSAS*.
<https://www.anla.gov.co/documentos/biblioteca/27-01-2021-anla-rash-rio-sinu-alto-san-jorge.pdf>

Banco de la República. **(s. f.)**. *Río Sinú*. Enciclopedia Banrepcultural.
Recuperado el 18 de octubre de 2024, de
https://enciclopedia.banrepcultural.org/R%C3%ADo_Sin%C3%BA

Burgos Doria, R. **(2015)**. Significado de valor cultural, natural y ambiental del humedal Ciénaga Grande del Bajo Sinú para los habitantes de la Vereda Caño Viejo (Lorica – Córdoba – Colombia). [Tesis de maestría, Universidad de Manizales]. Repositorio institucional Universidad de Manizales.
<https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/2091>

Camacho Cubillos, X. **(2020)**. *Análisis de las dinámicas socioambientales que influyen en la transformación de la cobertura terrestre - Ciénaga Grande del Bajo Sinú*. Repositorio Institucional UMNG.
<http://hdl.handle.net/10654/36269>

Correa-Assmus, G. **(2022)**. Disponibilidad, acceso y calidad del agua: una reflexión socioambiental para Colombia. *Revista de la Universidad de La Salle*, (87), 151-166. DOI: <https://doi.org/10.19052/ruls.vol1.iss87.8>

Departamento Nacional de Planeación. **(2023)**. *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>

González-Carvajal, J. A. **(2005)**. *Uso de aguas superficiales con aportes de aguas residuales en agricultura – Parámetros microbiológicos*. [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional Séneca.
<http://hdl.handle.net/1992/22459>

Instituto Colombiano de Geología y Minería [INGEOMINAS]. **(2003)**.
*Consideraciones técnicas para el manejo del agua subterránea en el
departamento de Córdoba*. INGEOMINAS.
https://recordcenter.sgc.gov.co/B3/12006025002784/documento/nativos/MEMORIA_CONSIDERACIONES_T%C3%89CNICAS_PARA_EL_MANEJO_DEL_AGUA_SUBTERR%C3%81N.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM].
(2016). *Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos
Naturales 2015*. IDEAM. https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/12/ESTADO-DE-LOS-RECURSOS-NATURALES-Y-DEL-AMBIENTE-IEARN_2015.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM].
(2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*. IDEAM.
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/125678471/Estudio+Nacional+del+Agua+2018.pdf/bb4f1383-50e1-4f7d-bdc7-356b6b66b4f0?version=1.0>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM].
(2023). *Estudio Nacional del Agua 2022*. IDEAM.
<https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/publicacion-jue-23032023-1200>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM].
(2026). *Escenarios de cambio climático de la Cuarta Comunicación de
Colombia*. IDEAM. <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/publicacion-mie-15042026-1200>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM],
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de
Andréis [INVEMAR], Instituto de Investigaciones Ambientales del
Pacífico Jhon Von Neuman [IIAP], & Instituto de Investigación de
Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [IAvH]. **(2017)**. *Informe
del estado del ambiente y los recursos naturales renovables 2016*.

IDEAM.

<https://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20del%20estado%20del%20ambiente%20y%20los%20recursos%20naturales%20renovables.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, & Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés [IDEAM & INVEMAR]. (2021). *Protocolo de Monitoreo y Seguimiento del Agua*. IDEAM, INVEMAR.

https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2024-08-23/protocolo_de_monitoreo_y_seguimiento_del_agua.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2021). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/9781009157896>

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2022). *Climate Change 2022 - Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Working group II Contribution to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/9781009325844>

Jaramillo-Villa, U. C., Cortés-Duque, J. & Flórez-Ayala, C. (Eds). (2015). *Colombia anfibia. Un país de humedales* (Volumen 1). Instituto de investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – IAvH. Bogotá, D. C., p. 140. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9290>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. **(2015)**. *Resolución 0631 de 2015, Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. **(2021)**. *Resolución 1256 de 2021, por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1256-de-2021/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. **(2023)**. *Colombia, riqueza hídrica del mundo*. Noticias, 22 de marzo de 2023. <https://www.minambiente.gov.co/colombia-riqueza-hidrica-del-mundo/>

Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. **(2007)**. *Resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>

Mitchell, R. & Gu, J. D. **(2010)**. *Environmental microbiology* (Second edition). Wiley-Blackwell. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Moreno Vega, M. J., De la Ossa-Atencia, J. D. & García-Corrales, L. M. **(2020)**. Representación histórica de la hidrología de la cuenca del río Canalete, Córdoba, Colombia, considerando la evolución del uso del suelo. *Environment & Technology*, 1(1), 38-59. <https://doi.org/10.56205/ret.1-1.3>

Ordóñez, J. I. (2020). El agua y el sector rural en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 1(49), 10-17. <https://doi.org/10.16924/revinge.49.3>

Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2020). *Guía de prácticas hidrológicas: Volumen I. Hidrología: De la medición a la información hidrológica* (OMM-N° 168), 324 p.
<https://library.wmo.int/idurl/4/32737>

Ortiz-Guerrero, C. E., Pérez-Martínez, M. E. & Muñoz-Wilches, L. A. (2006). *Los cambios institucionales y el conflicto ambiental. El caso de los valles del río Sinú y San Jorge*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

Patiño, J. E. (2016). Análisis espacial cuantitativo de la transformación de humedales continentales en Colombia. *Biota Colombiana*, 17(1), 86-105.
<http://hdl.handle.net/20.500.11761/9354>

Patiño, J. E., & Estupiñán-Suárez, L. M. (2016). Hotspots of wetland area loss in Colombia. *Wetlands*, 36, 935-943. <http://doi.org/10.1007/s13157-016-0806-z>

Presidencia de la República de Colombia. (2007). *Decreto 1575 de 2007, por la cual se establece el Sistema para Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Función Pública.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>

Presidencia de la República de Colombia. (2015). *Decreto 1076 de 2015, Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Función Pública.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Ruiz, J. F., Melo, J., & Fonseca, E. K. (2025). *Cálculo de indicadores (evidencias) de cambio climático para Colombia 1981-2020 con el uso de INQC, Climatol y Climact: metodología actualizada de Rclimdex*. IDEAM.

https://bart.ideam.gov.co/wrfideam/new_modelo/DOCUMENTOS/2024/NT_INDICADORES_CAMBIO_CLIMATICO.pdf

Salazar Mejía, I. **(2011)**. La economía de la ciénaga Grande del Bajo Sinú: lugar encantado de las aguas. En: M. M. Aguilera Díaz (Ed), *La economía de las ciénagas del Caribe colombiano* (pp. 96-134). Banco de la República. <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/469>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [Superservicios]. **(s. f.)**. *Evaluación integral de prestadores*. Superintendencia delegada para acueducto, alcantarillado y aseo. Recuperado el 18 de octubre de 2024, de <https://www.superservicios.gov.co/Empresas-vigiladas/Acueducto-alcantarillado-y-aseo/Acueducto-y-alcantarillado/Evaluacion-de-prestadores>

UNESCO World Water Assessment Programme. **(2023)**. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023: Alianzas y cooperación por el agua*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386807>

Water Science School. **(2019)**. *The distribution of water on, in, and above the Earth*. U.S. Geological Survey.
<https://www.usgs.gov/media/images/distribution-water-and-above-earth>

World Health Organization. **(2006)**. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Volume 2. Wastewater use in agriculture. <https://www.who.int/publications/i/item/9241546832>

World Wildlife Fund [WWF]. **(2019)**. Climate change & water: why valuing rivers is critical to adaptation. World Wildlife Fund & Anheuser-Busch InBev.
https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_abi_water_climate_change_final_.pdf

World Wildlife Fund Colombia [WWF Colombia]. **(2021)**. Ríos saludables para ecosistemas y comunidades resilientes al cambio climático. *WWF Colombia*. <https://www.wwf.org.co/?366099/Rios-saludables-para-ecosistemas-y-comunidades-resilientes-al-cambio-climatico>

World Wildlife Fund Colombia [WWF Colombia]. **(s. f.)**. *Agua*. WWF Colombia. Recuperado el 13 de enero de 2024, de https://www.wwf.org.co/que_hacemos/agua/

Capítulo 3

Estrategias para la gestión sostenible del agua superficial

Enadis Gaviria Contreras
Víctor Julio Palencia Luna
Dayan Camila Pulido Rodríguez
Andrea C. Palencia Bolaños

Resumen

Este capítulo aborda estrategias para la gestión sostenible del agua superficial en contextos de agricultura campesina y familiar, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso, las necesidades productivas y las condiciones propias de las comunidades rurales. Se examinan prácticas tradicionales de captación, almacenamiento y distribución del agua, así como alternativas dirigidas a mejorar la eficiencia del riego y reducir pérdidas durante su aprovechamiento. El análisis incluye criterios de sostenibilidad hídrica, formas de gestión comunitaria y tecnologías destinadas al abastecimiento, tratamiento y

uso productivo del agua. También se consideran alternativas complementarias, entre ellas la captación de agua de lluvia, el aprovechamiento coordinado de aguas superficiales y subterráneas y la reutilización de aguas tratadas. La selección de estas opciones depende de las características de la fuente, las condiciones ambientales y productivas del territorio y la capacidad de las comunidades para operar y mantener los sistemas implementados. En conjunto, estas medidas muestran que la gestión sostenible del recurso requiere combinar eficiencia en el uso del agua, protección de las fuentes, planificación hídrica, participación comunitaria y fortalecimiento de capacidades, de acuerdo con las necesidades y posibilidades de cada territorio.

Palabras clave: agricultura campesina, eficiencia hídrica, gestión sostenible del agua, tecnologías de tratamiento.

3.1. Gestión sostenible del agua superficial para la agricultura campesina y familiar

3.1.1. Importancia de la agricultura campesina y presión sobre el recurso hídrico

El agua superficial sostiene buena parte de las actividades domésticas y productivas que se desarrollan en los territorios rurales. Su disponibilidad no depende únicamente de la existencia de ríos, quebradas, ciénagas o reservorios, también intervienen las variaciones del caudal a lo largo del año, la calidad de las fuentes y los distintos usos que dependen de ellas. Estas condiciones cobran mayor importancia durante los periodos secos, cuando disminuye la oferta y pueden coincidir las necesidades de abastecimiento de las familias con las demandas de la producción agropecuaria. El manejo del agua debe considerar tanto su aprovechamiento como la conservación de las

fuentes y de los procesos hidrológicos que sostienen su disponibilidad. Este planteamiento es consistente con los objetivos de oferta, demanda, calidad y gestión del riesgo establecidos en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico formulada para Colombia ([Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial \[MAVDT\], 2010](#)).

La agricultura campesina, familiar y comunitaria cumple una función relevante en la seguridad alimentaria, la conservación de sistemas productivos tradicionales y el fortalecimiento de las economías de los territorios rurales. Como referencia de su importancia regional, en 2014 se estimaron alrededor de 16,5 millones de explotaciones de agricultura familiar existentes en América Latina y el Caribe. La estimación se construyó a partir de censos, registros y estudios correspondientes a distintos países y periodos; por lo que no debe interpretarse como un inventario actual. En Colombia, los lineamientos de política para la agricultura campesina, familiar y comunitaria incorporaron aspectos relacionados con la extensión rural, fortalecimiento de capacidades, organización productiva y acceso a instrumentos de apoyo, condiciones que también influyen en la posibilidad de adoptar mejores prácticas para el manejo del agua acordes con las características productivas y ambientales de cada territorio ([Salcedo & Guzmán, 2014](#); [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural \[MADR\], 2017](#)).

Las proyecciones sobre población y producción de alimentos indican que la presión sobre los recursos naturales continuará siendo un desafío para los sistemas agrícolas durante las próximas décadas. Hacia 2050, la población mundial podría aproximarse a 9,7 mil millones de personas y la producción de alimentos, piensos y fibras tendría que aumentar alrededor del 50 % respecto de 2012 para atender la demanda prevista. Este escenario adquiere especial

relevancia para la gestión del agua, dado que, a escala mundial, la agricultura concentra alrededor del 70 % de las extracciones de agua dulce, aunque esta participación varía entre regiones de acuerdo con las condiciones climáticas, la disponibilidad del recurso y las características de los sistemas productivos. Esta participación corresponde a las extracciones de agua de las fuentes, concepto que debe diferenciarse del consumo neto, ya que una parte del volumen captado puede retornar al sistema hídrico. Para los sistemas agrícolas campesinos, la presión sobre el recurso adquiere especial importancia cuando una misma fuente abastece diferentes usos o cuando su disponibilidad disminuye durante la temporada seca. Por ello, las decisiones productivas deben considerar la cantidad de agua disponible y los demás requerimientos existentes en la cuenca, incluidos los necesarios para mantener sus funciones ecosistémicas ([Food and Agriculture Organization of the United Nations \[FAO\], 2025](#); [United Nations, 2024](#)).

3.1.2. Criterios para la gestión sostenible del agua en sistemas productivos campesinos

En este escenario, la gestión sostenible del agua superficial para la agricultura campesina y familiar requiere seleccionar las prácticas de acuerdo con las condiciones de cada territorio. La disponibilidad de la fuente, el régimen de lluvias, las características del suelo y las necesidades hídricas de los cultivos influyen en la selección y manejo de alternativas. De acuerdo con estas condiciones, pueden combinarse prácticas de conservación de humedad, captación y almacenamiento de agua de lluvia, programación del riego y protección de las áreas asociadas a las fuentes hídricas. La selección también debe considerar los costos de implementación y mantenimiento, la facilidad de operación y la disponibilidad local de materiales y conocimientos, de manera que las soluciones adoptadas puedan mantenerse en el tiempo

y responder a las necesidades productivas de las comunidades. La finalidad no consiste únicamente en aumentar la producción, sino en asegurar que el uso del agua mantenga la funcionalidad ecológica de las cuencas y garantice condiciones de vida dignas para las comunidades rurales ([Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura \[FAO\], 2013; MAVDT, 2010](#)).

La incorporación de tecnologías de riego más eficientes debe acompañarse de medidas que permitan controlar el uso total del agua. Una reducción de las pérdidas durante la conducción o aplicación no implica necesariamente un ahorro equivalente a escala de la cuenca, especialmente si la mejora tecnológica favorece la ampliación del área irrigada, cambios hacia cultivos de mayor demanda hídrica o aumento de la producción. Por esta razón, el desempeño de una alternativa no debería valorarse únicamente por la eficiencia del equipo o por el volumen aplicado en la parcela, sino considerar también las extracciones, el consumo de agua, los flujos de retorno y la disponibilidad del recurso para otros usuarios y para los ecosistemas. Esta evaluación permite determinar si una mejora tecnológica produce un ahorro efectivo de agua y si resulta viable bajo las condiciones de operación de los sistemas productivos campesinos ([Van Opstal et al., 2021; Organisation for Economic Co-operation and Development \[OECD\], 2023](#)).

3.2. Gestión comunitaria y prácticas tradicionales para el manejo del agua en comunidades campesinas

3.2.1. Condiciones de abastecimiento y gestión comunitaria del agua en zonas rurales

En las zonas rurales de Colombia, muchas familias carecen de sistemas adecuados para el abastecimiento y tratamiento de agua, lo que las

obliga a recurrir a soluciones alternativas como combinar sistemas de acueducto con soluciones comunitarias o individuales, de acuerdo con la dispersión de la población, la infraestructura disponible y las características de las fuentes cercanas. Entre estas alternativas se encuentran las captaciones directas en ríos, quebradas, lagos, pozos, jagüeyes y el aprovechamiento de agua de lluvia, entre otras formas adaptadas a las condiciones locales. Su utilización requiere considerar la calidad de la fuente y el uso previsto del agua; cuando se destina al consumo humano, deben incorporarse las medidas de protección, tratamiento, almacenamiento y manejo sanitario necesarias. Por esta razón, la selección de una alternativa no debería depender únicamente de su disponibilidad inmediata, sino también de las condiciones para operarla y mantenerla de manera segura en cada comunidad (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2014; Delgado-García et al., 2017).

La gestión comunitaria del agua comprende acuerdos y acciones colectivas relacionados con el acceso al recurso, la administración de los sistemas, su operación y mantenimiento y la participación de los usuarios en las decisiones que afectan el abastecimiento. Estas formas de organización adquieren particular importancia en comunidades rurales donde el suministro depende de soluciones colectivas adaptadas a las condiciones del territorio. Su funcionamiento requiere responsabilidades definidas, participación de los usuarios y capacidad para entender las necesidades de mantenimiento y manejo del sistema (MAVDT, 2010; Delgado-García et al., 2017).

3.2.2. Prácticas tradicionales y soluciones locales para la captación, conducción, almacenamiento y regulación del agua

La literatura técnica y los estudios de caso consultados documentan diversas prácticas desarrolladas o adaptadas en territorios rurales

para captar, conducir, regular y almacenar agua proveniente de fuentes superficiales, así como de la escorrentía y agua lluvia que pueden complementar su disponibilidad. Algunas corresponden a conocimientos y prácticas tradicionales de las comunidades, mientras que otras son soluciones locales que han incorporado materiales y diseños más recientes. Su pertinencia depende de la fuente de abastecimiento, el régimen de lluvias, el relieve, las características del suelo y el uso previsto del agua. Estas prácticas pueden complementar el abastecimiento destinado a actividades agrícolas, pecuarias o domésticas, de acuerdo con las condiciones particulares de cada territorio y con la calidad requerida para cada uso. Las alternativas descritas constituyen referentes documentales y su inclusión no implica que todas hayan sido identificadas en las asociaciones campesinas objeto del estudio. Entre ellas se encuentran acequias y canales, albarradas, aljibes, jagüeyes, camellones, sistemas de almacenamiento de agua lluvia y técnicas de microcaptación. Se incluyen por su relación con el aprovechamiento y manejo del agua superficial en sistemas rurales; no obstante, la captación de lluvia se presenta como una fuente complementaria y no como equivalente a un río, quebrada, ciénaga, embalse u otro cuerpo de agua superficial (FAO, 2013; Valdez, 2006; De La Ossa-Lacayo & Herrera-Betín, 2017).

Acequias y canales de riego: Son estructuras abiertas utilizadas para conducir agua captada de fuentes superficiales, como ríos, quebradas, embalses o reservorios, hasta las áreas de cultivo. En muchos sistemas la conducción aprovecha la pendiente natural del terreno, aunque su funcionamiento depende del trazado, la pendiente, las características del suelo y el estado de la infraestructura. En canales no revestidos pueden presentarse pérdidas por infiltración y evaporación, además de pérdidas asociadas a la operación, por lo que se requieren labores continuas de mantenimiento y las medidas de mejoramiento deben

definirse según las condiciones del sitio y las necesidades del sistema de riego (Brouwer et al., 1985; Sandoval & Varas, 1989).

