Reservorios hídricos en el territorio rural de Tunja: análisis documental de su aporte a la gestión sostenible del agua y la producción agropecuaria

Magister. Astrid Paola Rodríguez Baquero
Magister. Sandra Liliana Acuña González
Máster. Carmen Sofía Cañas Cañas
Magister. Sergio Augusto Barbosa León
Magister. Henry Dario Mojica LLanos

DOI: https://doi.org/10.38017/9789588966847-4

Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento a la Fundación Universitaria Juan de Castellanos y a la Institución Educativa Rural del Sur de Tunja por su articulación en el desarrollo del proyecto de investigación «Ni Uno Más, Mis Juanitos al Agua» (Código 125-18), iniciativa que integra estrategias pedagógicas para la prevención del ahogamiento con herramientas de georreferenciación orientadas al reconocimiento de reservorios, fuentes hídricas y otros posibles escenarios de riesgo en el territorio rural. Asimismo, se reconoce el aporte de los grupos de investigación LERD, RELIGIO y Ciencia, Innovación y Tecnología (CIyT), así como de los investigadores, docentes, estudiantes y demás actores que han contribuido a la generación y organización de información territorial vinculada con la seguridad acuática, la prevención y la gestión del riesgo.

Resumen

La disponibilidad de agua constituye un factor determinante para la sostenibilidad ambiental y la producción agropecuaria en los territorios rurales. El propósito del capítulo es analizar, a partir de la evidencia documental disponible, el papel de los reservorios hídricos en el territorio rural de Tunja, considerando su función de almacenamiento, su apoyo a las actividades agropecuarias, sus condiciones de gestión y sostenibilidad y su

relación con la gestión integral del recurso hídrico. Se desarrolló un estudio cualitativo de tipo documental, con alcance descriptivo-interpretativo, a partir de un corpus de 45 documentos científicos, técnicos, normativos, institucionales y de planificación territorial y ambiental. La información se organizó mediante una matriz con cinco categorías deductivas y una categoría emergente relacionada con la seguridad de los cuerpos de agua y el riesgo de ahogamiento. Los resultados muestran que los reservorios rurales de Tunja se articulan con un sistema territorial en el que convergen el almacenamiento de aguas superficiales, el aprovechamiento de aguas subterráneas y la protección de áreas de recarga. Asimismo, se identificó una secuencia cronológica de actuaciones públicas documentadas entre 2018 y 2026, asociadas con construcción, diagnóstico, mantenimiento, ampliación, impermeabilización y definición de lineamientos ambientales. Persisten vacíos de información sobre capacidad, estado, uso efectivo y condiciones de seguridad. Se concluye que los reservorios pueden fortalecer la seguridad hídrica rural, siempre que su gestión incorpore criterios técnicos, ambientales e institucionales y sistemas de información para su seguimiento.

Palabras clave: *reservorios hídricos; cosecha de agua; análisis documental; gestión del recurso hídrico; seguridad hídrica rural; producción agropecuaria; Tunja.*

Abstract

Water availability is a determining factor for environmental sustainability and agricultural production in rural territories. The purpose of this chapter is to analyse, based on the available documentary evidence, the role of water reservoirs in the rural territory of Tunja, considering their storage function, their support for agricultural activities, their management and sustainability conditions, and their relationship with integrated water resources management. A qualitative documentary study with a descriptive-interpretive scope was conducted based on a corpus of 45 scientific, technical, regulatory, institutional, and territorial and environmental planning documents. The information was organised using an analysis matrix with five deductive categories and one emergent category related to water-body safety and drowning risk. The results show that rural reservoirs in Tunja are integrated into a territorial system in which surface water storage, groundwater use, and the protection of recharge areas converge. A chronological sequence of documented public actions between 2018 and 2026 was also identified, involving construction, diagnosis, maintenance, expansion, lining, and the establishment of environmental guidelines. Information gaps remain regarding reservoir capacity, condition, actual use, and safety conditions. It is concluded that reservoirs can strengthen rural water security, provided that their management incorporates technical, environmental, and institutional criteria, as well as information systems for monitoring.