Albarradas: Son estructuras tradicionales construidas principalmente con piedra, tierra u otros materiales locales disponibles para interceptar y almacenar agua de escorrentía superficial generada durante los eventos de lluvia. Su forma de funcionamiento varía según el relieve, el suelo y las condiciones hidrológicas del sitio. Las experiencias documentadas muestran que pueden retener agua durante periodos posteriores a las lluvias y, dependiendo de sus características constructivas y del terreno, favorecer la infiltración y disminuir la velocidad de escorrentía. Su aplicación no debe extrapolarse de manera automática entre territorios, debido a que responde a condiciones ambientales y sociales específicas (Valdez, 2006; Vallejo-Aristizábal, 2019).

Aljibes: Son depósitos utilizados para recoger y almacenar agua procedente principalmente de la lluvia o de escorrentía superficial conducida hacia una estructura de almacenamiento. Pueden construirse de forma superficial, semienterrada o subterránea y requieren condiciones constructivas que reduzcan las pérdidas y limiten la entrada de contaminantes. Los sistemas de aljibes han sido utilizados en ambientes con marcada estacionalidad de las lluvias para conservar agua y disponer de ella posteriormente en actividades domésticas o productivas. El destino del agua almacenada debe definirse de acuerdo con su calidad; si se emplea para consumo humano, el almacenamiento por sí solo no garantiza su potabilidad y deben aplicarse las medidas de protección y tratamiento correspondientes (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008; Van Wesemael et al., 1998; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2021).

Jagüeyes: Son depósitos superficiales naturales acondicionados o excavaciones construidas para captar y almacenar agua de escorrentía. Al permanecer generalmente a cielo abierto, el volumen disponible y su permanencia dependen de las precipitaciones, la evaporación, las condiciones del suelo y el manejo del reservorio. En el Caribe colombiano han sido utilizados tradicionalmente como fuentes de agua para actividades rurales, en particular como abrevaderos para animales y, en determinados contextos, para riego, lo que les confiere especial interés como referente para territorios con marcada estacionalidad de las lluvias. Debido a que permanecen expuestos al ambiente y pueden recibir aportes de las áreas circundantes, el agua destinada al consumo humano requiere evaluación de calidad y tratamiento previo ([De La Ossa-Lacayo & Herrera-Betín, 2017](#)).

Camellones: Llamados también campos elevados, son plataformas o superficies de cultivo elevadas construidas con material proveniente de canales excavados alrededor o entre las parcelas. Su función se relaciona con la regulación del agua superficial en terrenos inundables o con drenaje deficiente, al mantener el área de cultivo por encima de los niveles de saturación y facilitar el manejo del exceso de agua. Además, los canales integrados al sistema pueden retener temporalmente agua superficial, sedimentos y humedad, favoreciendo la infiltración de agua hacia el suelo y mitigando los efectos de sequías extremas, por lo que el sistema permite adaptar la producción agrícola a condiciones de inundación o variación estacional del nivel de agua. Su funcionamiento depende del régimen hídrico, el suelo, la disposición de los canales y el manejo de las parcelas ([Valdez, 2006](#)).

Tanques para almacenamiento de agua lluvia: Son estructuras destinadas a almacenar agua recolectada desde techos u otras superficies de captación y conducida mediante canales o tuberías. El agua lluvia constituye en este caso una fuente complementaria al

abastecimiento proveniente de cuerpos de agua superficial y puede utilizarse para riego, actividades domésticas u otros usos que sean compatibles con su calidad. Estos tanques suelen ser construidos de distintos tipos de materiales como fibra de vidrio, ferrocemento, plástico o geomembrana. Pueden construirse a nivel del suelo o de manera subterránea (tipo cisterna). Cuando esta se utiliza con fines domésticos, deben incorporarse medidas de limpieza, manejo de las primeras aguas, protección del depósito y tratamiento cuando corresponda. Su tamaño depende de las necesidades de consumo, el régimen de lluvias, el área de captación, la demanda prevista y el periodo de almacenamiento (FAO, 2013; Moreno Lozano, 2020).

Microcaptación entre hileras o fajas: Consiste en acondicionar pequeñas áreas del terreno para concentrar parte de la escorrentía generada por la lluvia hacia la zona ocupada por los cultivos. Para ello pueden utilizarse surcos, camellones u otras configuraciones que favorezcan la retención temporal y la infiltración del agua en el suelo. Estas prácticas pueden mejorar el aprovechamiento de lluvias esporádicas y resultar útiles en terrenos planos o con pendientes ligeras, donde sea posible controlar el flujo superficial. Esta práctica se utiliza principalmente como complemento hídrico para la producción agrícola y su diseño debe ajustarse a la pendiente, las características del suelo, la distribución de las precipitaciones y los requerimientos del cultivo, ya que estos factores determinan la cantidad de escorrentía que puede aprovecharse y la disposición de las áreas de captación y siembra (FAO, 2013).

3.3. Eficiencia en el uso del agua

3.3.1. Concepto y tendencias de la eficiencia en el uso del agua

La eficiencia en el uso del agua puede analizarse desde distintas escalas, por lo que es necesario precisar el indicador utilizado. En el seguimiento del indicador 6.4.1 del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6), la eficiencia expresa la relación entre el valor económico generado por los principales sectores y el volumen de agua extraída, teniendo en cuenta la participación de cada sector en las extracciones totales. La necesidad de mejorar este desempeño se mantiene en un contexto de creciente presión sobre los recursos hídricos: la demanda mundial de agua dulce ha aumentado a una tasa ligeramente inferior al 1 % anual desde la década de 1980 y aproximadamente la mitad de la población mundial experimenta condiciones de escasez severa de agua durante al menos una parte del año. En los sistemas agrícolas, la eficiencia también puede examinarse a partir del desempeño de las etapas de captación, conducción, aplicación y aprovechamiento del agua por los cultivos. Estas aproximaciones son complementarias, pero no equivalentes, por lo que una mejora del valor generado por metro cúbico o de la eficiencia del riego no implica necesariamente una reducción de las extracciones o del consumo total de agua ([United Nations, 2024](#); [Food and Agriculture Organization of the United Nations \[FAO\], s. f.](#); [Hsiao et al., 2007](#)).

Los resultados más recientes muestran que el aumento de la eficiencia económica no ha estado acompañado por una reducción equivalente de las extracciones. Entre 2015 y 2023, la eficiencia mundial en el uso del agua aumentó aproximadamente un 24 % al pasar de 17,4 a 21,5 dólares/m³, mientras que las extracciones mundiales de agua dulce permanecieron relativamente estables. En 2023, la agricultura concentró cerca del 72 % de las extracciones y registró una eficiencia económica de aproximadamente 0,7 dólares/m³, inferior a la observada en los sectores industrial y servicios, y un incremento relativo del 39 % frente a 2015. En el mismo año, el estrés hídrico mundial se situó alrededor del 18 %, aunque este promedio encubre

diferencias regionales considerables. Estos resultados muestran que mejorar la eficiencia económica constituye solo una parte del manejo sostenible del recurso y debe analizarse junto con las extracciones, la disponibilidad hídrica y las condiciones particulares de cada territorio. Estos resultados corresponden a tendencias mundiales y no representan las condiciones particulares de las asociaciones campesinas en el norte de Córdoba ([United Nations \[UN\], 2026](#)).

La eficiencia por unidad de producto tampoco equivale necesariamente a un ahorro absoluto de agua. [Pedrozo Acuña \(2020\)](#) propone examinarla desde tres perspectivas complementarias: la producción, orientada a obtener un bien con menor uso de agua; la geográfica, que considera dónde resulta hídricamente más conveniente producirlo; y la del consumo, relacionada con la demanda y con los bienes que se decide producir. Esta distinción permite reconocer el denominado efecto rebote: una reducción de agua utilizada por unidad de producción puede ser compensada cuando el ahorro facilita la ampliación del área irrigada o el incremento de la producción total. Por ello, además de la eficiencia alcanzada en la parcela o en el proceso productivo, deben analizarse las extracciones, el consumo y la disponibilidad del recurso a escala de cuencas antes de concluir que una mejora tecnológica produce un ahorro efectivo de agua ([Pedrozo Acuña, 2020](#); [Perry & Steduto, 2017](#)).

3.3.2. Huella hídrica en sistemas agroalimentarios

La huella hídrica se incorpora como una herramienta complementaria para examinar el uso del agua en los sistemas agroalimentarios, ya que permite contabilizar los volúmenes de agua dulce consumidos o relacionados con la contaminación, tanto de manera directa como indirecta a lo largo de los procesos productivos. Este indicador distingue tres componentes: la huella verde corresponde al agua de

lluvia que no se convierte en escorrentía ni recarga las aguas subterráneas y que es consumida durante el proceso productivo; la huella azul representa el consumo de agua proveniente de fuentes superficiales y subterráneas; y la huella gris expresa el volumen de agua dulce requerido para asimilar una carga contaminante de acuerdo con las concentraciones naturales y los criterios de calidad establecidos. Esta diferenciación es particularmente importante porque la huella azul solo puede atribuirse específicamente al agua superficial cuando se conoce el origen del recurso, mientras que la huella gris representa un indicador volumétrico relacionado con la contaminación y no un volumen de agua efectivamente extraído de la fuente. Asimismo, los valores de huella hídrica deben interpretarse teniendo en cuenta el lugar y el periodo en que ocurre el uso del agua y no como una medida directa de la magnitud del impacto ambiental local (Hoekstra et al., 2011).

En los sistemas agroalimentarios, la huella hídrica no se limita a los cultivos agrícolas. En la producción pecuaria, la huella hídrica comprende tanto el agua requerida para producir los alimentos destinados a los animales como el agua utilizada directamente para bebida, limpieza y manejo de las unidades productivas (Mekonnen & Hoekstra, 2012). En la piscicultura intervienen diferentes componentes del proceso productivo. En estudios realizados con tilapia, cachama y trucha en el Valle del Cauca, la estimación de la huella hídrica incluyó el agua acumulada en los estanques, las pérdidas por evaporación, el agua incorporada a la biomasa y la utilizada en actividades de mantenimiento y limpieza. El análisis también consideró componentes indirectos relacionados con la alimentación, la energía y la producción de material de siembra, así como la huella gris derivada de las cargas contaminantes generadas durante la producción. La importancia relativa de estos componentes varió entre las especies y los sistemas estudiados, por lo que los resultados deben

interpretarse dentro de las condiciones y límites definidos para cada sistema productivo ([Pérez-Rincón et al., 2017](#)).

Para Colombia, una revisión sistemática publicada en 2025 recopiló 37 documentos sobre huella hídrica de cultivos agrícolas realizados en el país, correspondientes a 44 cultivos evaluados en diferentes regiones. En la síntesis realizada por los autores, el componente verde representó en promedio el 72 % de la huella hídrica reportada, seguido del componente azul con el 15 % y del gris con el 13 %. Estos resultados deben interpretarse considerando que los estudios revisados corresponden a diferentes cultivos, territorios y metodologías, y que no todos evaluaron simultáneamente los tres componentes de la huella hídrica. Además, la revisión excluyó los trabajos centrados en producción pecuaria, empresarial y comunitaria, por lo que sus resultados describen específicamente la evidencia disponible para cultivos agrícolas y no deben extrapolarse a la totalidad de las actividades agroalimentarias desarrolladas en el medio rural ([Góngora-Duarte & Trujillo-González, 2025](#)).

Las estimaciones de huella hídrica permiten comparar la cantidad y el origen del agua involucrada en la producción de distintos bienes agroalimentarios. Estos valores varían según las condiciones climáticas, el rendimiento, el sistema productivo, la alimentación animal y la disponibilidad de agua de cada territorio, por lo que los promedios globales deben interpretarse como referencias y no como valores representativos de una región específica. En Córdoba, las actividades rurales comprenden cultivos como plátano, arroz, maíz, yuca y ñame, además de actividades pecuarias como la ganadería bovina y la producción avícola. La **Tabla 3.1** presenta valores promedio globales de huella hídrica para algunos de estos productos y diferencia sus componentes verde, azul y gris, lo que permite reconocer la procedencia y las características del agua involucrada en su

producción, pero estos valores no representan las condiciones actuales ni específicas del departamento de Córdoba ([Departamento Administrativo Nacional de Estadística \[DANE\], 2026; Mekonnen & Hoekstra, 2011, 2012](#)).

Tabla 3.1. *Huella hídrica promedio global de productos agroalimentarios seleccionados durante el periodo 1996–2005.* Fuente: elaboración propia con datos de [Mekonnen y Hoekstra \(2011, 2012\)](#).

Producto	Huella verde (m³/t)	Huella azul (m³/t)	Huella gris (m³/t)	Huella total (m³/t)
Ñame	341	0	1	343
Yuca	550	0	13	564
Maíz	947	81	194	1.222
Plátano	1.570	27	6	1.602
Arroz paddy	1.146	341	187	1.673
Patilla	147	25	63	235
Papaya	399	40	21	460
Naranja	401	110	49	560
Huevo	2.592	244	429	3.265
Carne de pollo	3.545	313	467	4.325
Carne bovina	14.414	550	451	15.415

Nota. Los valores corresponden a promedios globales estimados para 1996–2005 y se presentan como referentes comparativos y metodológicos. La huella azul comprende el consumo de aguas superficiales y subterráneas; por tanto no representa exclusivamente el aprovechamiento de fuentes superficiales. La huella gris expresa un volumen equivalente relacionado con la asimilación de cargas contaminantes y no un volumen de agua efectivamente extraído. Los productos pecuarios están expresados por unidad de masa del producto, no por unidad individual. La equivalencia numérica $1 \text{ m}^3/\text{t} = 1 \text{ L/kg}$ es válida para los productos expresados por masa. Los totales corresponden a los valores reportados por las fuentes y pueden presentar pequeñas diferencias respecto a la suma de los componentes debido al redondeo.

Para disponer de una referencia nacional más reciente, [Mialyk et al. \(2024\)](#) estimaron series anuales de huella hídrica consuntiva para 175 cultivos durante el periodo 1990–2019. En este enfoque, la huella hídrica consuntiva corresponde al volumen de agua verde y azul consumido durante la producción del cultivo mediante evapotranspiración, expresado por unidad de producto cosechado. El componente verde procede de la precipitación, mientras que el azul puede originarse en el riego o en el ascenso capilar desde aguas subterráneas someras; no equivale a la demanda, extracción o volumen concesionado, ni permite establecer si el abastecimiento procede de una fuente superficial o subterránea. Esta estimación no incorpora la huella gris relacionada con la contaminación y, por tanto, no debe interpretarse como una huella hídrica total en el sentido que integra los componentes verde, azul y gris ([Mialyk et al., 2024](#)).

A escala departamental, el Estudio Nacional del Agua 2022 proporciona información que permite dimensionar la coexistencia de diferentes actividades productivas demandantes de agua en Córdoba, aunque estas cifras no corresponden a huella hídrica. Para el año de 2020, el IDEAM reportó una demanda de 922,44 millones de m³ para agricultura y poscosecha, 106,59 millones de m³ para el sector piscícola y 99,29 millones de m³ para el sector pecuario. La diferencia conceptual es importante: la demanda hídrica expresa el agua requerida o utilizada por una actividad de acuerdo con la metodología del estudio, mientras que la huella hídrica incorpora componentes de consumo y contaminación definidos bajo un marco metodológico diferente. Por ello ambas magnitudes pueden complementarse en la evaluación del recurso, pero no deben compararse como si representaran la misma variable ([Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales \[IDEAM\], 2023](#)).

En consecuencia, la huella hídrica constituye una herramienta útil para reconocer cómo diferentes actividades agroalimentarias se relacionan con el agua, pero su interpretación no debe limitarse al valor total por unidad de producto. Para un estudio centrado en aguas superficiales resulta particularmente relevante establecer la procedencia del componente azul, las condiciones de disponibilidad de las fuentes, los retornos de agua al sistema y las presiones asociadas a la calidad. Estas diferencias justifican que las medidas de eficiencia sean examinadas posteriormente según las características de las actividades agrícolas, piscícolas y pecuarias desarrolladas en los territorios rurales.

3.3.3. Eficiencia en el uso del agua en actividades productivas rurales

La eficiencia en el uso del agua en las actividades productivas rurales depende de la forma en que el recurso se capta, conduce, distribuye y utiliza, así como de las condiciones de operación y mantenimiento de los sistemas. En actividades agrícolas, pecuarias y piscícolas, las medidas de mejora deben responder a la disponibilidad y calidad de la fuente, a los requerimientos propios de cada proceso productivo y a las condiciones ambientales y socioeconómicas del territorio. Cuando el abastecimiento depende de aguas superficiales, una reducción de pérdidas o un aumento de la productividad no garantiza por sí solo la sostenibilidad de la fuente; también deben considerarse las extracciones totales, los demás usos existentes y las necesidades de la cuenca. La **Figura 3.1** reúne algunos de los componentes que intervienen en este análisis (Hsiao et al., 2007; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2020).



Figura 3.1. Componentes para mejorar la eficiencia en el uso del agua en actividades productivas rurales. Fuente: elaboración propia con base en Hsiao et al. (2007), Dawande et al. (2013), FAO (2020) y FAO (2024). Recursos gráficos adaptados de Flaticon (s. f.) y Pixabay (s. f.).

En los sistemas agrícolas, la eficiencia puede analizarse como el resultado de varias etapas relacionadas entre sí. Hsiao et al. (2007) plantean un enfoque basado en una cadena de procesos que comprende, entre otros aspectos, la entrega del agua, su disponibilidad en el suelo, la extracción por las raíces, la transpiración y su conversión en biomasa y rendimiento. Los autores muestran que mejoras moderadas y consistentes en varias etapas pueden producir un efecto acumulado mayor que concentrar los esfuerzos en un solo componente. El mismo principio permite reconocer que las decisiones sobre infraestructura, manejo del suelo, programación del riego y respuesta del cultivo deben evaluarse de manera integrada y de acuerdo con las condiciones particulares del sistema productivo.

La distribución del agua también influye en la eficiencia de los sistemas de riego abastecidos por fuentes superficiales. Dawande et al. (2013) analizaron mediante un modelo la asignación de agua entre explotaciones ubicadas en sectores de cabecera y de cola de una red

de riego, donde la posición respecto de la fuente puede generar diferencias en el acceso al recurso. Sus resultados constituyen un referente para examinar problemas de distribución y equidad en redes de riego, pero corresponden a un ejercicio de modelación y no deben interpretarse como evidencia de aumentos generalizados de productividad o estabilidad social en todas las comunidades agrícolas (Dawande et al., 2013).

En las actividades pecuarias, incluida la cría de especies menores, el análisis de la eficiencia debe diferenciar el agua utilizada directamente para bebida y servicios de aquella requerida indirectamente para la producción de alimentos destinados a los animales. Las directrices de FAO para evaluar el uso del agua en cadenas pecuarias consideran estas distintas vías y señalan que el desempeño depende del sistema de producción y de las condiciones bajo las cuales se obtienen los alimentos y demás insumos. En el ámbito productivo, medidas relacionadas con el manejo de la alimentación, los puntos de bebida, la salud animal y el aprovechamiento de pasturas y forrajes pueden contribuir a mejorar la productividad del agua, especialmente en sistemas sometidos a variabilidad estacional. Estas alternativas deben analizarse de acuerdo con las especies manejadas, la escala de producción y la disponibilidad de agua en cada unidad productiva (FAO, 2019, 2020).