Keywords: *water reservoirs; water harvesting; documentary analysis; water resources management; rural water security; agricultural production; Tunja.*

Introducción

El agua constituye uno de los recursos estratégicos para el desarrollo de los territorios, en particular en áreas rurales donde su disponibilidad condiciona tanto el consumo humano como la producción agrícola y pecuaria. Las variaciones en los patrones de precipitación, la presión sobre las fuentes superficiales y subterráneas y el aumento de las necesidades productivas han incrementado el interés por sistemas de captación y almacenamiento que permitan disponer del recurso durante épocas de menor oferta. Entre estas alternativas se encuentran los reservorios de pequeña y mediana escala, utilizados para almacenar agua proveniente de precipitaciones, escorrentía u otras fuentes y destinarla posteriormente a diferentes usos.

La literatura internacional reconoce que los pequeños reservorios y los sistemas de cosecha de agua pueden contribuir a reducir la vulnerabilidad de las actividades agropecuarias frente a periodos secos, facilitar el riego y ampliar las posibilidades de utilización del agua almacenada. Sin embargo, también se advierte que su proliferación sin una planificación adecuada puede producir efectos acumulativos sobre la dinámica hidrológica de las cuencas, razón por la cual su análisis no puede limitarse exclusivamente a la infraestructura física.

En Tunja, esta problemática adquiere especial relevancia debido a que el abastecimiento urbano depende principalmente del embalse de Teatinos y de la explotación de aguas subterráneas, mientras que en el área rural las actividades agropecuarias requieren alternativas propias de almacenamiento (Veolia Aguas de Tunja, s. f.; Corpoboyacá, 2016).

Dentro de este escenario, los reservorios localizados en las áreas rurales adquieren una función diferente, aunque complementaria: permiten almacenar agua destinada particularmente a actividades productivas. Los antecedentes departamentales muestran que la implementación de reservorios para uso agropecuario no es reciente. En 2018, la Gobernación de Boyacá reportó la construcción de 150 reservorios destinados al uso y manejo sostenible del agua de riego en cultivos de papa, de los cuales cuatro fueron localizados en Tunja (Gobernación de Boyacá, 2018).

La gestión del agua en los territorios rurales no depende únicamente de la disponibilidad del recurso, sino también de la capacidad para captarlo, almacenarlo y utilizarlo de acuerdo con las necesidades productivas. Esta capacidad adquiere especial importancia frente a la variabilidad temporal de las precipitaciones, que puede generar periodos de mayor disponibilidad de agua alternados con épocas de escasez y afectar las actividades agropecuarias dependientes del recurso hídrico. En estas condiciones, los sistemas de cosecha y almacenamiento permiten captar agua durante los periodos lluviosos y disponer de ella posteriormente durante las épocas secas, contribuyendo a reducir las limitaciones hídricas de las unidades productivas (Vargas Pineda et al., 2018).

Los reservorios constituyen una alternativa para almacenar temporalmente agua y disponer de ella cuando las condiciones productivas lo requieren. Sin embargo, su funcionamiento depende de factores relacionados con la capacidad de almacenamiento, las pérdidas por infiltración y evaporación, la sedimentación y las condiciones de mantenimiento, los cuales pueden reducir progresivamente el volumen de agua disponible y comprometer la funcionalidad de estas infraestructuras (Yassin et al., 2026). Los mismos autores advierten que, cuando numerosos pequeños reservorios se encuentran distribuidos dentro de una cuenca, sus efectos acumulativos pueden modificar la dinámica hidrológica, el transporte de sedimentos y los flujos aguas abajo, por lo que su planificación debe considerar no solo la escala predial, sino también las condiciones del sistema hídrico en el que se localizan.

Aunque la documentación institucional registra actuaciones recientes sobre los reservorios rurales del municipio, la información disponible sobre ellos se encuentra dispersa en documentos de diferente naturaleza: instrumentos de planificación municipal, informes de gestión departamental, comunicaciones de la autoridad ambiental, normas nacionales y estudios científicos desarrollados en otros contextos. Cada uno de estos documentos aborda los reservorios desde una perspectiva particular —productiva, ambiental, administrativa o técnica— y no siempre resulta evidente cómo se relacionan entre sí ni qué vacíos de conocimiento persisten para orientar su gestión en el territorio.

En este escenario, el análisis documental ofrece una vía para reunir, organizar e interpretar de manera sistemática la evidencia existente. Más que producir nueva información primaria, este tipo de estudio permite reconocer qué se ha dicho sobre los reservorios, desde qué enfoques, con qué alcance y con qué limitaciones, y a partir de ello establecer una base de conocimiento para la toma de decisiones y para investigaciones posteriores. Para el caso de Tunja, esta aproximación resulta especialmente pertinente, puesto que la documentación institucional reciente registra actuaciones concretas sobre los reservorios rurales, pero no consolida un diagnóstico integral de su situación.

Ante la dispersión de la información científica, técnica, normativa e institucional disponible, resulta pertinente integrar y analizar estas evidencias para comprender el papel que cumplen los reservorios en el territorio rural de Tunja. En este sentido, el capítulo analiza su función en el almacenamiento de agua y en el apoyo a la producción agropecuaria, las condiciones asociadas con su gestión y sostenibilidad y su relación con el sistema hídrico y la planificación ambiental del territorio. A partir de esta revisión se identifican, además, tendencias en la intervención institucional y vacíos de información relevantes para el seguimiento y la gestión de estas infraestructuras.

Marco conceptual

El análisis de los reservorios hídricos en los territorios rurales requiere comprender los procesos relacionados con la captación, almacenamiento y aprovechamiento del agua, así como su relación con la seguridad hídrica, la sostenibilidad de las actividades agropecuarias y la gestión territorial. De igual manera, resulta necesario abordar las herramientas que

permiten identificar y caracterizar espacialmente los cuerpos de agua y analizar sus condiciones en el entorno rural. En este sentido, el marco conceptual se desarrolla a partir de los siguientes componentes:

Reservorios hídricos como sistemas de almacenamiento de agua

Los reservorios hídricos constituyen estructuras destinadas a captar y almacenar temporalmente agua para disponer de ella cuando las condiciones naturales o las necesidades productivas lo requieran. En los territorios rurales, su utilización se relaciona principalmente con el riego de cultivos, el suministro de agua para actividades pecuarias y otras demandas de las unidades productivas. En Colombia, Vargas Pineda et al. (2018) muestran que los sistemas de cosecha de agua lluvia a pequeña escala pueden constituirse en una alternativa para almacenar el recurso durante periodos de mayor disponibilidad y utilizarlo posteriormente en actividades pecuarias, especialmente en contextos sujetos a variaciones estacionales de la precipitación.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura señala que el almacenamiento de agua a pequeña escala puede mejorar la confiabilidad del suministro destinado a la agricultura, particularmente en sistemas productivos dependientes de la precipitación. Su principio consiste en captar agua cuando existe disponibilidad y conservarla para utilizarla durante periodos de menor oferta. El almacenamiento puede realizarse en el suelo, mediante mecanismos de recarga de aguas subterráneas o en estructuras superficiales como estanques, tanques y pequeños reservorios (FAO, s. f.).