En la piscicultura, la eficiencia está estrechamente relacionada con el manejo de los flujos de agua, la conservación de condiciones adecuadas de calidad y el control de los efluentes derivados del sistema de cultivo. Las alternativas tecnológicas varían desde estanques con diferentes niveles de recambio hasta sistemas de recirculación y tecnologías de biofloc. La FAO señala que los sistemas de recirculación y biofloc se han incorporado en distintos contextos para mejorar la eficiencia en el uso del agua y la bioseguridad. No

obstante, su pertinencia depende de las características de la especie, la escala productiva, los requerimientos energéticos, la capacidad técnica y las condiciones económicas del productor. Cuando la actividad depende directamente de cuerpos de agua superficial, el manejo eficiente también requiere considerar la calidad del agua utilizada y descargada, así como la capacidad del sistema receptor para mantener sus funciones ambientales (FAO, 2024).

La mejora de la eficiencia hídrica en las actividades productivas rurales no depende, por tanto, de una única tecnología; requiere identificar en qué etapas se producen pérdidas o usos evitables, conocer la disponibilidad de la fuente, adecuar las prácticas a cada actividad, mantener la infraestructura y considerar las implicaciones del uso del recurso fuera de la unidad productiva. Esta perspectiva permite evaluar de manera diferenciada la agricultura, la producción pecuaria y la piscicultura, sin asumir que una mejora de eficiencia observada a escala de parcela, instalación o estanque equivale necesariamente a una reducción de la presión sobre las aguas superficiales a escala de cuenca (Hsiao et al., 2007; FAO, 2020).

3.4. Sostenibilidad del recurso hídrico

3.4.1. Sostenibilidad hídrica: disponibilidad, usos y conservación

La sostenibilidad del recurso hídrico requiere atender las necesidades humanas y productivas sin deteriorar la disponibilidad y calidad del agua ni las funciones de los ecosistemas que intervienen en su regulación. En una misma cuenca pueden coincidir demandas destinadas al abastecimiento doméstico, la agricultura, la producción pecuaria, la piscicultura, la generación de energía y otras actividades, junto con los requerimientos necesarios para mantener los ecosistemas acuáticos. Esta concurrencia hace necesario considerar

no solo la magnitud de las demandas, sino también la disponibilidad y calidad de la fuente y los requerimientos ambientales asociados a su conservación. Esta relación entre agua, bienestar humano, actividades económicas y conservación ambiental constituye un componente central de la sostenibilidad y seguridad hídrica ([United Nations, 2024](#)).

La conservación de las fuentes forma parte de esta relación, debido a que su disponibilidad y calidad dependen de procesos que ocurren en el conjunto de la cuenca. El estado de los cauces, humedales, áreas ribereñas, suelos y coberturas vegetales influye en procesos asociados con la regulación hídrica, la erosión, el transporte de sedimentos y la conservación de la calidad del agua. Por esta razón, el aprovechamiento del recurso debe acompañarse de acciones orientadas a prevenir el deterioro de las fuentes y proteger los ecosistemas y áreas que contribuyen al funcionamiento del ciclo hidrológico. Estas acciones complementan las medidas dirigidas a mejorar la eficiencia de los distintos usos y permiten abordar la sostenibilidad desde una perspectiva territorial ([WWAP, 2018](#); [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \[MADS\], 2026](#)). La actual Política Nacional del Agua incorpora expresamente la conservación de ecosistemas y el uso eficiente del agua dentro de su enfoque de gestión.

La sostenibilidad presenta además una dimensión temporal. La disponibilidad de las aguas superficiales puede variar entre periodos secos y lluviosos, mientras que las necesidades domésticas y productivas mantienen dinámicas propias a lo largo del año. Durante condiciones de menor oferta pueden intensificarse las restricciones de abastecimiento y la competencia entre usos; en periodos de lluvias intensas pueden modificarse las condiciones de las fuentes y aumentar la exposición a inundaciones, procesos erosivos y transporte de

sedimentos. Por ello, el estudio de una fuente no debería limitarse a valores promedio, sino considerar su comportamiento estacional y las condiciones que pueden modificar su aprovechamiento. En Colombia, el ENA 2022 incorpora, entre otros componentes, análisis diferenciados de susceptibilidad al desabastecimiento durante temporadas secas y lluviosas, así como información sobre erosión hídrica y producción de sedimentos (IDEAM, 2023).

3.4.2. Demanda hídrica sectorial en Colombia

El análisis de la sostenibilidad también requiere conocer cómo se distribuye la demanda de agua entre los diferentes usos. En Colombia, el *Estudio Nacional del Agua 2022* presenta estimaciones sectoriales con año base 2020 y permite contrastarlas con los resultados correspondientes a 2016. Para 2020, la agricultura y poscosecha presentó la mayor demanda hídrica nacional, con 13.984,1 millones de m³/año, seguido por la hidroenergía, con 8.224,4 millones de m³/año; la piscicultura, con 3.971,8 millones de m³/año; seguida por el uso doméstico, con una demanda de 2.857,9 millones de m³/año de agua son destinados para consumo directo como beber, cocinar y aseo personal (Ver **Tabla 3.2**). Sectores como el pecuario, la minería y los hidrocarburos presentan demandas hídricas menores que la agricultura, sin embargo, es importante considerar que este panorama subraya la necesidad de estrategias específicas para equilibrar las demandas sectoriales y preservar los recursos hídricos esenciales para el desarrollo económico, social y de seguridad alimentaria. Estos valores corresponden a demanda hídrica y no deben emplearse como sinónimo de consumo neto, debido a que los sectores difieren en la proporción del agua consumida y en los flujos que pueden retornar al sistema hídrico (IDEAM, 2023).

Tabla 3.2. *Sectores económicos que demandan recursos hídricos, año 2016 y 2020.* Fuente: elaboración propia con base en IDEAM (2023), *Estudio Nacional del Agua (ENA) 2022.*

Demanda hídrica	Año 2016	Año 2020
	Millones de m ³ / año	
Agricultura y postcosecha	16.066,9	13.984,1
Hidroenergía	9.069,5	8.224,4
Piscícola	3.023,2	3.971,8
Doméstico	2.747,2	2.857,9
Pecuario y sacrificio	1.554,9	1.538,7
Minería	1.074,6	660,9
Hidrocarburos	668,2	419,5
Industria	581,3	364,1
Servicios/oficial	570,9	210,7
Construcción	435,8	99,9

Entre 2016 y 2020 se presentaron variaciones diferentes según el sector. Aunque la agricultura continúa siendo el sector con mayor demanda hídrica en Colombia, la demanda disminuyó en 12,9 % entre 2016 y 2020, pasando del 44,9 % al 43,3 % de la demanda hídrica nacional total (**Figura 3.2**). No obstante, esta reducción de la demanda agrícola no debe interpretarse de manera automática como una mejora estructural en sostenibilidad o eficiencia hídrica, ya que puede estar asociada a cambios productivos, condiciones climáticas, variaciones metodológicas, cambios en áreas cultivadas o modificaciones en la dinámica sectorial. En contraste, la participación de la demanda hídrica doméstica pasó de 7,7 % en 2016 a 8,8 % en 2020, mientras que la del sector pecuario presentó cambios menores durante el mismo periodo. Por otro lado, sectores como la piscicultura y la hidroenergía han mostrado variaciones significativas, destacando la necesidad de un enfoque integral para gestionar los recursos hídricos de manera sostenible. Otros sectores, como la minería y la

construcción, también registraron descensos en la demanda estimada durante el periodo analizado; sin embargo, estos datos por sí solos no permiten atribuir las variaciones a una causa específica. En conjunto, estos resultados evidencian la necesidad de fortalecer el seguimiento técnico de la demanda hídrica nacional y de orientar la gestión del agua con criterios de eficiencia, sostenibilidad, seguridad hídrica y adaptación sectorial (IDEAM, 2023).

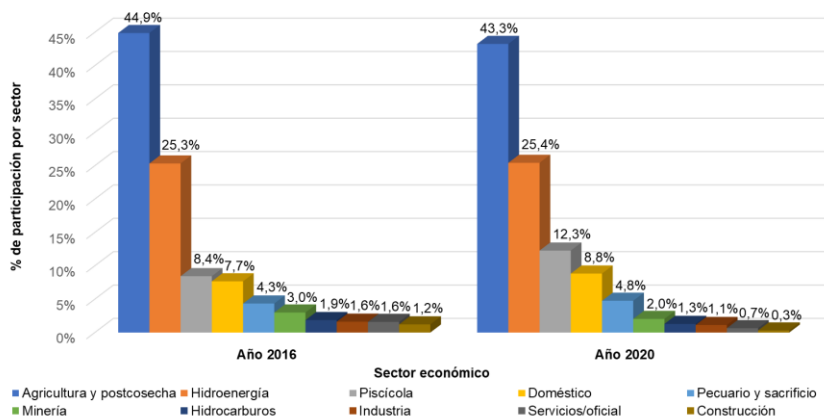


Figura 3.2. Participación sectorial de la demanda hídrica nacional año 2016 y 2020. Fuente: elaboración propia con base en IDEAM (2023).

3.4.3. Gobernanza, planificación y protección de las fuentes hídricas

La sostenibilidad del recurso hídrico no depende solamente de la cantidad de agua disponible o de la magnitud de las demandas existentes. También requiere información que permita conocer el estado de las fuentes, capacidad institucional para orientar su aprovechamiento, participación de los usuarios y coordinación entre

los actores que intervienen en las decisiones sobre agua. En los territorios rurales estas condiciones adquieren especial importancia cuando una misma fuente abastece diferentes comunidades o actividades productivas y cuando las intervenciones realizadas en un sector de la cuenca pueden modificar la cantidad o la calidad del agua disponible en otros lugares. La participación de los usuarios, el seguimiento de las condiciones del recurso y la coordinación entre comunidades, autoridades ambientales y demás instituciones forman parte de este proceso de planificación (MADS, 2026). La política vigente enfatiza precisamente el fortalecimiento del conocimiento, las capacidades institucionales, la coordinación y la participación.

En Colombia, este marco fue actualizado mediante la Política Nacional del Agua 2026–2050, que reemplaza la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) formulada en 2010 y plantea una visión en la que el agua se reconoce como bien común y eje del ordenamiento del territorio. Su enfoque integra la protección de los ecosistemas y del ciclo del agua, la justicia ambiental e hídrica, la gobernanza, el uso sostenible del recurso y la adaptación frente a los riesgos asociados al agua. La política se estructura alrededor de cuatro pilares: gobernanza y conocimiento para la justicia ambiental e hídrica y el ordenamiento del territorio alrededor del agua; agua para la vida; agua para la gente; y agua para la adaptación, la transición y la gestión del riesgo (**Figura 3.3**). Estos pilares articulan el fortalecimiento institucional y la participación, la conservación y restauración de los ecosistemas que sostienen el ciclo del agua, el acceso y uso sostenible del recurso y la resiliencia frente al cambio climático y los riesgos relacionados con el agua (MADS, 2026).



Figura 3.3. *Pilares de la Política Nacional del Agua 2026–2050.* Fuente: elaboración propia con base en [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \(2026\)](#).

Este marco permite relacionar la sostenibilidad de las aguas superficiales con el conocimiento de las condiciones de las fuentes, la conservación de los ecosistemas que las sostienen, la participación de las comunidades y la coordinación de los diferentes usos. La planificación hídrica debe apoyarse en información sobre la oferta, la demanda y la calidad del recurso, de manera que puedan reconocerse periodos o territorios con mayores presiones y orientar medidas acordes con las condiciones de cada fuente. En comunidades rurales, este análisis resulta especialmente relevante cuando el abastecimiento doméstico y las actividades productivas dependen de un mismo cuerpo de agua y su disponibilidad cambia a lo largo del año.

La gestión sostenible del agua, esencial para el desarrollo económico y la generación de empleo, requiere no solo inversiones financieras, sino

también la implementación de políticas robustas y una gobernanza efectiva. Mejorar la eficiencia en el uso del agua y fomentar la productividad puede estimular el desarrollo socioeconómico y generar empleo, especialmente en contextos con limitaciones hídricas. Políticas estratégicas que promuevan iniciativas de mejora como la fijación de precios justos, reformas en subsidios y asociaciones público-privadas, pueden incentivar el desarrollo de tecnologías innovadoras, inversión en optimización de infraestructura y la promoción de buenas prácticas, las cuales son fundamentales para asegurar el uso eficiente y equitativo del recurso, fortaleciendo así la resiliencia de los sectores dependientes del agua. Este enfoque integrado puede contribuir a generar beneficios económicos y sociales, al tiempo que preserva los recursos para futuras generaciones (WWAP, 2016).

La protección de las fuentes y la planificación de sus usos complementan, de esta manera, las medidas de eficiencia. Su propósito no consiste únicamente en disminuir el volumen utilizado, sino en evitar que el aprovechamiento comprometa la disponibilidad y la calidad del agua o deteriore los ecosistemas relacionados.

3.5. Tecnologías para el aprovechamiento sostenible del agua

Las tecnologías utilizadas para captar, tratar, almacenar, distribuir o aprovechar el agua constituyen herramientas de apoyo a su gestión y no soluciones independientes de las condiciones del territorio. Su pertinencia depende de la fuente disponible, la cantidad y calidad del agua, las variaciones que esta presenta a lo largo del año, el uso previsto y la escala de abastecimiento o producción. También deben considerarse los requerimientos de energía e insumos, la disponibilidad de repuestos, las necesidades de operación y mantenimiento, la generación de residuos o corrientes de rechazo y la

capacidad local para realizar seguimiento al sistema. En contextos rurales, estos factores son determinantes para evitar que una alternativa técnicamente funcional durante su instalación resulte posteriormente difícil de operar o mantener (World Health Organization [WHO], 2024; World Health Organization [WHO], 2025; Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio [MVCT], 2018).

3.5.1. Criterios para la selección y sostenibilidad de las tecnologías en contextos rurales

La selección de una tecnología debe partir del problema que se pretende resolver y de las características del agua que será utilizada. Una fuente destinada al consumo humano, por ejemplo, exige condiciones diferentes de aquella empleada exclusivamente para riego o para determinadas actividades productivas. De igual manera, una tecnología adecuada para una fuente con baja turbiedad y contaminación principalmente microbiológica puede resultar insuficiente cuando existen sólidos suspendidos, materia orgánica, sales o contaminantes químicos específicos. Por esta razón, la elección del sistema debe apoyarse en la caracterización de la fuente, en la identificación de los riesgos asociados al área de captación y, cuando corresponda, en estudios de tratabilidad que permitan establecer los procesos requeridos para alcanzar la calidad necesaria para cada uso (WHO, 2024, 2025).

La sostenibilidad de la solución depende además de las condiciones bajo las cuales será operada. El costo inicial constituye solo una parte de la evaluación; deben incorporarse el consumo de energía, los productos químicos o materiales de reposición, las actividades de limpieza y mantenimiento, la disponibilidad de personal capacitado, el monitoreo de la calidad del agua y el manejo de lodos, medios filtrantes agotados o corrientes de rechazo. En sistemas rurales

comunitarios también resulta necesario definir responsabilidades para su administración y mantenimiento y fortalecer las capacidades de quienes participan en su operación. Este criterio coincide con el enfoque adoptado en Colombia para los proyectos rurales de agua y saneamiento, que reconoce la participación de las comunidades y la sostenibilidad técnica y operativa como componentes de la selección de las alternativas (MVCT, 2018, 2021).

En un estudio de aguas superficiales es igualmente necesario diferenciar entre la fuente principal y las alternativas que pueden complementar su disponibilidad. El agua de lluvia puede captarse y almacenarse para determinados usos, mientras que las aguas residuales pueden ser aprovechadas nuevamente cuando su calidad, tratamiento y forma de utilización cumplen las condiciones técnicas, sanitarias y ambientales aplicables. Las aguas subterráneas obtenidas mediante pozos y manantiales constituyen otra fuente natural de abastecimiento, pero no deben agruparse de manera general con las anteriores bajo la denominación de fuentes no convencionales. La conveniencia de combinar distintas fuentes debe establecerse en cada territorio a partir de su disponibilidad, calidad, estacionalidad y de los requerimientos del uso previsto.

3.5.2. Tecnologías para el tratamiento y suministro de agua para consumo humano en comunidades rurales

Cuando el agua se destina al consumo humano, la selección del tratamiento debe responder a las características físicas, químicas y microbiológicas de la fuente y a los riesgos que puedan modificar su calidad desde la captación hasta el punto de consumo. En Colombia, el sistema de protección y control de la calidad del agua establece que el agua suministrada para este propósito debe cumplir las características definidas por la normativa sanitaria, independientemente de que

proceda de una fuente superficial, subterránea, atmosférica u otro sistema de abastecimiento. Por ello, la presencia de una fuente aparentemente disponible o de una tecnología de fácil instalación no constituye por sí sola evidencia de que el agua pueda consumirse de manera segura ([Presidencia de la República de Colombia, 2007; Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007; WHO, 2024](#)).

En las fuentes superficiales pueden presentarse variaciones importantes en la turbiedad, sólidos suspendidos, materia orgánica y contaminación microbiológica relacionados, entre otros factores, con las precipitaciones y las condiciones de la cuenca. Dependiendo de la calidad del agua cruda, el sistema de tratamiento puede requerir una combinación de procesos de clarificación, filtración y desinfección, además de tratamientos específicos cuando se identifiquen sustancias que no puedan controlarse mediante los procesos anteriores. En consecuencia, no existe una tecnología que pueda recomendarse de manera general para todas las comunidades rurales: la configuración debe establecerse a partir de la calidad de la fuente, la capacidad requerida y las condiciones reales de operación y mantenimiento. La **Tabla 3.3** presenta una síntesis de algunos de los principales procesos y tecnologías aplicables al tratamiento de agua, junto con sus funciones, ventajas y limitaciones de uso ([WHO, 2024, 2025; MVCT, 2018](#)).

Tabla 3.3. Tecnologías y procesos aplicables al tratamiento de agua para consumo humano en pequeños sistemas y comunidades rurales.
 Fuente: elaboración propia con base en [WHO \(2024, 2025\)](#), Decreto 1575 de 2007, Resolución 2115 de 2007 y [MVCT \(2018\)](#).

Proceso o tecnología	Función principal	Aspectos favorables	Limitaciones y consideraciones
Sedimentación y clarificación mediante coagulación-floculación	Reducir turbiedad, partículas y parte de la materia suspendida antes de otros procesos.	Puede mejorar considerablemente las condiciones para la filtración y desinfección cuando el agua presenta turbiedad elevada.	Requiere control de dosificación de coagulante, control operativo y manejo de los lodos producidos. La dosis debe determinarse según las características del agua.
Filtración lenta en arena	Retener partículas y contribuir a la reducción de microorganismos mediante procesos físicos y biológicos desarrollados en el lecho filtrante.	Operación relativamente sencilla y bajo requerimiento energético cuando las condiciones del agua son apropiadas	Requiere pretratamiento cuando la turbiedad es elevada, área disponible, limpieza periódica y un periodo adecuado de maduración del filtro. No debe considerarse como una barrera absoluta frente a todos los microorganismos.
Cloración	Inactivar microorganismos sensibles al cloro y proporcionar un residual desinfectante que contribuya a	Tecnología ampliamente utilizada, adaptable a distintas escalas y con posibilidad de mantener protección residual.	Su eficacia depende de la dosis, el tiempo de contacto y la calidad del agua; puede formar subproductos de desinfección en

	proteger el agua durante almacenamiento y distribución.		presencia de precursores orgánicos.
Radiación ultravioleta (UV)	Inactivar microorganismos mediante exposición a radiación UV.	No requiere incorporar un desinfectante químico al agua y puede alcanzar una elevada eficacia microbiológica bajo condiciones adecuadas.	No deja residual desinfectante; requiere baja turbiedad, energía y mantenimiento del equipo.
Desinfección solar y tratamiento térmico a pequeña escala	Reducir el riesgo microbiológico en volúmenes limitados de agua mediante radiación solar o calentamiento.	Pueden constituir alternativas domiciliarias cuando no existe un sistema colectivo adecuado y se cumplen las condiciones específicas de aplicación.	La desinfección solar depende de la radiación disponible, la turbiedad y se aplica a volúmenes limitados. El calentamiento requiere energía o combustible. No dejan residual desinfectante, por lo que requieren almacenamiento seguro posterior.
Adsorción mediante medios específicos, como carbón activado	Reducir determinados compuestos orgánicos, sustancias asociadas con olor y sabor y otros contaminantes para los cuales el medio tenga capacidad de adsorción.	Puede incorporarse como tratamiento específico cuando la caracterización del agua identifica contaminantes susceptibles de adsorción.	No constituye por sí misma un proceso confiable de desinfección. El medio posee una capacidad limitada y requiere seguimiento, regeneración o sustitución cuando se agota.

Procesos de membrana: microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa	Separar contaminantes según el tamaño de poro y las características de la membrana; los procesos de mayor separación pueden controlar determinados solutos disueltos.	Permiten diseñar barreras específicas frente a partículas, microorganismos y, dependiendo del proceso, diversos contaminantes disueltos.	Pueden requerir pretratamiento, presión, energía, limpieza química y sustitución de membranas; pueden presentar ensuciamiento y generar corrientes de rechazo.
Unidades o plantas compactas de tratamiento	Integrar varios procesos de tratamiento dentro de una instalación modular.	Pueden reducir el espacio requerido y facilitar la integración de diferentes operaciones.	Requieren operación capacitada, insumos, mantenimiento y costos acordes con los procesos incorporados.

La turbiedad merece especial atención porque puede disminuir el desempeño de algunos procesos de desinfección y constituye, además, un parámetro útil para controlar la operación de etapas como la clarificación y la filtración. Cuando el agua cruda presenta concentraciones elevadas de partículas, puede ser necesario incorporar procesos previos antes de aplicar cloro o radiación UV. Del mismo modo, cuando se identifican contaminantes químicos específicos, la selección debe realizarse según la capacidad comprobada del tratamiento para controlarlos y no únicamente a partir de que una tecnología sea considerada moderna o de mayor complejidad (WHO, 2024, 2025).

Los procesos de membrana ilustran una diferencia. La microfiltración y la ultrafiltración actúan principalmente como barreras frente a partículas y determinados microorganismos, mientras que la nanofiltración y la ósmosis inversa presentan una capacidad mayor

para separar diversos componentes disueltos. Sin embargo, el aumento en el grado de separación suele venir acompañado de mayores requerimientos de presión, energía, pretratamiento, limpieza y manejo de corrientes concentradas. Por tanto, su incorporación en pequeños sistemas rurales debe justificarse mediante la calidad de la fuente y la necesidad específica de tratamiento, y no asumirse como una opción preferible por su mayor nivel tecnológico.

3.5.3. Tecnologías para usos productivos y fuentes complementarias

Las tecnologías para el aprovechamiento sostenible del agua deben seleccionarse de acuerdo con las condiciones socioeconómicas, ambientales y culturales de cada comunidad. En algunos contextos rurales, la distancia a los centros urbanos puede dificultar la operación y mantenimiento de las infraestructuras de abastecimiento de agua, especialmente cuando existen limitaciones económicas, dificultades para disponer de repuestos o escasa capacidad técnica local. Asimismo, una participación comunitaria insuficiente en la instalación de infraestructuras, generalmente liderada por entidades gubernamentales, también compromete su funcionamiento y sostenibilidad a largo plazo, impactando negativamente la calidad de vida en estas áreas. Por ello, las tecnologías más apropiadas son aquellas que combinan eficiencia, facilidad de operación, bajo costo relativo, disponibilidad de insumos y repuestos y las capacidades locales para su mantenimiento (Gómez-Mosquera, 2017).

En las actividades agrícolas, las tecnologías de riego pueden contribuir a mejorar el control sobre la aplicación del agua cuando se seleccionan y operan de acuerdo con las características del cultivo, el suelo y la disponibilidad hídrica. El riego por goteo, la microirrigación, la programación basada en la humedad del suelo y otras herramientas de seguimiento permiten ajustar mejor el momento y la cantidad de agua

aplicada. El riego deficitario puede utilizarse en determinados cultivos y fases de desarrollo, siempre que se conozca su tolerancia a una reducción controlada del aporte de agua. No obstante, una mayor eficiencia de aplicación en la parcela no implica necesariamente un ahorro equivalente de agua a escala de cuenca, especialmente cuando favorece incrementos del área irrigada, de la intensidad productiva o del consumo total (Hsiao et al., 2007; Fereres & Soriano, 2007; Perry & Steduto, 2017; Van Opstal et al., 2021).

La captación y almacenamiento de agua de lluvia constituye otra alternativa que puede complementar las fuentes utilizadas durante determinados periodos del año. Un sistema puede integrar superficies de captación, canales o tuberías de conducción, dispositivos para separar las primeras aguas cuando sean necesarios, estructuras de almacenamiento y mecanismos de distribución. Su dimensionamiento depende de la precipitación disponible, el área y las características de la superficie captadora, la demanda que se pretende cubrir y la capacidad de almacenamiento. Por esta razón, su conveniencia debe establecerse mediante un balance entre oferta y demanda, y no asumirse como una solución permanente frente a cualquier situación de escasez. Cuando el agua almacenada se destine al consumo humano deberán incorporarse, además, las medidas de protección y tratamiento requeridas para garantizar su calidad. En el ámbito agrícola, la nivelación de tierras con láser mejora la distribución del agua en campos agrícolas, optimizando su uso y reduciendo desperdicios. En India, esta práctica incrementó la productividad agrícola en un 7 % y permitió ahorrar hasta un 14 % del agua destinada al riego (FAO, 2013; WHO, 2024; Jat et al., 2009).

El uso de aguas residuales constituye una alternativa diferente y requiere controles específicos. En Colombia, la Resolución 1256 de 2021 reglamenta el uso de estas aguas y contempla su

aprovechamiento para usos agrícolas e industriales bajo condiciones establecidas por la normativa. Para el uso agrícola se exigen criterios de calidad y medidas de prevención que incluyen la identificación de riesgos, el seguimiento de la calidad y cantidad del agua utilizada y la consideración de las condiciones del suelo y del cultivo. En consecuencia, el reúso no debe presentarse simplemente como una forma de sustituir agua superficial, sino como una alternativa que exige tratamiento cuando corresponda, evaluación del riesgo, control de la calidad, monitoreo y cumplimiento de los requerimientos ambientales y sanitarios aplicables ([Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021](#)).

La implementación de tecnologías para el tratamiento y aprovechamiento del agua debe considerar factores como las condiciones socioeconómicas, agroecológicas y las necesidades específicas de cada comunidad. Estas tecnologías no solo fortalecen la seguridad alimentaria, sino que también ofrecen soluciones frente a la variabilidad climática y promueven la gestión sostenible de cuencas. Igualmente, permiten optimizar el recurso hídrico, minimizando el desperdicio y asegurando agua limpia para actividades agrícolas, industriales y domésticas ([Martínez Guzmán, 2013](#)).

La incorporación de estas tecnologías debe analizarse finalmente dentro del sistema hídrico en el cual serán utilizadas. Una alternativa puede reducir pérdidas en una parcela, complementar el abastecimiento durante parte del año o permitir el aprovechamiento de un flujo previamente descartado y, aun así, no representar una reducción equivalente de la presión sobre la fuente superficial. Por esta razón, la evaluación debe considerar conjuntamente el volumen extraído, el agua efectivamente consumida, los retornos al sistema, la calidad del agua y las necesidades de otros usuarios y de los ecosistemas. Bajo este enfoque, la tecnología constituye un

componente de la gestión sostenible del agua, pero su efectividad depende de la forma en que se integra con la planificación del uso del recurso, la protección de las fuentes y la capacidad de las comunidades para mantenerla en funcionamiento.

3.6. Conclusiones y comentarios finales

La gestión sostenible del agua superficial en los sistemas campesinos y familiares requiere relacionar la disponibilidad y calidad de las fuentes con su variación estacional, las necesidades domésticas y productivas y los demás usos presentes en el territorio. Por ello, mejorar su aprovechamiento debe ir acompañado de acciones orientadas a conservar las fuentes y los ecosistemas que contribuyen a su regulación, especialmente cuando un mismo cuerpo de agua abastece diferentes usuarios y actividades.

Las prácticas tradicionales y las soluciones desarrolladas localmente pueden complementarse con tecnologías orientadas a mejorar la captación, almacenamiento, tratamiento y uso productivo del agua. Sin embargo, su pertinencia depende de las condiciones de cada territorio, de la calidad y disponibilidad de la fuente, del uso previsto y de la capacidad para operar y mantener los sistemas. De igual manera, una mayor eficiencia en la conducción o aplicación del agua no implica necesariamente un ahorro efectivo, por lo que también deben considerarse las extracciones, el consumo, los flujos de retorno y la disponibilidad del recurso para otros usos.

En este sentido, las alternativas revisadas constituyen referentes para orientar el manejo del agua en comunidades rurales, pero no deben asumirse como soluciones aplicables de manera uniforme. Para las asociaciones campesinas del norte de Córdoba, su selección debe

responder a las características particulares de las fuentes, los usos identificados, la disponibilidad estacional del agua y las capacidades técnicas, económicas y organizativas de cada comunidad. La articulación entre conocimiento local, protección de las fuentes, planificación y tecnologías apropiadas constituye así la base para un aprovechamiento más sostenible del agua superficial.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261.

Referencias

- Brouwer, C., Goffeau, A., & Heibloem, M. **(1985)**. *Irrigation water management: Training manual No. 1 - Introduction to Irrigation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<https://www.fao.org/4/r4082e/r4082e00.htm>
- Dawande, M., Gavirneni, S., Mehrotra, M., & Mookerjee, V. **(2013)**. Efficient distribution of water between head-reach and tail-end farms in developing countries. *Manufacturing & Service Operations Management*, 15(2), 221-238. <http://dx.doi.org/10.1287/msom.1120.0414>
- De La Ossa-Lacayo, A., & Herrera-Betín, J. M. **(2017)**. Los jagüeyes comunitarios como un sistema ambiental antrópico y la importancia de su gestión. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(1), 98-109. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.n1.2017.505>
- Delgado-García, S. M., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. **(2017)**. Gestión del agua en comunidades rurales; caso de estudio cuenca del río

Guayuriba, Meta-Colombia. *Revista Luna Azul*, (45), 59–70.
<https://doi.org/10.17151/LUAZ.2017.45.5>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. **(2026, 20 de febrero)**. *Boletín semanal: Precios mayoristas. Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA)* (núm. 697).
<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/SIPSA/bol-SIPSASemanal-14feb20feb-2026.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. **(2014)**. *CONPES 3810: Política para el suministro de agua potable y saneamiento básico en la zona rural*. Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES.
https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/misiones/mision-crecimiento-verde/Documents/Documentos%20CONPES/Publicados/CONPES%203810%20-%20AGUA%20POTABLE%20Y%20SANEAMIENTO%20EN%20ZONA%20RURAL.pdf

Fereres, E., & Soriano, M. A. **(2007)**. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>

Flaticon. **(s. f.)**. *Iconos y recursos gráficos*. Freepik Company.
<https://www.flaticon.es/>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **(2019)**. *Water use in livestock production systems and supply chains: Guidelines for assessment (Version 1)*. Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. <https://doi.org/10.4060/ca5685en>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **(2020)**. *The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture*. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **(2024)**. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue Transformation in action*.
<https://doi.org/10.4060/cd0683en>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **(2025)**. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2025 – The potential to produce more and better*. Rome.
<https://doi.org/10.4060/cd7488en>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **(s. f.)**. Indicator 6.4.1 - Change in water use efficiency over time. SDG Indicators Data Portal. <https://www.fao.org/sustainable-development-goals-data-portal/data/indicators/641-change-in-water-use-efficiency-over-time/en>

Gómez-Mosquera, W. **(2017)**. *Abastecimiento de agua potable en comunidades rurales en el Chocó biogeográfico. Aplicación de tecnologías no convencionales*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63097>

Góngora-Duarte, A. F., & Trujillo-González, J. M. **(2025)**. Estado del arte de la huella hídrica agrícola en Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 27(2), e-30214581. <https://doi.org/10.25100/iyc.v27i2.1458>

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. **(2011)**. *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Earthscan.
https://waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_English.pdf

Hsiao, T. C., Steduto, P., & Fereres, E. **(2007)**. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science*, 25(3), 209–231. <http://dx.doi.org/10.1007/s00271-007-0063-2>

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. **(2023)**. *Estudio Nacional del Agua 2022*. IDEAM.
https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2024-08-27/estudio_nacional_del_agua_2022.pdf
- Jat, M. L., Gathala, M. K., Ladha, J. K., Saharawat, Y. S., Jat, A. S., Kumar, V., Sharma, S. K., Kumar, V., & Gupta, R. **(2009)**. Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice-wheat rotation: Water use, productivity, profitability and soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 105(1), 112-121.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2009.06.003>
- Martínez Guzmán, M. A. **(2013)**. *Tecnologías para el uso sostenible del agua: una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. Global Water Partnership Centroamérica, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/tecnologias-para-el-uso-sostenible-del-agua.pdf
- Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. **(2011)**. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 1577–1600, <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. **(2012)**. A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* 15, 401–415.
<https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>
- Mialyk, O., Schyns, J. F., Booij, M. J., Su, H., Hogeboom, R. J., & Berger, M. **(2024)**. Water footprints and crop water use of 175 individual crops for 1990–2019 simulated with a global crop model. *Scientific Data*, 11, 206.
<https://doi.org/10.1038/s41597-024-03051-3>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. **(2017)**. *Resolución 0464 de 2017, Por la cual se adoptan los Lineamientos estratégicos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria y se dictan otras disposiciones*.

<https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/cf3d8b5c-c896-4e16-b133-7788c481ad7d/content>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. **(2021)**. *Resolución 1256 de 2021, por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1256-de-2021.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. **(2026)**. *Política Nacional del Agua 2026-2050: para la Justicia Ambiental e Hídrica*. 258 p.

https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2026/08/VersionFinal_POLITICA-NACIONAL-DEL-AGUA-2026_agosto_2026.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. **(2010)**. *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, p. 124.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. **(2008)**.

Almacenamiento tradicional del agua de escorrentía en ambientes semiáridos: Aspectos geomorfológicos e hidrológicos de los aljibes. En *Inventario de Tecnologías Disponibles en España para la Lucha Contra la Desertificación*. Gobierno de España.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/0904712280144dbf_tcm30-152710.pdf

Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. **(2007)**. *Resolución 2115 de 2007, por medio de la*

cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. **(2018)**. *Resolución 0844 de 2018, por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del título 7, de la parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015.*
<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-844-de-2018.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. **(2021)**. *Resolución 0076 de 2021, por la cual se adopta el Plan Nacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento Básico rural y se dictan otras disposiciones.*
<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0076-2021.pdf>

Moreno Lozano, D. **(2020)**. *Metodología de dimensionamiento de un sistema de recolección de aguas lluvias con un mecanismo de separación de primer flujo variable.* [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Uniandes.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/c52a6ee1-7e70-412a-9152-76ac689b3334/content>

Organisation for Economic Co-operation and Development. **(2023)**. *Policies for the Future of Farming and Food in Spain.* OECD Agriculture and Food Policy Reviews, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a93d26be-en>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **(2013)**. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en américa latina y el caribe.* FAO.
<https://www.fao.org/4/i3247s/i3247s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
(2021). *Aljibes: almacenaje de agua*. FAO-TECA.

<https://teca.apps.fao.org/en/technologies/6029/>

Pedrozo Acuña, A. (2020). La paradoja de la eficiencia en el uso del agua.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). *Perspectivas IMTA*,
(22). <http://dx.doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-22>

Pérez-Rincón, M. A., Hurtado, I. C., Restrepo, S., Bonilla, S. P., Calderón, H., &
Ramírez, A. (2017). Metodología para la medición de la huella hídrica en
la producción de tilapia, cachama y trucha: estudios de caso para el Valle
del Cauca (Colombia). *Ingeniería y Competitividad*, 19(2), 109-120.
<https://doi.org/10.25100/iyc.v19i2.5298>

Perry, C., & Steduto, P. (2017). Does improved irrigation technology save
water? A review of the evidence. Food and Agriculture Organization of
the United Nations [FAO].
[https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4416ca40-
cebf-4272-a847-bdadf377a1df/content](https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4416ca40-cebf-4272-a847-bdadf377a1df/content)

Pixabay. (s. f.). *Banco de imágenes, ilustraciones, vectores y videos*.
<https://pixabay.com/es/>

Presidencia de la República de Colombia. (2007). *Decreto 1575 de 2007, por
el cual se establece el Sistema para la protección y control de la calidad del
agua para consumo humano*. Gestor Normativo – Función Pública.
[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i
=30007](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007)

Salcedo, S., & Guzmán, L. (Eds.). (2014). *Agricultura Familiar en América
Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política*. FAO.
<https://www.fao.org/4/i3788s/i3788s.pdf>

- Sandoval H., J., & Varas B., E. **(1989)**. Sistemas de conducción y distribución de aguas en el predio (1a parte). *Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca*, 8(2), 10–15. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/30580>
- United Nations. **(2024)**. *The United Nations World Water Development Report 2024, Water for prosperity and peace*. UNESCO World Water Assessment Programme (WWAP). <https://doi.org/10.54679/WZDQ6209>
- United Nations. **(2026)**. *The Sustainable Development Goals Report 2026*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2026/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2026.pdf>
- Valdez, F. (Ed.). **(2006)**. *Agricultura ancestral: Camellones y albarradas. Contexto social, usos y retos del pasado y del presente*. Instituto Francés de Estudios Andinos. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010039069.pdf
- Vallejo-Aristizábal, M. F. **(2019)**. Albarradas: Pertinencia de los saberes ancestrales frente a la colonialidad del desarrollismo. *Revista de Ciências Sociais*, 50(3), 223–247. <https://doi.org/10.36517/rcs.50.3.d07>
- Van Opstal, J., Droogers, P., Kaune, A., Steduto, P., & Perry, C. **(2021)**. *Guidance on realizing real water savings with crop water productivity interventions*. FAO and Future Water. <https://doi.org/10.4060/cb3844en>
- Van Wesemael, B., Poesen, J., Solé-Benet, A., Cara Barrionuevo, L., & Puigdefàbregas, J. **(1998)**. Collection and storage of runoff from hillslopes in a semi-arid environment: geomorphic and hydrologic aspects of the aljibe system in Almeria Province, Spain. *Journal of Arid Environments*, 40(1), 1–14. <https://doi.org/10.1006/jare.1998.0429>
- World Health Organization. **(2024)**. *Guidelines for drinking-water quality: small water supplies*. World Health Organization.