Desde esta perspectiva, la función de un reservorio no se limita a acumular un determinado volumen de agua, sino que permite regular temporalmente la disponibilidad del recurso de acuerdo con las necesidades productivas. Esta capacidad adquiere especial importancia en la agricultura, debido a que los requerimientos hídricos de los cultivos no siempre coinciden con la distribución temporal de las precipitaciones. Silva et al. (2026) señalan que los sistemas de cosecha y almacenamiento de agua pueden contribuir a mejorar la disponibilidad hídrica para la producción agrícola y a reducir la vulnerabilidad frente a variaciones climáticas, aunque sus resultados dependen de las características del sistema y de las condiciones locales en las que se implementan.

Los pequeños reservorios pueden entenderse, además, como infraestructuras descentralizadas de almacenamiento hídrico. A diferencia de los grandes embalses destinados a satisfacer demandas regionales, estas estructuras responden generalmente a necesidades localizadas de predios, comunidades o pequeñas áreas productivas. Hoogeveen et al. (2024), al analizar la incorporación de pequeños reservorios en sistemas agrícolas de pequeños productores, evidencian su potencial para incrementar localmente la disponibilidad de agua para riego y contribuir a disminuir los déficits hídricos durante determinados periodos del ciclo productivo. No obstante, sus resultados también muestran

que estas infraestructuras deben analizarse de acuerdo con su escala y con las condiciones hidrológicas del territorio.

La localización y las características físicas del reservorio constituyen factores determinantes para su funcionamiento. Aspectos como la pendiente del terreno, las propiedades del suelo, el área de captación, la dinámica de escorrentía, las dimensiones de la estructura y los mecanismos de impermeabilización inciden en su capacidad para almacenar y conservar el agua. A estas condiciones se suman procesos como la acumulación de sedimentos y las pérdidas por infiltración o evaporación, que pueden reducir progresivamente el volumen útil disponible. En consecuencia, la sostenibilidad de los pequeños reservorios depende no solo de su diseño y construcción iniciales, sino también de las condiciones específicas del sitio, su operación y el mantenimiento realizado durante su vida útil (Yassin et al., 2026).

Cosecha y almacenamiento de agua

La cosecha de agua comprende el conjunto de prácticas mediante las cuales se capta, conduce y almacena agua procedente principalmente de la precipitación y la escorrentía para utilizarla posteriormente. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura señala que estas estrategias permiten aprovechar el recurso cuando existe mayor disponibilidad y conservarlo para periodos de menor oferta, mediante alternativas que incluyen el almacenamiento superficial, la conservación de humedad en el suelo y mecanismos de recarga de aguas subterráneas (FAO, s. f.).

La captación de agua lluvia requiere considerar de manera articulada la disponibilidad de precipitación, el área de captación, los mecanismos de conducción, la capacidad de almacenamiento y la demanda prevista. López Hernández et al. (2017), al diseñar sistemas de captación para diferentes usos, muestran que el dimensionamiento de estas alternativas debe establecerse a partir de la relación entre la oferta de agua lluvia y las necesidades de consumo, de manera que el almacenamiento responda a las condiciones particulares del sistema.

En los territorios rurales, esta relación adquiere especial importancia debido a la variabilidad temporal de las precipitaciones. Vargas Pineda et al. (2018), en un estudio desarrollado en la altillanura colombiana, evidencian que los sistemas de cosecha y almacenamiento a pequeña escala permiten conservar agua disponible durante la época lluviosa para utilizarla posteriormente en periodos secos, contribuyendo a mantener actividades pecuarias en zonas con marcada estacionalidad climática.

La experiencia colombiana también muestra que la cosecha de agua puede integrarse con otras estrategias de manejo eficiente del recurso. Carvajal Caballero y Macías Bermudez (2018) documentaron la implementación de reservorios, sistemas de cosecha de aguas lluvias, reciclaje de aguas grises y riego por microaspersión con productores rurales que enfrentaban problemas de escasez hídrica. La experiencia evidencia que el almacenamiento

adquiere mayor utilidad cuando se articula con la identificación de la oferta y la demanda de agua y con sistemas de riego acordes con los requerimientos de los cultivos.