<https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/4a3dc8a4-9f08-4d62-b7ec-96d70be6b177/content>

World Health Organization. **(2025)**. *Compendium of drinking-water systems and technologies from source to consumer*. World Health Organization.
<https://iris.who.int/handle/10665/383116>.

World Water Assessment Programme. **(2016)**. *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244103>

World Water Assessment Programme. **(2018)**. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494>

Capítulo 4

Diseño metodológico para la evaluación del uso y calidad del agua superficial en asociaciones campesinas rurales del norte de Córdoba

Enadis Gaviria Contreras
Kevin H. Libreros Castillo
Keiby E. Mora Salgado
Emiro José Medellín Fernández

Resumen

Este capítulo presenta el diseño metodológico empleado para evaluar las condiciones de acceso, abastecimiento, uso y calidad fisicoquímica del agua en cuatro asociaciones campesinas rurales localizadas en los municipios de Chimá, Purísima, San Pelayo y Tuchín, en el norte del departamento de Córdoba. El estudio se desarrolló mediante un enfoque descriptivo de carácter aplicado, sustentado en información primaria obtenida durante visitas de campo, encuestas, entrevistas con representantes y miembros de las asociaciones, observación

directa de las fuentes y prácticas de abastecimiento, así como en la toma y análisis fisicoquímico de muestras procedentes de puntos de captación comunitaria seleccionados. La información demográfica, territorial y de cobertura de acueducto proveniente de fuentes institucionales se empleó como referencia contextual para la caracterización de las áreas de estudio y la interpretación de las condiciones observadas.

El procedimiento se organizó en cinco etapas: delimitación territorial del área de estudio; definición de los criterios de selección de las asociaciones; identificación y caracterización de las fuentes de abastecimiento y de los usos del agua; recopilación de información primaria y toma de muestras; y organización, depuración y análisis descriptivo de los datos. La información obtenida se estructuró para examinar tres componentes relacionados: las fuentes y condiciones de acceso al agua, los usos domésticos y productivos, y las características fisicoquímicas de las muestras analizadas. Los resultados se interpretan a escala de las asociaciones participantes y de los puntos de captación evaluados, por lo que no constituyen un diagnóstico general de los municipios estudiados. Asimismo, debido a que la caracterización analítica no incluyó parámetros microbiológicos ni toxicológicos, sus resultados permiten reconocer condiciones y posibles restricciones fisicoquímicas de las muestras, pero no establecer por sí solos la aptitud del agua para consumo humano.

Palabras clave: agua superficial, asociaciones campesinas, abastecimiento rural, acceso al agua, usos del agua, calidad fisicoquímica.

4.1. Diseño metodológico del estudio

La evaluación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo de carácter aplicado, orientado a caracterizar las condiciones de acceso, abastecimiento, manejo y uso del agua en las asociaciones campesinas seleccionadas, así como las características fisicoquímicas de muestras obtenidas en puntos de captación comunitaria. El análisis consideró las fuentes utilizadas por las familias y unidades productivas, los usos domésticos y productivos del recurso, las condiciones de infraestructura y almacenamiento observadas y las prácticas de tratamiento reportadas durante el levantamiento de información. La caracterización fisicoquímica complementó esta información mediante el análisis de muestras procedentes de fuentes seleccionadas en cada asociación.

La metodología se organizó en cinco etapas: (i) delimitación territorial del área de estudio y caracterización general de las asociaciones rurales participantes; (ii) definición de criterios para la selección de las asociaciones, considerando su localización rural, las condiciones de abastecimiento y la utilización de fuentes superficiales como parte de sus alternativas de acceso al agua; (iii) identificación y caracterización preliminar de las fuentes utilizadas y de los principales usos del agua; (iv) recopilación de información primaria mediante encuestas, entrevistas, observación directa y toma de muestras en puntos de captación seleccionados; y (v) organización, depuración y análisis descriptivo de la información, con comparación de los patrones observados entre asociaciones.

El alcance del estudio se circunscribe a las asociaciones participantes, a las familias o integrantes incluidos en el levantamiento de información y a los puntos de captación evaluados. En consecuencia los resultados obtenidos no constituyen un diagnóstico integral de los

servicios de abastecimiento de agua y saneamiento de los municipios de Chimá, Purísima, San Pelayo y Tuchín, ni deben extrapolarse al conjunto de sus poblaciones rurales. La información demográfica, territorial y de cobertura de acueducto procedente de fuentes institucionales se utilizó como referencia para contextualizar las áreas de estudio y las condiciones generales de abastecimiento. Por su parte, las encuestas, entrevistas, observaciones de campo, registros de las fuentes utilizadas y análisis fisicoquímicos de las muestras conformaron la base primaria empleada para examinar las condiciones de acceso y abastecimiento, los usos domésticos y productivos del agua y la calidad fisicoquímica presentada en el capítulo de resultados.



Figura 4.1. *Secuencia metodológica aplicada para la evaluación del uso y calidad del agua superficial.* Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Diseño, alcance y unidades de análisis

El estudio se orientó a caracterizar las condiciones de acceso, abastecimiento y uso del agua en cuatro asociaciones campesinas rurales del norte de Córdoba, con énfasis en las fuentes superficiales empleadas para consumo directo, actividades domésticas y distintos usos productivos, entre ellos agricultura, piscicultura, cría de especies menores y labores artesanales. Debido a que las familias recurren a diferentes alternativas de abastecimiento según la disponibilidad de agua y su finalidad de uso, también se registraron fuentes

complementarias, como agua de lluvia, sistemas comunitarios de acueducto o microacueducto y compra de agua, cuando estas formaban parte de las prácticas observadas.

La asociación constituyó la unidad principal de análisis, dado que la organización, comparación e interpretación de resultados se realizó para Asociación de Productores y Pescadores del corregimiento de Sitio Viejo (APROPES), en Chimá; Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos (APAE), en Purísima; Asociación Agropecuaria y Ecológica de Productores del Medio Sinú (AEPROMSI), en San Pelayo; y Asociación de Artesanos del Pueblo Zenú (ASOARPZ), en Tuchín. Para el levantamiento de la información se consideraron, a su vez, distintas unidades de observación: los hogares o núcleos familiares incluidos en las encuestas, los representantes y miembros consultados durante las entrevistas y visitas de campo, y las fuentes y puntos de captación seleccionados para la caracterización fisicoquímica. Esta diferenciación permite relacionar la información obtenida en los hogares y en las fuentes con las condiciones particulares de cada asociación, sin atribuir a una observación individual un alcance mayor al que corresponde.

En consecuencia, los resultados se interpretan a escala de las asociaciones participantes y a las unidades efectivamente observadas. El diseño permite describir y comparar patrones de abastecimiento, usos del agua, prácticas domésticas de manejo y caracterización fisicoquímicas de las muestras analizadas, pero no fue concebido para estimar indicadores representativos de toda la población de Chimá, Purísima, San Pelayo o Tuchín. Tampoco los resultados obtenidos en un punto de captación deben entenderse como una caracterización exhaustiva de todas las fuentes utilizadas por una asociación o de su variación temporal.

4.1.2. Caracterización territorial de las áreas de estudio y criterios de selección

Para contextualizar territorialmente la selección de las asociaciones se consultó información demográfica e institucional de Chimá, Purísima, San Pelayo y Tuchín, municipios del norte del departamento de Córdoba donde se localizaron las organizaciones participantes. La caracterización se concentró en la distribución de la población entre cabeceras municipales, centros poblados y áreas rurales dispersas, por tratarse de un aspecto pertinente para interpretar las condiciones de abastecimiento de las comunidades ubicadas fuera de los principales núcleos urbanos. Esta información municipal se utilizó como referencia contextual y no como sustituto de las condiciones de acceso al agua verificadas posteriormente en cada asociación.

La selección respondió a criterios definidos de acuerdo con el alcance del estudio. Se consideraron la localización en zonas rurales o centros poblados; la trayectoria organizativa previa al desarrollo del proyecto; el uso directo o complementario de fuentes superficiales para atender necesidades domésticas o productivas; las limitaciones identificadas en el acceso regular a agua tratada; la diversidad de actividades productivas desarrolladas por las organizaciones; y la viabilidad para realizar el levantamiento de información primaria. Como criterio administrativo, se consideraron organizaciones productivas o comunitarias formalmente constituidas y con una trayectoria mínima de dos años al inicio del proyecto. La aplicación de estos criterios permitió incorporar asociaciones vinculadas con actividades agrícolas, piscícolas, pecuarias y artesanales, sin asumir que constituyeran una muestra estadísticamente representativa del conjunto de asociaciones campesinas del departamento.

El uso de fuentes superficiales no se consideró de manera excluyente frente a otras formas de abastecimiento. Durante el reconocimiento de las asociaciones también se registraron alternativas complementarias, entre ellas captación de agua lluvia, sistemas de acueducto o microacueducto y compra de agua, cuando formaban parte de las prácticas de abastecimiento. Esta diferenciación permitió mantener el agua superficial como objeto principal del estudio y, al mismo tiempo, reconocer que los hogares y unidades productivas podían recurrir a distintas fuentes de acuerdo con su disponibilidad y finalidad de uso.

Para 2023, las proyecciones de población basadas en el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 mostraban un predominio de población localizada en centros poblados y áreas rurales dispersas en los cuatro municipios seleccionados. Esta población presentaba aproximadamente el 80,1 % en Chimá, el 60,1 % en Purísima, el 83,7 % en San Pelayo y el 87,0 % en Tuchín (**Tabla 4.1**). La distribución territorial se utilizó para contextualizar el criterio de ruralidad aplicado en el diseño y no para inferir las condiciones particulares de acceso al agua de las asociaciones participantes ([Departamento Nacional de Planeación \[DNP\], 2023](#)).

Tabla 4.1. *Caracterización demográfica de los municipios vinculados al estudio, 2023.* Fuente: elaboración propia con base en [DNP \(2023\)](#), a partir de proyecciones de población del DANE ([2018](#)) basadas en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018.

Municipio	Población total 2023	Cabecera municipal <i>n</i> (%)	Rural y centros poblados <i>n</i> (%)	Hombres <i>n</i> (%)	Mujeres <i>n</i> (%)	Asociación vinculada
Chimá	18.287	3.648 (19,9)	14.639 (80,1)	9.357 (51,2)	8.930 (48,8)	APROPES

Purísima	17.962	7.169 (39,9)	10.793 (60,1)	9.077 (50,5)	8.885 (49,5)	APAE
San Pelayo	54.125	8.831 (16,3)	45.294 (83,7)	27.351 (50,5)	26.774 (49,5)	AEPROMSI
Tuchín	56.142	7.311 (13,0)	48.831 (87,0)	29.037 (51,7)	27.105 (48,3)	ASOARPZ

Nota. n = número de habitantes; % = proporción respecto de la población total municipal. La categoría “centros poblados y rural disperso” corresponde a la clasificación territorial utilizada en las proyecciones de población.

Los indicadores municipales relacionados con la prestación del servicio de acueducto se consultaron como información complementaria durante la caracterización territorial. No obstante, estos registros no se utilizaron como medida directa del acceso efectivo de las asociaciones, debido a que una cobertura municipal agregada no permite establecer por sí sola la fuente realmente utilizada, la continuidad del abastecimiento ni las condiciones de tratamiento disponibles en una comunidad determinada. Estas características se verificaron mediante el levantamiento de información primaria y se analizaron posteriormente para cada asociación.

4.1.3. Identificación preliminar de fuentes y formas de abastecimiento de agua

La identificación preliminar se realizó mediante recorridos y observación directa en campo, encuestas y entrevistas con representantes y miembros de las asociaciones. Durante esta etapa se reconocieron las fuentes y formas de abastecimiento utilizadas para atender necesidades domésticas y productivas, diferenciando cuerpos de agua superficiales, como ciénagas, caños y arroyos; reservorios o infraestructuras de almacenamiento, entre ellos represas, embalses y estanques, así como la captación de agua lluvia y otras alternativas de

abastecimiento reportadas por las familias. Cuando correspondió, también se registró la existencia de sistemas de acueducto o microacueducto y otras formas complementarias de acceso al agua.

El reconocimiento permitió distinguir entre las fuentes identificadas en el territorio, aquellas efectivamente utilizadas por las familias o unidades productivas y la finalidad asignada al agua en cada caso. Para ello se consideraron usos como consumo directo, actividades domésticas, agricultura, piscicultura, cría de especies menores y producción artesanal. Esta diferenciación resultó necesaria debido a que una misma asociación podía recurrir a varias fuentes de abastecimiento y utilizar cada una de ellas con finalidades distintas.

La información obtenida durante esta etapa se utilizó para orientar la selección de los puntos de captación sometidos posteriormente a caracterización fisicoquímica y para registrar condiciones observables del entorno, de la captación y del almacenamiento que pudieran ser relevantes para interpretar la calidad de las muestras. La presencia de estas condiciones se consideró únicamente como información de contexto y no como evidencia suficiente de contaminación de la fuente.

El reconocimiento de las formas de abastecimiento tampoco se limitó a verificar la existencia de infraestructura de acueducto o microacueducto. Se documentó la fuente efectivamente utilizada, su finalidad de uso y, cuando la información estuvo disponible, las prácticas de almacenamiento y tratamiento doméstico reportadas por los participantes. La caracterización definitiva de las fuentes, sus usos predominantes y las prácticas de manejo identificadas se presenta en el capítulo de resultados.

4.1.4. Recopilación de información primaria

La información primaria se recopiló durante un periodo aproximado de 18 meses mediante visitas realizadas a las cuatro asociaciones participantes. El levantamiento incluyó encuestas, entrevistas con representantes y miembros de las organizaciones, recorridos y observación directa de las fuentes y puntos de captación, así como el reconocimiento de las condiciones de almacenamiento, las prácticas domésticas de manejo del agua y los usos asociados a las actividades familiares y productivas. Cuando las condiciones de campo lo permitieron, la información reportada por los participantes se complementó y contrastó cualitativamente con las observaciones realizadas durante las visitas.

En total se sistematizaron 55 encuestas correspondientes a hogares o núcleos familiares vinculados con APROPE, APAE, AEPROMSI Y ASOARPZ. La composición familiar registrada en estas encuestas reunió 253 personas. El instrumento permitió documentar las fuentes o formas de abastecimiento utilizadas, la finalidad del agua, las prácticas de almacenamiento y tratamiento doméstico y la cantidad diaria de agua reportada por familia. Esta última variable se consideró como información declarada por los participantes y no como una medición volumétrica directa del consumo. Las entrevistas y las observaciones de campo se utilizaron como información complementaria para reconocer condiciones de acceso, variaciones en el abastecimiento, infraestructura disponible y características de captación y almacenamiento relevantes para la interpretación del estudio.

A partir del reconocimiento previo de las fuentes se seleccionaron puntos de captación para la caracterización fisicoquímica. La selección consideró su utilización por las familias o unidades productivas y su

pertinencia para los usos evaluados. Los resultados analíticos presentados en el estudio correspondieron a puntos de captación asociados con un estanque en APROPES, una represa en APAE, un caño en AEPRMSI y un embalse en ASOARPZ. En consecuencia, la caracterización se interpretó como una evaluación puntual de las muestras analizadas y no como una representación espacial o temporal de la totalidad de las fuentes utilizadas por cada asociación.

Las muestras se destinaron a la determinación de las variables fisicoquímicas definidas en el diseño del estudio. Debido a que la evaluación no incorporó parámetros microbiológicos ni toxicológicos, los resultados obtenidos no se utilizaron para establecer por sí solos la potabilidad del agua. Para las muestras asociadas con usos de consumo humano, el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007 se emplearon como referentes sanitarios de comparación para los parámetros aplicables, sin equiparar esta caracterización puntual con el sistema oficial de control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano ([Presidencia de la República de Colombia, 2007; Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007](#)).

4.1.5. Procesamiento, análisis descriptivo e interpretación de datos

La información recopilada se organizó por asociación y según su procedencia, diferenciando los datos obtenidos mediante encuestas y entrevistas, las observaciones realizadas durante las visitas de campo y los resultados fisicoquímicos de las muestras analizadas. Durante el procesamiento de la información se revisó la consistencia de los registros, se homogeneizaron las denominaciones empleadas para las fuentes y los usos del agua y se verificaron las unidades utilizadas para presentar las variables cuantitativas. Las formas de abastecimiento se

clasificaron de acuerdo con el tipo de fuente identificada y con la finalidad de uso reportada por los participantes.

El tratamiento de los datos fue de carácter descriptivo. Las variables categóricas se resumieron mediante frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se analizaron mediante medidas de tendencia central y dispersión, de acuerdo con la naturaleza y distribución de los datos. La información se organizó por asociación para facilitar la comparación de los patrones observados. Entre los indicadores obtenidos se consideraron el tamaño familiar promedio, el número de hogares o encuestas que reportaron prácticas de tratamiento y el consumo familiar diario promedio. El consumo per cápita se estimó a partir de la relación entre el consumo familiar promedio y el tamaño familiar promedio registrado para cada asociación, por lo que este indicador se interpretó como una estimación derivada de la información declarada por los participantes y no como una medición directa del consumo individual. Debido al carácter aplicado del estudio, al tamaño reducido y desigual de los grupos evaluados y a que el diseño no estuvo orientado a realizar inferencias poblacionales, las comparaciones entre asociaciones se interpretaron de manera descriptiva y no como pruebas de diferencias estadísticas extrapolables a la población municipal o departamental.

Las fuentes y formas de abastecimiento, los usos domésticos y productivos y las prácticas de manejo del agua se compararon descriptivamente entre las asociaciones, conservando las particularidades observadas en cada una. De manera independiente, los valores fisicoquímicos obtenidos en las muestras correspondientes a los puntos de captación seleccionados se organizaron por asociación y parámetro para facilitar su lectura comparativa. Estas diferencias se interpretaron de manera descriptiva y no como diferencias

estadísticamente significativas entre asociaciones, debido al alcance puntual de la caracterización analítica.