En esta misma línea, Bautista Arcila et al. (2022) proponen el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en una unidad productiva de Pandi, Cundinamarca, mediante un sistema que integra variables climáticas, topográficas, hidrológicas y agroecológicas. El estudio incorpora un estanque para almacenar el agua captada y relaciona su dimensionamiento con el área de captación y las actividades productivas de la finca, lo que pone de manifiesto la importancia de adaptar los sistemas de almacenamiento a las condiciones específicas de cada unidad rural.

En el ámbito de las buenas prácticas agrícolas, el aprovechamiento del agua almacenada también debe considerar su calidad. Villarreal Navarrete et al. (2023) señalan la conveniencia de disponer de espacios para almacenar agua lluvia destinada posteriormente a labores agrícolas y recomiendan controlar las condiciones sanitarias de las fuentes y realizar análisis de calidad cuando corresponda. De esta manera, el aprovechamiento del recurso no depende únicamente del volumen disponible, sino también de su aptitud para el uso previsto.

Seguridad hídrica rural

El concepto de seguridad hídrica permite comprender que la disponibilidad de agua no depende únicamente de la existencia física del recurso, sino también de las condiciones que garantizan su acceso, calidad, continuidad y sostenibilidad. UN-Water (2013) la define como la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para mantener los medios de vida, el bienestar y el desarrollo socioeconómico, preservar los ecosistemas y reducir los riesgos relacionados con el agua.

En los territorios rurales, estas condiciones adquieren particular importancia debido a la relación directa entre disponibilidad hídrica, actividades productivas y medios de subsistencia. Suárez Serrano et al. (2019), al estudiar la gestión del agua en comunidades rurales del Pacífico Norte de Costa Rica, encontraron que la seguridad hídrica se encuentra asociada tanto con la disponibilidad y calidad del recurso como con las capacidades de gestión de los sistemas de abastecimiento. Los autores identificaron que factores como la limitada capacidad de almacenamiento, el mantenimiento insuficiente y las debilidades organizativas incrementan la vulnerabilidad de las comunidades frente a sequías y otros eventos hidrometeorológicos.

Esta perspectiva también ha sido abordada desde la organización y la participación comunitaria. Suastegui Cruz y Gallardo López (2024), a partir de una experiencia desarrollada en una comunidad rural de Guerrero, México, señalan que el fortalecimiento de la seguridad hídrica requiere articular acciones de organización, capacitación, participación y cuidado ambiental. De esta manera, disponer del recurso constituye solo una de las condiciones necesarias, puesto que su gestión también depende de las capacidades locales e institucionales para planificar su aprovechamiento y responder a situaciones de escasez.

En esta misma línea, Nicolas-Artero y Blanco (2024), al estudiar organizaciones comunitarias de agua en áreas rurales de Chile, muestran que la seguridad hídrica no puede explicarse únicamente por la cantidad de agua disponible. Los autores identifican la intervención de diferentes procesos sociales y técnicos relacionados con el acceso, la calidad, la infraestructura y la capacidad de las organizaciones para gestionar el servicio. Esta aproximación permite reconocer que las dificultades hídricas rurales responden a la interacción de factores ambientales, técnicos, sociales e institucionales.

En Colombia, Vásquez Lizcano et al. (2024) plantean que la seguridad hídrica puede fortalecerse mediante procesos de gobernanza que articulen participación, diálogo de saberes y construcción concertada de acciones entre los actores del territorio. Su propuesta de territorios hidrosociales resalta que la sostenibilidad del agua no depende exclusivamente de soluciones técnicas, sino también de las relaciones que se establecen entre comunidades, instituciones y recursos naturales para acordar formas de conservación, distribución y aprovechamiento. Esta relación entre agua, territorio y actividades productivas también ha sido documentada por Trujillo-Osorio et al. (2025), quienes, al analizar las transformaciones de la cuenca alta del río Meléndez, muestran que las prácticas agrícolas, la conservación y las formas de gobernanza han configurado históricamente las relaciones entre las comunidades y el recurso hídrico. En consecuencia, la seguridad hídrica puede comprenderse como un proceso que involucra tanto las condiciones ambientales del territorio como las decisiones sociales e institucionales relacionadas con el uso y cuidado del agua.