La interpretación integró la información declarada en las encuestas y entrevistas, las condiciones registradas mediante observación directa y los resultados analíticos disponibles, manteniendo diferenciada la procedencia de cada evidencia. Este procedimiento permitió relacionar las formas de abastecimiento con los usos del agua, las prácticas domésticas de manejo y las características fisicoquímicas de las muestras, sin extrapolar los resultados a la totalidad de las familias vinculadas a las asociaciones ni a la población de los municipios donde estas se localizan.

Tabla 4.2. *Variables consideradas para la evaluación del acceso, uso, manejo y calidad fisicoquímica del agua.* Fuente: elaboración propia con base en la información primaria del estudio y las fuentes institucionales empleadas para la caracterización territorial.

Componente	Variables o indicadores	Instrumento o fuente de información	Naturaleza del dato
Acceso y abastecimiento	Fuentes y formas de abastecimiento utilizadas; infraestructura de captación y almacenamiento; variaciones estacionales de abastecimiento reportadas.	Encuestas, entrevistas y observación directa	Primario
Uso y consumo del agua	Consumo directo; uso doméstico; agricultura; piscicultura; cría de especies menores; actividades artesanales; consumo familiar diario reportado; tamaño familiar; consumo per cápita estimado.	Encuestas y entrevistas	Primario y derivado

Manejo y tratamiento doméstico	Filtración inicial, sedimentación, clarificación, hervido, desinfección y otras prácticas reportadas.	Encuestas, entrevistas y observación directa	Primario
Calidad. fisicoquímica	pH, conductividad eléctrica, turbidez, color real, sólidos totales disueltos, dureza total, dureza cálcica, cloruros, sulfatos, hierro total y olor	Muestreo y reportes de análisis fisicoquímico de laboratorio	Primario analítico
Contexto territorial	Población total y distribución entre cabecera municipal, centros poblados y rural disperso.	DANE y DNP.	Secundario contextual

4.2. Evaluación del uso y calidad del agua superficial en asociaciones campesinas

La evaluación se organizó en tres componentes complementarios: acceso y fuentes de abastecimiento, usos domésticos y productivos del agua, y calidad fisicoquímica de las muestras obtenidas en los puntos de captación seleccionados. Esta estructura permitió relacionar las formas mediante las cuales las familias y unidades productivas accedían al agua con la finalidad asignada al recurso y con las características fisicoquímicas determinadas en las muestras analizadas. La evaluación no se limitó, por tanto, al análisis de laboratorio, sino que incorporó información sobre las condiciones de abastecimiento, almacenamiento y manejo reportadas u observadas durante el trabajo de campo.

El componente de acceso permitió reconocer las fuentes y alternativas de abastecimiento utilizadas en cada asociación, incluyendo las fuentes superficiales como objeto principal del estudio y otras formas complementarias de suministro identificadas durante el levantamiento de información. El componente de uso consideró el consumo directo y las actividades domésticas y productivas

relacionadas con agricultura, piscicultura, cría de especies menores y producción artesanal, según correspondiera a cada organización. Por su parte, el componente de calidad se circunscribió a la caracterización fisicoquímica de las muestras analizadas y se interpretó de acuerdo con el alcance puntual definido para los puntos de captación seleccionados.

La información procedente de estos tres componentes se examinó de manera conjunta, pero manteniendo diferenciada la naturaleza de cada evidencia. Las fuentes y usos del agua y las prácticas domésticas de manejo se obtuvieron principalmente mediante encuestas, entrevistas y observación de campo, mientras que las características fisicoquímicas corresponden a resultados analíticos de laboratorio. Esta diferenciación permitió comparar descriptivamente las condiciones observadas entre las asociaciones sin atribuir a la información declarada, a las observaciones de campo o a una muestra individual un alcance mayor al establecido por el diseño metodológico.

La vigilancia oficial de la calidad del agua para consumo humano, expresada mediante indicadores como IRCA, aporta una referencia sanitaria de escala municipal. Sin embargo, en este estudio se considera información complementaria y no un sustituto de los datos primarios, debido a que muchas fuentes usadas por comunidades rurales no corresponden a sistemas formales de distribución reportados de manera regular ([Instituto Nacional de Salud \[INS\], s. f.](#)).

4.2.1. Variables de acceso, abastecimiento, uso y manejo del agua

Para caracterizar las condiciones de acceso y abastecimiento se identificaron las fuentes y alternativas utilizadas por las familias y unidades productivas de cada asociación. Se registraron los cuerpos de agua superficial empleados, los reservorios o infraestructuras de

almacenamiento disponibles y las formas complementarias de abastecimiento, entre ellas la captación de agua lluvia, los sistemas de acueducto o microacueducto y la compra de agua, cuando correspondió. Esta diferenciación permitió establecer la procedencia del agua, reconocer las combinaciones de fuentes utilizadas y relacionarlas con la finalidad asignada al recurso.

Las variables de uso permitieron diferenciar el consumo directo, las actividades domésticas y los usos productivos asociados con agricultura, piscicultura, cría de especies menores y producción artesanal. También se registró la cantidad diaria de agua reportada por familia como parte de la caracterización del consumo. Debido a que una misma asociación podía recurrir a distintas fuentes según la actividad desarrollada, las formas de abastecimiento y los usos se analizaron de manera relacionada, sin asumir que una única fuente atendiera todas las necesidades de los hogares o de las unidades productivas.

El manejo doméstico se caracterizó mediante las prácticas de almacenamiento y tratamiento reportadas por los participantes y, cuando fue posible, complementadas con las observaciones realizadas durante las visitas de campo. Entre las prácticas consideradas se incluyeron filtración inicial, sedimentación, clarificación, hervido y desinfección. Estos registros se utilizaron para describir las estrategias empleadas por los hogares antes del uso del agua y no como evidencia suficiente de potabilización o de cumplimiento de los requisitos establecidos para el agua destinada al consumo humano.

4.2.2. Variables fisicoquímicas de calidad del agua

La evaluación fisicoquímica incluyó parámetros que permiten describir condiciones básicas de calidad del agua y orientar la

identificación de posibles restricciones para consumo directo, uso doméstico o actividades productivas. La caracterización fisicoquímica incluyó pH, conductividad eléctrica, turbidez, color real, sólidos totales disueltos, dureza total, dureza cálcica, cloruros, sulfatos, hierro total, alcalinidad total y olor. En conjunto, estas variables permitieron describir algunas características de las muestras relacionadas con el equilibrio ácido-base, la mineralización y carga iónica, la presencia de partículas, la dureza y determinadas propiedades organolépticas. Los resultados se utilizaron como una caracterización inicial de los puntos de captación seleccionados y para identificar parámetros que requerían atención posterior de acuerdo con el uso previsto del agua.

La interpretación mantuvo diferenciadas las variables determinadas analíticamente de aquellas que no hicieron parte de la caracterización. El estudio no incluyó análisis microbiológicos ni toxicológicos y tampoco comprendió todos los parámetros requeridos para evaluar de manera integral la aptitud del agua para los diferentes usos productivos. Por esta razón, la ausencia de información sobre microorganismos u otros contaminantes no se interpretó como evidencia de su ausencia en las fuentes evaluadas.

Cuando el agua reportada por las familias se destina al consumo directo o a usos domésticos relacionados con preparación de alimentos e higiene, el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007 se utilizaron como referentes sanitarios para la interpretación de los parámetros que contaban con correspondencia normativa. Esta comparación se realizó respetando la denominación, unidad y alcance de cada determinación analítica; por tanto, no se asumió equivalencia entre parámetros distintos, como color real y color aparente, ni entre dureza cálcica y concentración de calcio ([Presidencia de la República de Colombia, 2007; Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007](#)).

Debido al alcance fisicoquímico y puntual de la caracterización, los resultados de las muestras analizadas no permitieron establecer por sí solos la potabilidad del agua ni sustituir los procedimientos oficiales de control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Los valores obtenidos y su interpretación comparativa se presentan en el capítulo de resultados.

4.3. Alcance, consideraciones metodológicas y uso de la información

El capítulo tiene alcance metodológico y sirve como base para interpretar los resultados de estudios posteriores, en caso particular de este estudio el capítulo 5. En consecuencia, no representa conclusiones definitivas sobre potabilidad ni sustituye estudios sanitarios completos. Su función es establecer como se seleccionaron las asociaciones, cómo se identificaron las fuentes, qué información se recolectó, que variables se analizaron y cómo se organizó la valoración del uso y calidad del agua superficial. Igualmente, su alcance se circunscribe a las asociaciones participantes, a los hogares o núcleos familiares incluidos en el levantamiento de información y a los puntos de captación seleccionados para la caracterización fisicoquímica. En consecuencia, los resultados derivados de este diseño no se consideraron representativos de la totalidad de la población de Chimá, Purísima, San Pelayo y Tuchín ni del conjunto de asociaciones campesinas del departamento de Córdoba.

La información secundaria se usa únicamente como soporte contextual cuando aporta elementos verificables sobre población, ruralidad, cobertura de acueducto, vigilancia de calidad o marco normativo. La información primaria recolectada en campo constituye el eje de capítulo, debido a que permite caracterizar fuentes comunitarias que no siempre se reflejan en reportes oficiales.

Las actividades con las asociaciones se desarrollaron bajo principios de participación comunitaria, respeto por los saberes locales y uso responsable de la información. La información levantada permite orientar recomendaciones técnicas, fortalecer procesos de gestión comunitaria del agua y sustentar a necesidad de sistemas de tratamiento apropiados para contextos rurales dispersos, sin desconocer que cada asociación presenta condiciones ambientales, productivas y organizativas propias.

En conjunto, la metodología permitió integrar información sobre las formas de abastecimiento, los usos y el manejo del agua con las características fisicoquímicas de las muestras analizadas. Los resultados obtenidos proporcionan una base para formular recomendaciones técnicas acordes con las condiciones identificadas en cada asociación y para orientar evaluaciones complementarias cuando se requiera una caracterización más amplia de las fuentes o de su aptitud para usos específicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s. y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261. También agradecen a las asociaciones APROPES, ASOARPZ, APAE y AEPROMSI por su participación en las visitas de campo, entrevistas, encuestas y actividades de reconocimiento de fuentes hídricas.

Referencias

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. **(2018)**. *Censo Nacional de Población y Vivienda – 2018*. DANE.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- Departamento Nacional de Planeación. **(2023)**. *Ficha DER Subregiones: Subregión del Sinú*. Resultados DNP-Diálogos Regionales Vinculantes 2022.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Portal%20Territorial/NuevosMandatarios/SINU.pdf>
- Instituto Nacional de Salud. **(s. f.)**. *Vigilancia de la calidad del agua*. SIVICAP.
<https://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx>
- Ministerio de la Protección Social, & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. **(2007)**. *Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>
- Presidencia de la República de Colombia. **(2007, 9 de mayo)**. *Decreto 1575 de 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*.
<https://minvivienda.gov.co/normativa/decreto-1575-2007>

Capítulo 5

Resultados integrados sobre fuentes, usos y calidad fisicoquímica del agua superficial en asociaciones campesinas rurales del norte del departamento de Córdoba

Enadis Gaviria Contreras
Emiro José Medellín Fernández
Rafael A. Bolaño Vásquez
Rosmery Tatiana Ortega Muñoz

Resumen

A continuación, se describen las características principales ligadas a las actividades productivas de las asociaciones campesinas APROPE, APAE, AEPROMSI y ASOARPZ ubicadas en los municipios de Chimá, Purisima, San Pelayo y Tuchín, respectivamente. Asimismo, se describen las fuentes hídricas que emplean dichas comunidades para el abastecimiento de sus actividades económicas y necesidades básicas, al tiempo que se contrasta la calidad y disponibilidad del recurso con los estándares mínimos regidos por la legislación

colombiana. De forma paralela también se detalla las practicas comunes y/o tradicionales empleadas por las comunidades para darle un tratamiento al agua de consumo. Finalmente, se presentan los resultados de las características fisicoquímicas más relevantes de las fuentes hídricas principales empleadas por las comunidades en mención.

Palabras clave: calidad, disponibilidad, características fisicoquímicas, actividades productivas

5.1. Dinámicas de abastecimiento y uso del agua en las asociaciones evaluadas

En las asociaciones campesinas evaluadas del norte de Córdoba se observaron dinámicas diferenciadas en las formas de acceso. Estas variaciones estuvieron relacionadas tanto con las fuentes disponibles como con las actividades domésticas y productivas desarrolladas en cada organización. Aunque el estudio se centró en las aguas superficiales, las encuestas, entrevistas y visitas de campo mostraron que los hogares y las unidades productivas complementaban su abastecimiento mediante captación de agua de lluvia, sistemas de acueducto o microacueducto y compra de agua. La combinación de estas alternativas variaba entre asociaciones y de acuerdo con el uso previsto del recurso

Las asociaciones evaluadas compartieron algunas dificultades relacionadas con el abastecimiento y, en determinadas fuentes comunitarias, no se identificaron sistemas formales de potabilización. Sin embargo, cada una presentó condiciones particulares según su actividad productiva, ubicación territorial, disponibilidad estacional y tipo de fuente utilizada. Por esta razón, los resultados se interpretaron

considerando las combinaciones de fuentes utilizadas y observadas en cada caso, no bajo el supuesto de dependencia exclusiva de una única alternativa de abastecimiento.

De acuerdo con el diseño metodológico descrito en el capítulo 4, los resultados se organizaron en tres componentes: las fuentes y condiciones de acceso al agua, los usos domésticos y productivos, y la calidad fisicoquímica de las muestras obtenidas en los puntos de captación seleccionados. El análisis se realizó a escala de asociación; por tanto, los hallazgos describen las condiciones de las organizaciones y hogares incluidos en el estudio y no se extrapolan al conjunto de la población de los municipios evaluados, tal como se definió en el diseño metodológico.

La caracterización integró tres fuentes de información: las encuestas y entrevistas realizadas a los participantes, las observaciones obtenidas durante las visitas de campo y los resultados fisicoquímicos de laboratorio. A partir de estos registros se describieron el número de encuestas sistematizadas, algunas características de los núcleos familiares incluidos, las fuentes y formas de abastecimiento utilizadas, el consumo diario de agua reportado por familia y las prácticas domésticas de manejo y tratamiento reportadas por los participantes. Los resultados obtenidos en laboratorio se analizaron de manera diferenciada de la información declarada por los participantes y de las observaciones de campo, de acuerdo con el alcance definido en el diseño metodológico.

5.1.1. Fuentes hídricas por asociación y usos predominantes

5.1.1.1. Chimá: Asociación de Productores y Pescadores del corregimiento de Sitio Viejo (APROPES)

La Asociación de Productores y Pescadores del corregimiento de Sitio Viejo (APROPES) está ubicada en el corregimiento de Sitio Viejo, municipio de Chimá, en las coordenadas geográficas 9°06'08"N y 75°37'51"W, con conexión territorial hacia Lórica, Sahagún y Montería (Anaya-Tatis et al., 2022). Esta asociación constituida en 2006 (Registro Único Empresarial y Social [RUES], s. f.-c), desarrolla sus actividades en un entorno estrechamente relacionado con la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, donde la piscicultura y la agricultura tienen un papel importante en la dinámica productiva local. De acuerdo con la información recopilada para el estudio, a diciembre de 2025, la asociación contaba con 21 integrantes activos. Al incluir a sus núcleos familiares vinculados al proyecto, la población beneficiaria directa ascendió a 86 personas: 41 mujeres y 45 hombres. Esta cifra corresponde a la población beneficiaria certificada del proyecto y debe diferenciarse del número de hogares encuestados para los análisis de consumo y abastecimiento de agua.

La actividad productiva desarrollada por los integrantes de APROPES se concentra principalmente en la piscicultura y la agricultura. En la producción piscícola se registraron cultivos de tilapia roja y bocachico, mientras que en la producción agrícola se reportaron cultivos como patilla, maíz, yuca, habichuela, berenjena, ají y tomate. El desarrollo de estas actividades explica una parte importante de la demanda productiva de agua identificada durante las visitas, además de los usos domésticos considerados en el estudio (**Figura 5.1**). La mayor parte de estos productos se destinaba al autoconsumo, con excepción de la patilla, que constituye una fuente clave de ingresos gracias a su comercialización en mercados departamentales y nacionales.



Figura 5.1. *Estanques para el a) cultivo de peces y b) abastecimiento de agua de APROPES.* Fuente: imágenes de archivos fotográficos propios.

La información recopilada permitió reconocer que APROPES no dependía de una sola fuente para cubrir sus necesidades de agua. Según la finalidad, recurría a distintas fuentes de abastecimiento, entre ellas la Ciénaga Grande del Bajo Sinú, una represa comunitaria, estanques y la captación de agua de lluvia para satisfacer sus necesidades domésticas y productivas. La represa construida para el abastecimiento comunitario representaba una fuente importante en periodos de baja disponibilidad. Esta fuente y el agua de lluvia se utilizaban principalmente para consumo directo y usos domésticos, mientras que la ciénaga y los estanques se relacionaban con actividades piscícolas, agrícolas y otros usos productivos de pequeña escala (**Figura 5.2**). Esta distribución evidenció que el abastecimiento dependía de la combinación de varias fuentes y de la finalidad asignada al agua en cada momento.



Figura 5.2. a) *Represa de la comunidad de Sitio Viejo*, b) *abastecimiento de agua de la represa para las necesidades básicas* y, c) *tanques de captación de agua de lluvia en hogares de la comunidad para el consumo humano*. Fuente: imágenes fotográficas propias.

Las visitas de campo y las entrevistas permitieron reconocer variaciones estacionales en la disponibilidad de las fuentes. Los participantes señalaron que, durante los periodos secos, disminuyen los niveles de agua tanto en el sistema cenagoso como en los reservorios utilizados por la comunidad (**Figura 5.3**). Estas observaciones se interpretaron como variaciones de abastecimiento reportadas y observadas durante el estudio, pero no corresponden a mediciones de caudal o disponibilidad hídrica, ni permiten una cuantificación de los efectos del cambio climático.

De acuerdo con estudios realizados en la región, la disponibilidad hídrica presenta variaciones a lo largo del año, como resultado de variaciones climáticas, siendo las temporadas secas (meses de diciembre a febrero) un período crítico que limita la productividad al provocar una disminución considerable en los niveles de la ciénaga. Asimismo, los cambios de temperatura y precipitación han sido señalados como factores que inciden sobre las actividades productivas del municipio ([Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de](#)

Desastres [CMGRD], Municipio de Chimá, 2014; CMGRD, Alcaldía de Chimá, 2020), con posibles repercusiones sobre la producción, la seguridad alimentaria y los ingresos de las familias vinculadas a estas actividades.

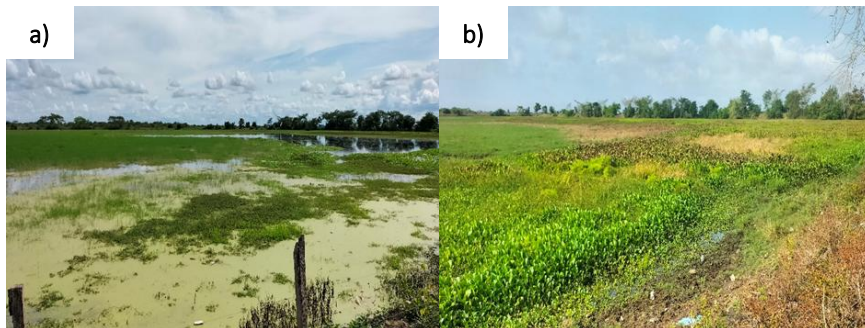


Figura 5.3. *Complejo cenagoso colindante con APROPES, a) temporada de lluvias y, b) temporada seca.* Fuente: imágenes fotográficas propias.