Por su parte, Leal Pacheco y Tarlé Pissarra (2025), a partir de una revisión de 171 investigaciones relacionadas con seguridad hídrica, agricultura y ganadería, identificaron la cosecha de agua lluvia, el riego eficiente y la gestión integrada de diferentes fuentes como estrategias relevantes para mejorar la conservación del recurso. Los autores destacan igualmente que la seguridad hídrica requiere proteger tanto las fuentes superficiales como las aguas subterráneas e incorporar mecanismos adecuados de gobernanza.

Estas aproximaciones permiten superar una concepción de la seguridad hídrica centrada únicamente en incrementar la oferta disponible. Su gestión requiere considerar conjuntamente la disponibilidad y la demanda, así como las condiciones que permiten aprovechar el recurso de manera eficiente y sostenible. En este sentido, Silva et al. (2026), en una revisión sistemática centrada en seguridad hídrica agrícola, determinaron que los sistemas de almacenamiento pueden incrementar la disponibilidad del recurso, favorecer la productividad y disminuir la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática. Sin embargo, también identificaron que buena parte de las investigaciones se concentra en el desempeño hidrológico y presta menor atención a las dimensiones socioeconómicas y de largo plazo.

En consecuencia, la existencia de infraestructura de almacenamiento no garantiza por sí misma condiciones de seguridad hídrica. En las unidades productivas rurales, el aporte de los reservorios depende también de la calidad del agua, las condiciones de mantenimiento, la eficiencia en su utilización y la articulación con otras fuentes y formas de gestión. Su función debe comprenderse dentro de un sistema más amplio, en el que intervienen las

características ambientales del territorio, las necesidades de las actividades productivas y las capacidades de los actores locales para gestionar el recurso.

Reservorios y sostenibilidad de la producción agropecuaria

La producción agropecuaria mantiene una relación directa con la disponibilidad y el manejo del agua. Ingrao et al. (2023), en una revisión sobre la escasez hídrica en la agricultura, destacan la necesidad de optimizar el uso del recurso y mejorar las prácticas y tecnologías de riego para reducir los riesgos asociados con la insuficiente disponibilidad de agua en la producción agrícola. Los requerimientos hídricos de los cultivos varían según su etapa de desarrollo, las condiciones del suelo y las características climáticas, por lo que una disponibilidad insuficiente o una aplicación inadecuada del recurso puede afectar el desempeño productivo. Ríos-Rojas et al. (2024) señalan que la gestión eficiente del riego requiere determinar cuándo, cuánto y cómo suministrar agua, de manera que las necesidades de los cultivos sean atendidas sin generar excesos ni déficits.

En los sistemas agrícolas de montaña, la sostenibilidad del riego no depende exclusivamente de la existencia de infraestructura o de la disponibilidad física del recurso. Berrones y Célleri (2025), a partir del análisis de sistemas de riego en los Andes ecuatorianos, plantean que su sostenibilidad requiere integrar aspectos técnicos, agronómicos, de gestión e institucionales. Los autores destacan, además, la importancia del monitoreo, la distribución adecuada del agua y la gobernanza para mantener la funcionalidad de estos sistemas.

Dentro de este escenario, los reservorios pueden contribuir como estructuras de almacenamiento complementario destinadas a disponer de agua durante periodos en los que la precipitación o las fuentes inmediatas no satisfacen las necesidades productivas. En Colombia, Carvajal Caballero y Macías Bermudez (2018) documentaron una experiencia con productores rurales que incluyó la construcción de reservorios, sistemas de cosecha de agua lluvia y riego por microaspersión como parte de una estrategia orientada a enfrentar problemas de escasez y mejorar el manejo del recurso hídrico. Esta experiencia muestra que el almacenamiento adquiere mayor funcionalidad cuando se articula con sistemas de distribución y con la identificación de las necesidades hídricas de los cultivos.

La sostenibilidad de estas infraestructuras también debe analizarse desde una perspectiva territorial. Suárez Parra y Obregón Neira (2024) proponen comprender los sistemas de riego como parte de sistemas socioecológicos en los que interactúan recursos naturales, infraestructura, productores, instituciones y normas de gestión. Esta aproximación resalta la necesidad de articular el uso eficiente del agua con el monitoreo, la protección de las fuentes y los acuerdos institucionales que regulan su aprovechamiento.

En el contexto colombiano, Loaiza Cerón et al. (2011) plantean que la sostenibilidad del recurso hídrico en el sector agrícola debe evaluarse considerando conjuntamente

dimensiones biofísicas, tecnológicas, político-institucionales y socioeconómicas. Esta perspectiva permite reconocer que la sostenibilidad de un reservorio no puede determinarse únicamente por su capacidad física, puesto que también intervienen las formas de uso del agua, las condiciones de mantenimiento, la eficiencia de los sistemas productivos y la capacidad institucional para realizar seguimiento a su funcionamiento.

En conjunto, estos planteamientos permiten comprender que los reservorios no constituyen una solución aislada a las limitaciones hídricas del sector agropecuario. Su aporte depende de su articulación con prácticas de manejo eficiente del riego, conservación del suelo, protección de las fuentes hídricas, almacenamiento de agua lluvia y planificación de los requerimientos de las actividades productivas.

Gestión sostenible del recurso hídrico y dimensión territorial

La gestión sostenible del recurso hídrico requiere reconocer que las decisiones adoptadas en una unidad productiva forman parte de un sistema territorial más amplio. La captación y el almacenamiento de agua se relacionan con las precipitaciones, la escorrentía, las características del suelo, la cobertura vegetal, los cauces superficiales y las aguas subterráneas. Por esta razón, la planificación de las infraestructuras destinadas al almacenamiento debe considerar tanto las necesidades particulares de los productores como las condiciones ambientales del territorio en el que se localizan.

La sostenibilidad del recurso posee, además, una dimensión institucional y de gobernanza. Ramírez Bustos y Medina Vásquez (2023), en un estudio realizado en Quebradanegra, Cundinamarca, muestran que la gestión integral del agua requiere reconocer la participación de actores comunitarios e institucionales, así como las formas de acción colectiva que se desarrollan alrededor del recurso. Los autores destacan la participación como un componente fundamental de la gobernanza y señalan la importancia de identificar los actores que intervienen en las decisiones relacionadas con el uso, control y manejo del agua.

A partir de estos planteamientos, la gestión sostenible de los reservorios puede comprenderse mediante cuatro dimensiones articuladas: una dimensión técnica, relacionada con localización, diseño, capacidad, impermeabilización y mantenimiento; una dimensión productiva, vinculada con los usos agrícolas y pecuarios del agua almacenada; una dimensión ambiental, asociada con la conservación de cauces, suelos, ecosistemas y aguas subterráneas; y una dimensión institucional, relacionada con planificación, regulación, acompañamiento técnico y gobernanza. La interacción entre estas dimensiones permite superar una valoración centrada exclusivamente en la existencia física de la infraestructura.

En síntesis, los reservorios constituyen infraestructuras de regulación temporal del agua cuyo aporte a la producción agropecuaria depende de la interacción entre condiciones técnicas, productivas, ambientales e institucionales. Su gestión sostenible requiere articular

las necesidades de las unidades productivas con la protección de las fuentes hídricas y la planificación del territorio, así como disponer de información que permita identificar su localización, condiciones y requerimientos de intervención. Esta perspectiva proporciona el marco para analizar posteriormente la situación documentada de los reservorios rurales de Tunja.