En las fuentes comunitarias utilizadas por APROPES no se identificó un sistema formal de potabilización. Esta condición se consideró una característica del abastecimiento y manejo observados durante el estudio y no evidencia suficiente para establecer la condición sanitaria del agua. Debido a que la evaluación no incluyó análisis microbiológicos, los resultados de esta etapa no permitieron establecer la potabilidad del agua de las fuentes ni atribuir efectos específicos sobre la salud de la población.

A pesar de los retos enfrentados, APROPES se mantiene comprometida con la mejora de las condiciones de vida de sus miembros. Este compromiso se materializa a través de la integración en diversos proyectos gubernamentales y privados, promoviendo la capacitación en el manejo adecuado de cultivos agrícolas y pesqueros, así como la

implementación de estrategias de conservación del sistema hídrico de la ciénaga Grande del Bajo Sinú, que constituye su principal área de influencia y de la cual depende la comunidad para su abastecimiento hídrico, al igual que la implementación de sistemas de tratamiento de agua que puedan mitigar estas problemáticas y mejorar la resiliencia de la asociación frente a las condiciones ambientales adversas (Alarcón et al., 2020).

5.1.1.2. Purísima: Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos (APAE)

La Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos (APAE) se localiza en el corregimiento El Tigre, municipio de Purísima, en las coordenadas 9°16'14"N, 75°42'41"W. Fue constituida en 2008 como una entidad sin ánimo de lucro ([Registro Único Empresarial y Social \[RUES\], s. f.-b](#)), y con corte a diciembre de 2025 se registraron 11 integrantes activos. Al considerar las familias vinculadas al proyecto BPIN 2020000100261, la asociación registró 37 beneficiarios directos, distribuidos en 17 mujeres y 20 hombres. Esta población beneficiaria se diferencia de los hogares incluidos en las encuestas empleadas posteriormente para el análisis de abastecimiento, tratamiento y consumo de agua.

Entre las actividades productivas identificadas en APAE se encontró principalmente la piscicultura, complementada con actividades agrícolas, fomentando el desarrollo económico local. En la actividad piscícola desarrollada se cultivan, generalmente, tilapia roja y bocachico, con una producción estimada de tilapia de 8 toneladas cada dos meses, mientras que el cultivo de bocachico aporta alrededor de 3 toneladas cada seis meses. Estos productos son comercializados, por lo general, en mercados locales y en municipios cercanos. Estas actividades corresponden a los usos productivos del agua

considerados en el diseño metodológico y permiten interpretar las formas de abastecimiento registradas durante las visitas, encuestas y entrevistas.

Durante las visitas de campo se identificaron en APAE ocho unidades tipo represa con talud y geomembrana, así como tres tanques circulares en estructura metálica y geomembrana, utilizados en la actividad piscícola. El abastecimiento de estas unidades se relacionaba principalmente con una represa alimentada por escorrentía y agua lluvia. Estas características se registraron como parte de la infraestructura de almacenamiento y de las formas de abastecimiento utilizadas por la asociación para sus actividades productivas (**Figura 5.4**). Las condiciones observadas en el entorno de las fuentes se utilizaron únicamente como información complementaria para interpretar la captación y el manejo del agua. Debido al alcance del estudio, la presencia de actividades cercanas o de aportes de escorrentía no se consideró evidencia suficiente para atribuir contaminación específica a las fuentes evaluadas.

Por otro lado, el déficit en el suministro de agua potable, constituye un desafío significativo para los miembros de la asociación. Para atender las necesidades domésticas y de consumo directo, los participantes reportaron un esquema de abastecimiento combinado que incluía represa, agua lluvia, una fuente subterránea, acueducto y compra de agua, según la disponibilidad y la finalidad de uso. Esta diversidad confirma que APAE no dependía de una única fuente para satisfacer sus necesidades de abastecimiento.

Entre las prácticas domésticas de manejo se reportaron la sedimentación o clarificación con alumbre y el hervido del agua destinada a determinados usos. Estas medidas se consideraron prácticas declaradas por los participantes y no evidencia de potabilización. Debido a que el estudio no incluyó análisis

microbiológicos ni evaluó la eficacia individual de los tratamientos domésticos aplicados, los resultados no permitieron establecer la condición microbiológica de las fuentes ni garantizar la aptitud del agua para consumo humano.



Figura 5.4. a) *Represa utilizada para el abastecimiento de la asociación*, b) *vista aérea de las unidades destinadas al cultivo de peces en la asociación*, c) *estanques utilizados en la actividad piscícola de APAE*. Fuente: imágenes a) y c) tomadas de archivos fotográficos propios; imagen b) suministrada por APAE.

5.1.1.3. San Pelayo: Asociación Agropecuaria y Ecológica de Productores del Medio Sinú (AEPROMSI)

La Asociación Agropecuaria y Ecológica de Productores del Medio Sinú (AEPROMSI) se localiza en la vereda Tambora, corregimiento de San Isidro, municipio de San Pelayo, Córdoba, en inmediaciones del caño Bugre, en las coordenadas geográficas 8°59'42"N y 75°46'28"W. Esta localización resulta pertinente para el estudio por la relación directa de la asociación con el caño Bugre y con otras formas de abastecimiento identificadas durante el levantamiento de información.

AEPROMSI fue constituida en 2016 ([Registro Único Empresarial y Social \[RUES\], s. f.-a](#)) y, según la información actualizada a diciembre de 2025, se registraron 22 integrantes activos y 111 beneficiarios directos vinculados al proyecto BPIN 2020000100261, correspondientes a familias de sus miembros y distribuidos en 51 mujeres y 60 hombres. Esta población beneficiaria es distinta de los hogares incluidos en las encuestas utilizadas posteriormente para el análisis de abastecimiento, manejo y consumo de agua.

Entre las actividades productivas identificadas durante el levantamiento de información se encontraron principalmente la agricultura y la cría de especies menores. Entre los cultivos reportados por los participantes se registraron plátano, yuca y maíz, los cuales forman parte integral de la dieta local y generan ingresos a través de su venta en mercados cercanos. Estas actividades corresponden a los usos productivos del agua considerados en el diseño metodológico y permitieron relacionar la producción de la asociación con las fuentes de abastecimiento identificadas durante las visitas, encuestas y entrevistas. En términos de desarrollo social y productivo, ha sido descrita como una entidad de agricultura familiar de subsistencia (AFS) a microescala ([Palencia et al., 2023](#)), donde la estructura organizativa y productiva se centra en el núcleo familiar de sus socios. Esta característica fomenta la integración de las familias en las actividades agrícolas y fortalece el sentido de comunidad y cooperación entre los miembros.

El levantamiento de información mostró que AEPROMSI utilizaba un esquema de abastecimiento compuesto por el caño Bugre, captación de agua lluvia y otras alternativas complementarias. El caño Bugre y el agua lluvia se relacionaban principalmente con actividades agrícolas, pecuarias y determinados usos domésticos, mientras que para el consumo directo, los participantes también reportaron alternativas

como abastecimiento municipal a través de carrotaques, compra de agua y captación de lluvia. Esta combinación evidencia que la asociación no dependía de una única fuente para satisfacer sus necesidades de agua (**Figura 5.5**).

En el punto comunitario de captación asociado con el caño Bugre no se identificó un sistema formal de potabilización previo al uso; esta condición no excluye las prácticas domésticas de tratamiento reportadas por algunos hogares. Las observaciones realizadas durante las visitas y la información aportada por los participantes sobre periodos de crecientes o lluvias intensas se utilizaron para contextualizar las condiciones de captación y abastecimiento. Debido a que el estudio no incluyó análisis de plaguicidas u otros residuos agroquímicos, ni parámetros microbiológicos, estos eventos no se interpretaron como evidencia de contaminación específica de la fuente ni permitieron establecer por sí solos su aptitud para consumo humano. Por ello, la gestión del agua en AEPRMSI requiere protección del punto de captación, almacenamiento seguro, tratamiento doméstico y monitoreo periódico, especialmente en periodos de crecientes o lluvias intensas.



Figura 5.5. a) *Caño Bugre en inmediaciones de AEPROMSI*, b) *punto de captación o manejo comunitario de agua del caño para el abastecimiento*, c) *estructura de almacenamiento de agua del caño y tanque de almacenamiento de agua de lluvia para uso doméstico*. Fuente: imágenes fotográficas propias.

5.1.1.4. Tuchín: Asociación de Artesanos del Pueblo Zenú (ASOARPZ)

La Asociación de Artesanos del Pueblo Zenú (ASOARPZ), constituida en 2015, se localiza en el Cabildo Menor Guayacanes Norte, municipio de Tuchín, en las coordenadas geográficas 9°13'17"N y 75°30'43"W. De acuerdo con la información organizativa consolidada para el estudio, actualizada a diciembre de 2025, se registraron 14 integrantes activos y 57 beneficiarios directos vinculados al proyecto BPIN 2020000100261, correspondientes a familias de sus miembros y distribuidos en 31 mujeres y 26 hombres. Esta población beneficiaria se diferencia de los hogares incluidos en las encuestas empleadas para el análisis de abastecimiento, manejo y consumo de agua. La actividad artesanal de la organización se encuentra principalmente relacionada con el trenzado de caña flecha (*Gynerium sagittatum*) y la elaboración de productos a partir de esta materia prima. Estas actividades no solo constituyen la base económica de la comunidad, sino que también preservan tradiciones ancestrales y refuerzan la identidad cultural del pueblo Zenú (Ministerio de las Culturas, las Artes y los Saberes, 2024). Además de la producción artesanal, durante el levantamiento de información se identificaron actividades agrícolas asociadas con cultivos de yuca, ñame, maíz tradicional y plátano; hortalizas como berenjena, habichuela y ají dulce, al igual que cultivos permanentes como árboles frutales y la caña flecha, productos que pueden fortalecer la seguridad alimentaria de los miembros de la asociación. También se reportaron actividades de piscicultura y cría de traspatio de especies menores en pequeña escala, destinadas principalmente al autoconsumo y, en menor medida, a la comercialización local. Estas

actividades corresponden a los usos productivos del agua considerados en el diseño metodológico y permiten diferenciar las necesidades agrícolas, pecuarias y artesanales de los usos domésticos y de consumo directo registrados en la asociación.

El levantamiento de información mostró también que ASOARPZ utilizaba un esquema de abastecimiento basado principalmente en embalses o represas comunitarias y en la captación de agua lluvia, complementado por escorrentías locales y un sistema comunitario de microacueducto. Estas alternativas atendían diferentes finalidades, entre ellas consumo directo, necesidades domésticas y actividades agrícolas, pecuarias y artesanales (**Figura 5.6**). La asociación presentaba, por tanto, un esquema multifuente en el que el origen del agua variaba de acuerdo con su disponibilidad y con el uso previsto.



Figura 5.6. a) *Vista satelital de las fuentes de agua superficial en el Cabildo Menor Guayacanes Norte*, b) *embalse comunitario para el abastecimiento de agua*, c) *punto de captación de agua mediante una red de tuberías*. Fuente: a) elaboración propia con base en Google My Maps (Google, s. f.); b) y c) archivos fotográficos propios.

Según la información reportada durante las visitas, el microacueducto comunitario funcionaba como una alternativa complementaria, que no

llegaba a todos los hogares y su suministro se realizaba de manera alternada entre varias comunidades, debido a la capacidad del sistema, el cual es insuficiente para satisfacer la demanda de la población. Asimismo, los participantes reportaron mayores limitaciones de abastecimiento durante periodos secos, cuando disminuía la disponibilidad de agua almacenada en los reservorios comunitarios. Estas condiciones se interpretaron como variaciones estacionales reportadas dentro de la asociación y no como una medición hidrológica de caudales, capacidades de almacenamiento o efectos atribuibles al cambio climático. Este contexto resalta la necesidad de fortalecer las infraestructuras hídricas y de implementar estrategias de manejo comunitario del agua que permitan mitigar los efectos que puede producir el cambio climático y garantizar el acceso continuo y sostenible del recurso hídrico.

En el sistema comunitario de abastecimiento no se identificó un proceso formal de potabilización. Esta condición se interpretó dentro del alcance del estudio como una característica de la infraestructura y del manejo del agua, sin establecer por sí sola la condición sanitaria de la fuente. Debido a que la evaluación no incluyó análisis microbiológicos, los resultados de esta etapa no permitieron determinar la potabilidad del agua ni atribuir efectos específicos sobre la salud de los usuarios.

La insuficiencia de acueductos para el suministro de agua potable y las condiciones deficitarias generan un impacto negativo en las necesidades básicas de los habitantes, comprometiendo de este modo sus capacidades productivas y su desarrollo socioeconómico. Según el Plan de Desarrollo Municipal de Tuchín 2024–2027, la carencia de acceso al agua potable es un problema estructural que afecta a gran parte de la población. Menos del 50 % de las viviendas cuentan con conexión a servicios de acueducto, situación que es aún más crítica en

las zonas rurales. Para mitigar este problema, la implementación de alternativas como la construcción de lagos artificiales y embalses, que sirven de reservorio para los sistemas de microacueductos de los corregimientos, ha ofrecido soluciones parciales (Alcaldía Municipal de Tuchín, 2024). Sin embargo, estas infraestructuras presentan limitaciones en capacidad y mantenimiento, dejando a muchas comunidades como la de ASOARPZ, con necesidades insatisfechas en relación con el acceso a agua potable.

5.1.2. Síntesis comparativa de fuentes, usos y consumo familiar

La información obtenida mediante las encuestas permitió comparar la información obtenida mediante las encuestas, el tamaño de los núcleos familiares, las prácticas de tratamiento reportadas y el consumo promedio diario de agua declarado por los hogares incluidos en el estudio. En total se sistematizaron 55 encuestas: 22 en APROPES, 12 en APAE, 11 en AEPROMSI y 10 en ASOARPZ. De acuerdo con las matrices revisadas, los núcleos familiares registrados reunieron 253 personas, con tamaños familiares promedio que varían entre 3,7 y 6,2 personas por encuesta. Estas diferencias se consideraron al estimar el consumo per cápita, dado que un mismo volumen familiar puede representar cantidades distintas de agua por persona (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. *Tamaño familiar; tratamiento reportado y consumo promedio de agua por asociación.* Fuente: elaboración propia con base en las matrices de encuestas diagnósticas y en la encuesta de fuentes de captación y consumo de agua del proyecto.

Asociación	Personas en núcleo familiar	Tamaño familiar promedio	Hogares/encuestas que reportan tratamiento del agua	Consumo familiar promedio (L/día)	Consumo per cápita estimado (L/persona/día)
APROPES	82	3,7	4	118	31,7

APAE	54	4,5	10	80	17,8
AEPROMSI	55	5,0	10	104	20,8
ASOARPZ	62	6,2	1	106	17,1

Nota. El consumo per cápita corresponde a una estimación obtenida a partir de consumo familiar promedio y del tamaño familiar promedio reportado. Los valores de consumo corresponden a información declarada por los participantes y no a mediciones volumétricas directas.

Entre las asociaciones evaluadas, APROPES presentó el mayor consumo familiar promedio reportado y el mayor consumo per cápita estimado. AEPROMSI y ASOARPZ registraron consumos familiares de magnitud similar; aunque el mayor tamaño promedio de sus núcleos familiares produjo valores per cápita inferiores. APAE presentó el menor consumo familiar promedio reportado. Estas diferencias se interpretaron de manera descriptiva y no como evidencia de mayor o menor disponibilidad, suficiencia del abastecimiento o calidad del agua, dado que el volumen declarado por los hogares constituye una variable distinta de las condiciones de acceso y de las características físicoquímicas de las fuentes.

La integración de las encuestas, entrevistas y observaciones de campo mostró que las cuatro asociaciones utilizaban esquemas de abastecimiento multifuente y que la procedencia del agua variaba según su finalidad. En APROPES se registraron agua lluvia, represa comunitaria, ciénaga y estanques; en APAE, represa, arroyo, agua lluvia, compra de agua y abastecimiento municipal; en AEPROMSI, caño Bugre, agua lluvia, abastecimiento municipal (carrotanques) y compra de agua; y en ASOARPZ, embalses comunitarios, agua de lluvia y microacueducto comunitario. La **Tabla 5.2** sintetiza las fuentes y formas de abastecimiento identificadas y los usos reportados durante el levantamiento de información.

Tabla 5.2. Fuentes y formas de abastecimiento identificadas y usos reportados en las asociaciones evaluadas. Fuente: elaboración propia con base en encuestas, entrevistas y observaciones realizadas durante las visitas de campo.

Asociación	Fuentes y formas de abastecimiento identificadas	Relación entre fuente y uso reportado
APROPES (Chimá)	Ciénaga Grande del Bajo Sinú, represa comunitaria, estanques, agua lluvia y escorrentías locales.	Agua lluvia y represa: consumo directo y usos domésticos. Ciénaga y estanques: piscicultura, agricultura y usos pecuarios de pequeña escala.
APAE (Purísima)	Arroyo, represa, agua lluvia, abastecimiento municipal (carrotanque), compra de agua y escorrentías locales.	Represa, arroyo y agua lluvia: principalmente actividades piscícolas y agrícolas. Represa, agua lluvia, abastecimiento municipal, compra de agua: abastecimiento doméstico o consumo directo según disponibilidad.
AEPROMSI (San Pelayo)	Caño Bugre, agua lluvia, abastecimiento municipal (carrotanque), compra de agua, escorrentías locales.	Caño Bugre y lluvia: actividades agrícolas, pecuarias y determinados usos domésticos. Abastecimiento municipal/acueducto, compra y agua lluvia: principalmente consumo directo y usos domésticos.
ASOARPZ (Tuchín)	Embalses o represas comunitarios, agua lluvia, escorrentías locales y microacueducto comunitario.	Consumo directo y doméstico, agricultura, usos pecuarios y producción artesanal, según la fuente y su disponibilidad.

En conjunto, los resultados evidencian que las asociaciones combinaron fuentes superficiales con otras alternativas de abastecimiento y asignaron diferentes usos al agua según su procedencia y disponibilidad. Esta condición multifuente debe considerarse al interpretar los consumos reportados y las prácticas de

manejo, sin asumir que una sola fuente represente el abastecimiento total de cada asociación.

5.1.3. Prácticas domésticas de manejo, almacenamiento y tratamiento del agua

Durante el levantamiento de información se identificaron, con diferente intensidad entre las asociaciones, limitaciones relacionadas con las condiciones de captación, almacenamiento y tratamiento del agua, así como con las formas de abastecimiento disponibles. Las prácticas domésticas de manejo y tratamiento del agua variaron entre las asociaciones y los hogares incluidos en las encuestas. De las 55 encuestas sistematizadas, 25 reportaron la aplicación de algún tipo de tratamiento: 4 en APROPE, 10 en APAE, 10 en AEPROMSI y 1 en ASOARPZ. A partir de las encuestas, entrevistas y observaciones de campo se identificaron prácticas como filtración inicial, sedimentación, clarificación, hervido y desinfección, utilizadas de acuerdo con la fuente disponible y la finalidad asignada al agua. Estas prácticas se registraron como estrategias domésticas de manejo y no como evidencia de potabilización.

En la captación de agua lluvia se reportó el uso de telas, mallas u otros elementos como barrera inicial para retener hojas, insectos y partículas visibles procedentes de las superficies de captación. Posteriormente, el agua se almacenaba en tanques o recipientes y, en algunos casos, se mantenía en reposo antes de su utilización. Estas prácticas se registraron como formas domésticas de filtración inicial, almacenamiento y sedimentación; el estudio no evaluó experimentalmente su eficacia ni determinó los cambios de calidad producidos por cada una de ellas.

Cuando el agua se destinaba a consumo directo o preparación de alimentos, algunos participantes reportaron el hervido como práctica doméstica de tratamiento. Debido a que el estudio no realizó análisis microbiológicos ni evaluó la calidad del agua antes y después de esta práctica, no se determinó su eficacia sanitaria en los hogares evaluados. En consecuencia, el registro del hervido se interpretó únicamente como una estrategia de manejo declarada por los participantes y no como evidencia de que el agua alcanzara condiciones de potabilidad.

Para el manejo de aguas con presencia visible de sedimentos o turbiedad, algunos participantes reportaron el uso de alumbre con fines de clarificación y sedimentación. También se registró el empleo de productos clorados como práctica doméstica de desinfección. El estudio no verificó las dosis utilizadas, los tiempos de contacto ni la eficiencia de estos procedimientos, por lo que su registro no se interpretó como evidencia de tratamiento adecuado o de potabilización del agua. Estas prácticas se consideraron parte de las estrategias domésticas de manejo identificadas en las asociaciones.

5.2. Calidad fisicoquímica del agua en puntos de captación comunitaria

La caracterización fisicoquímica se realizó en puntos de captación seleccionados para cada una de las asociaciones, de acuerdo con el procedimiento establecido en el diseño metodológico. Las muestras correspondieron a un estanque en APROPES, una represa en APAE, un caño en AEPROMSI y un embalse en ASOARPZ. Se analizaron pH, conductividad eléctrica, turbiedad, color real, sólidos disueltos totales, dureza total, dureza cálcica, cloruros, sulfatos, hierro total, alcalinidad total y olor. Los resultados se interpretaron como una caracterización puntual de las muestras analizadas y no como representación espacial o temporal de la totalidad de las fuentes utilizadas por cada asociación.

Debido a que el estudio no incluyó análisis microbiológicos ni toxicológicos, la interpretación se limitó a las características fisicoquímicas determinadas y no permitió establecer por sí sola la potabilidad del agua. La **Tabla 5.3** presenta los valores obtenidos para los cuatro puntos evaluados.

Tabla 5.3. *Resultados de análisis fisicoquímicos del agua superficial en puntos de captación comunitaria.* Fuente: elaboración propia con base en reportes fisicoquímicos de laboratorio.

Indicador (Unidad)	APROPES	APAE	AEPROMSI	ASOARPZ
	Estanque	Represa	Caño	Embalse
pH (unidades)	6,77	6,91	7,01	6,8
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3046	327	320	148
Turbiedad (NTU)	4,98	59,9	3,36	7,61
Dureza total (mg/L de CaCO_3)	847,87	70,7	130,66	62,06
Dureza cálcica (mg/L)	262,14	72,72	101,58	44,86
Cloruros (mg/L)	877,4	27,1	15,8	<7,6
Sulfatos (mg/L)	83,75	10,65	<5,68	<5,68
Hierro total (mg/L)	0,10	1,66	0,20	1,58
Alcalinidad total ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)	133,46	104,52	132,66	67,34
Sólidos totales disueltos (mg/L)	2242	224	225	68
Color real (UPC)	87,5	191,5	22	45,5
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Los resultados mostraron diferencias entre las características fisicoquímicas de las cuatro muestras analizadas. Para aquellos parámetros con correspondencia directa en la normativa colombiana de agua para consumo humano, los valores se utilizaron como referencia sanitaria comparativa, sin que esta comparación implicara una declaración integral de cumplimiento, potabilidad o aptitud para otros usos. Los parámetros sin equivalencia normativa directa se conservaron como información descriptiva de las muestras.

Los valores de pH de las cuatro muestras estuvieron entre 6,77 y 7,01 y, tomando como referencia la Resolución 2115 de 2007 para agua destinada al consumo humano, se encontraron dentro del intervalo de 6,5 a 9,0 establecido para este parámetro ([Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007](#)). Esta comparación se realizó únicamente para los parámetros con correspondencia normativa directa.

La muestra correspondiente a APROPES presentó los valores más altos de conductividad eléctrica (3046 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos totales disueltos (2242 mg/L), dureza total (847,87 mg/L de CaCO_3) y cloruros (877,4 mg/L) entre los cuatro puntos evaluados. Si se toma la Resolución 2115 de 2007 como referencia para agua destinada al consumo humano, la conductividad, la dureza total y los cloruros superaron los valores máximos establecidos para esas características. En conjunto, los resultados describen una muestra con mayor mineralización relativa respecto de las demás evaluadas. Este perfil indica una fuente con restricciones para consumo directo y con posibles limitaciones para usos domésticos o productos sensibles, especialmente durante periodos de baja disponibilidad hídrica. El color real fue de 87,5 UPC y se mantuvo como un resultado descriptivo, debido a que la Resolución 2115 establece un valor para color aparente y no se asumió equivalencia entre ambas determinaciones.

La muestra de APAE presentó la mayor turbiedad entre los puntos evaluados (59,9 NTU) y una concentración de hierro total de 1,66 mg/L. Ambos valores superaron, como referencia sanitaria para agua destinada al consumo humano, los máximos establecidos en la Resolución 2115 de 2007 para turbiedad y hierro total. El color real alcanzó 191,5 UPC, el valor más alto entre las cuatro muestras, pero se interpretó únicamente de manera descriptiva por no corresponder directamente al parámetro de color aparente regulado por dicha

resolución. Estos resultados sugieren presencia importante de partículas, material coloidal, compuestos asociados al color y hierro, condiciones que afectan la aceptabilidad del agua y pueden interferir con procesos de desinfección si no se realiza una etapa previa de clarificación o filtración. Para esta asociación, las acciones prioritarias deben orientarse a sedimentación, filtración, remoción de hierro y desinfección controlada.

Entre las cuatro muestras analizadas, AEPROMSI presentó valores comparativamente menores para varios indicadores de mineralización, con conductividad eléctrica de 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos totales disueltos de 225 mg/L, hierro total de 0,20 mg/L y cloruros de 15,8 mg/L. No obstante, la turbiedad de 3,36 NTU superó el valor máximo de 2 UNT establecido por la Resolución 2115 de 2007 como referencia para agua destinada al consumo humano. El color real fue de 22 UPC y se mantuvo como información descriptiva, sin compararlo directamente con el valor normativo de color aparente. Debido al carácter puntual del muestreo, estos resultados describen únicamente la muestra analizada del caño y no la variabilidad temporal de la fuente. Además, por tratarse de una fuente asociada a caños y cauces superficiales, la calidad puede variar durante eventos de lluvia, inundación o arrastre de sedimentos.

La muestra de ASOARPZ presentó los valores más bajos de conductividad eléctrica (148 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y sólidos totales disueltos (68 mg/L) entre los puntos evaluados. En contraste, registró hierro total de 1,58 mg/L y turbiedad de 7,61 NTU, valores superiores a los máximos de referencia de 0,3 mg/L y 2 NTU, respectivamente, establecidos en la resolución para agua destinada al consumo humano. El color real fue de 45,5 UPC y se interpretó como una característica descriptiva de la muestra, sin equiparlo con el color aparente regulado. Estos resultados señalan al hierro y la turbiedad como los

parámetros con mayor atención relativa dentro del conjunto fisicoquímico analizado en esta muestra. En consecuencia, se recomienda priorizar procesos de oxidación/filtración para hierro, filtración convencional, desinfección y mantenimiento del sistema comunitario de captación y almacenamiento.

La comparación descriptiva mostró perfiles fisicoquímicos diferentes entre las cuatro muestras analizadas. En APROPES destacaron los mayores valores de conductividad, dureza total y cloruros; en APAE, la turbiedad y el hierro; en AEPROMSI, la turbiedad fue el principal parámetro con correspondencia normativa que superó el valor de referencia; y en ASOARPZ se observaron concentraciones elevadas de hierro y turbiedad respecto de los valores empleados como referencia sanitaria. Estas diferencias sugieren que cualquier alternativa de tratamiento debe definirse de acuerdo con las características de cada fuente y verificarse mediante estudios de tratabilidad, en lugar de aplicar una solución uniforme a las cuatro asociaciones. Si el agua se destina al consumo humano, la caracterización debe complementarse con análisis microbiológicos y con los demás parámetros requeridos para establecer su aptitud sanitaria.

Tabla 5.4. *Síntesis descriptiva de los principales hallazgos fisicoquímicos y orientaciones técnicas preliminares.* Fuente: elaboración propia con base en resultados fisicoquímicos de laboratorio, información primaria del proyecto y criterios técnicos de tratamiento de agua.

Asociación	Restricción principal observada	Implicación técnica	Acciones sugeridas
APROPES	Alta conductividad, sólidos disueltos, dureza total y cloruros	Mayor mineralización; restricciones para consumo directo y	Protección de fuentes, pretratamiento, evaluación de alternativas de remoción de

		algunos usos domésticos o productivos sensibles.	sales/cloruros, mezcla controlada con agua lluvia y monitoreo periódico.
APAE	Turbiedad, hierro total, color real elevados.	Necesidad de clarificación, remoción de partículas y hierro antes de desinfección.	Sedimentación, filtración, oxidación/filtración para hierro, desinfección controlada y seguimiento de turbiedad.
AEPROMSI	Perfil fisicoquímico menos restrictivo, con turbiedad superior a los niveles deseables para uso directo.	Requiere tratamiento preventivo y control de exposición por escorrentía e inundación.	Protección del punto de captación, filtración, desinfección y monitoreo microbiológico.
ASOARPZ	Hierro total elevado, turbiedad superior a los valores sanitarios de referencia.	Afectación de aceptabilidad y necesidad de tratamiento del embalse comunitario	Remoción de hierro, filtración, desinfección, mantenimiento del sistema comunitario y almacenamiento seguro.

Nota. Las referencias sanitarias se emplean únicamente para aquellos parámetros con correspondencia directa con la Resolución 2115 de 2007 y no constituyen una declaración integral de cumplimiento o potabilidad. Las orientaciones técnicas son preliminares y requieren caracterización complementaria y estudios de tratabilidad antes de definir un sistema de tratamiento.

5.3. Conclusiones y comentarios finales

El abastecimiento de agua en las asociaciones evaluadas no respondió a una única fuente, sino a la combinación de distintas alternativas según la disponibilidad y el uso requerido. Las aguas superficiales ocuparon un lugar central, complementadas con captación de agua lluvia, sistemas de acueducto o microacueducto y, en algunos casos,

compra de agua. Esta diversidad permitió atender necesidades de consumo doméstico y actividades productivas asociadas con agricultura, piscicultura, cría de especies menores y producción artesanal. Por tratarse de condiciones observadas en las asociaciones y hogares incluidos en el estudio, estos resultados describen las situaciones evaluadas sin pretender representar el conjunto de la población de los municipios donde se localizan las organizaciones.

La caracterización fisicoquímica también mostró diferencias entre las muestras obtenidas en los cuatro puntos de captación seleccionados. En APROPES sobresalieron los valores de conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza total y cloruros, asociados con una mayor mineralización de la muestra frente a las demás evaluadas. En APAE, los parámetros que requirieron mayor atención fueron la turbiedad y el hierro total, mientras que en ASOARPZ destacaron igualmente el hierro y la turbiedad frente a los valores sanitarios utilizados como referencia. La muestra de AEPROMSI presentó valores comparativamente menores para varios indicadores de mineralización, aunque su turbiedad superó el valor de referencia considerado para agua destinada al consumo humano. Estas diferencias corresponden a las muestras analizadas y no deben interpretarse como una caracterización completa de la variación espacial o temporal de cada fuente.

En este contexto, las alternativas de manejo y tratamiento no deberían plantearse de manera uniforme para las cuatro asociaciones. Las características particulares de cada fuente, su finalidad de uso y los parámetros que requieren mayor atención constituyen elementos necesarios para orientar la selección de procesos de tratamiento. La información obtenida permite establecer lineamientos técnicos iniciales, pero la definición de un sistema específico requiere una caracterización más amplia del agua cruda y estudios de tratabilidad

que permitan comprobar el desempeño de las operaciones propuestas bajo las condiciones propias de cada fuente.

Finalmente, el alcance de la evaluación fisicoquímica debe considerarse al interpretar estos resultados. La ausencia de análisis microbiológicos y toxicológicos impide establecer por sí sola la potabilidad del agua o descartar la presencia de contaminantes que no formaron parte de la caracterización. Por ello, resulta pertinente complementar el seguimiento con muestreos realizados en periodos secos y lluviosos, incorporar análisis microbiológicos cuando las fuentes se destinen al consumo humano y mantener registros individuales de consumo por hogar que permitan reconstruir y verificar los indicadores derivados. Estas acciones contribuirán a disponer de una base técnica más completa para orientar futuras decisiones sobre el manejo y tratamiento del agua en las asociaciones evaluadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s. y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261. También agradecen a las asociaciones APROPE, APAE, AEPROMSI y ASOARPZ por su participación en las encuestas, entrevistas, visitas de campo, reconocimiento de fuentes hídricas y actividades de levantamiento de información primaria.

Referencias

Alarcón, O. R., Herrera-Mestra, D. A., Villeras-Araújo, E. R., Cuadrado-Vertel, J. B., & Méndez-Hernández, L. A. (2020). Proceso de formalización de predios baldíos en la Ciénaga Grande del Bajo Sinú. *Derecho & Sociedad*,

1(7 Suplemento 1), 61.

<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/dersoc/article/view/3149>.

Alcaldía Municipal de Tuchín. **(2024)**. *Plan de Desarrollo Municipal. Municipio de Tuchín. "Nuestro compromiso es con el Pueblo", vigencia 2024–2027*. <https://www.tuchin-cordoba.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-municipal--tuchin-2024--2027>.

Anaya-Tatis, L. A., Palencia, S. L., Bolaño, R., Otálora, A., Mora, M. A., & García-Quintero, A. **(2022)**. Microbiological control of *Aeromonas hydrophila* in red tilapia cultures: a case study in a LRA system in the municipality of Chimá – Córdoba. *Journal of Science with Technological Applications*, 13, Art-81, 1–6. <https://doi.org/10.34294/j.jsta.22.13.81>.

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, Alcaldía de Chimá. **(2020)**. *Plan de acción municipal de gestión de riesgo de desastres 2020-2023. Municipio de Chimá, Córdoba*. <https://es.scribd.com/document/772200208/PMGRD-Chima-2020>

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, Municipio de Chimá. **(2014)**. *Caracterización general de escenarios de riesgo. Plan municipal de gestión del riesgo de desastre. Municipio de Chimá, Córdoba*. http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/28327/Caracterizacion_ChimaCordoba_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Google. **(s. f.)**. *Google My Maps* [Mapa interactivo]. Recuperado el 20 de agosto de 2026. https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1LQg84K-CkOeN-dzg6uCY_lyuQrAN61U&ll=9.221116903095535%2C-75.51207319047717&z=18

Ministerio de las Culturas, las Artes y los Saberes. (2024). *Plan Especial de Salvaguardia. Trenzado en Caña Flecha, Prácticas y Conocimientos Ancestrales Artesanales de la Identidad Zenú*. Cabildo Mayor Regional del Pueblo Zenú, Resguardo San Andrés de Sotavento, Córdoba-Sucre. <https://patrimonio.mincultura.gov.co/salvaguardiapci/Lista-Representativa/Documents/PES%20Trenzado%20en%20can%CC%83a%20flecha,%20pra%CC%81cticas%20y%20conocimiento%20artesanales%20de%20la%20identidad%20Zenu%CC%81.pdf>

Ministerio de la Protección Social, & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Resolución 2115 de 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>

Palencia, M., García-Quintero, A., Chate-Galvis, N. G., Villalba-Soto, A. L., Anaya-Tatis, L. R., Bolaño-Vásquez, R. A., Lerma, T. A., & Palencia-Luna, V. J. (2023). Metodología: Descripción de las unidades productivas basadas en agricultura familiar. En M. Palencia, T. A. Lerma, & V. J. Palencia-Luna (Eds.), *Estudio del uso del agua en asociaciones campesinas rurales de la parte norte del departamento de Córdoba (Colombia): Agricultura Familiar* (pp. 71–79). MT Pallantia Publisher S.A.S. <https://doi.org/10.34294/b.002.2023.09>

Registro Único Empresarial y Social. (s. f.-a). *Consulta de registro de la Asociación Agropecuaria y Ecológica de Productores del Medio Sinú – AEPROMSI*. Recuperado el 3 de agosto de 2026, de <https://www.rues.org.co/detalle>

Registro Único Empresarial y Social. (s. f.-b). *Consulta de registro de la Asociación de Pescadores y Agricultores Ecológicos de Purísima – APAE*. Recuperado el 3 de agosto de 2026, de <https://www.rues.org.co/detalle>

Registro Único Empresarial y Social. (s. f.-c). *Consulta de registro de la Asociación de Productores y Pescadores del corregimiento de Sitio Viejo*

Gaviria-Contreras, E., García-Quintero, A., Chate-Galvis, N. (Eds.).
Aguas superficiales: uso, calidad y gestión sostenible en asociaciones campesinas de la parte
norte del departamento de Córdoba

– *APROPES*. Recuperado el 3 de agosto de 2026, de
<https://www.rues.org.co/detalle>



Mindtech s.a.s.

Es una empresa de investigación y desarrollo tecnológico, en ingeniería, ciencia de datos, ciencias fundamentales como la química y la microbiología, agricultura, acuicultura y desarrollo rural, desarrollo sostenible, ciencia de los materiales, ciencias ambientales, agronomía y desarrollo rural, ciencias analíticas aplicadas a problemas científicos, industriales y sociales, entre otras.

Cuenta con un grupo de investigación reconocido por el Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación de Colombia, Mindtech Research Group, ha liderado proyectos a nivel nacional de investigación básica y aplicada, desarrollo tecnológico e innovación. Ha sido la cofundadora de la iniciativa AFICAT que converge en la actualidad a diversas instituciones públicas y privadas a nivel nacional, contribuido con la formación de capital humano a nivel posdoctoral, doctoral, maestría y pregrado.

www.mindtech.com.co