Seguridad de los cuerpos de agua y prevención del ahogamiento

Durante el proceso de análisis documental se identificó una dimensión complementaria relacionada con las condiciones de seguridad de los cuerpos de agua y el riesgo de ahogamiento. Aunque este componente no formó parte de las categorías iniciales del estudio, su incorporación permitió ampliar la comprensión de los reservorios rurales más allá de sus funciones productivas y ambientales y reconocer posibles implicaciones para las comunidades que interactúan con estas infraestructuras.

La presencia de cuerpos de agua en el entorno rural no solo tiene implicaciones productivas y ambientales; también plantea consideraciones de seguridad para la población que convive con ellos. La Organización Mundial de la Salud reconoce el ahogamiento como una causa prevenible de muerte que afecta de manera desproporcionada a los niños y a las comunidades rurales. En su informe mundial sobre la prevención del ahogamiento, la organización estimó cerca de 300.000 muertes por esta causa en 2021 y señaló que las tasas más altas se registran en niños de 1 a 4 años, seguidos por el grupo de 5 a 9 años (OMS, 2024).

Entre los factores de riesgo identificados por la Organización Mundial de la Salud se encuentran la falta de barreras que controlen el acceso al agua, la ausencia de supervisión de los niños pequeños y la proximidad de las viviendas y de los lugares de permanencia infantil a cuerpos de agua abiertos. En consecuencia, las estrategias de prevención recomendadas incluyen la instalación de barreras que limiten el acceso a pozos, estanques y otros cuerpos de agua, la provisión de espacios seguros y supervisados para los niños, la enseñanza de habilidades básicas de seguridad en el agua y el fortalecimiento de la conciencia pública sobre el riesgo (OMS, 2026).

Desde esta perspectiva, los reservorios rurales pueden entenderse simultáneamente como infraestructuras productivas y como elementos del entorno que requieren condiciones mínimas de seguridad, especialmente cuando se localizan cerca de viviendas, caminos o instituciones educativas. Aspectos como el cerramiento, la señalización, la pendiente de los bordes, la profundidad y la visibilidad del cuerpo de agua adquieren relevancia para la gestión integral de estas estructuras. Este componente, generalmente ausente en los enfoques productivos y ambientales, se incorpora al análisis como una dimensión complementaria que vincula la gestión del agua con el bienestar de las comunidades rurales.

Contexto territorial, rural e hídrico de Tunja

El análisis de los reservorios hídricos requiere situarlos dentro de las condiciones territoriales, productivas y ambientales del municipio de Tunja. Aunque la ciudad es reconocida principalmente por sus funciones administrativas, educativas, comerciales y de servicios como capital del departamento de Boyacá, una proporción considerable de su territorio corresponde al espacio rural y mantiene una relación directa con actividades agrícolas y pecuarias. Esta característica permite comprender que la gestión del agua no constituye exclusivamente un asunto relacionado con el abastecimiento urbano, sino también con la permanencia y sostenibilidad de las actividades productivas desarrolladas en las áreas rurales.

El Plan de Desarrollo Territorial Conectemos Tunja con el Mundo 2024–2027 caracteriza al municipio como un territorio con una amplia vocación agropecuaria y ambiental y señala que el área rural representa aproximadamente el 87 % de su territorio. El mismo instrumento identifica, dentro de su caracterización rural, las áreas de Tras del Alto, Porvenir, La Esperanza y Pirgua en la zona norte, y Barón Germania, Runta, La Lajita, Barón Gallero, Chorro Blanco y La Hoya hacia el sur, donde se concentra una población aproximada de 3.000 productores agropecuarios (Alcaldía Mayor de Tunja, 2024).

La relevancia del uso agropecuario también se evidencia en el diagnóstico económico elaborado para el proceso de revisión del Plan de Ordenamiento Territorial. Este documento estimó 9.688,56 hectáreas de área rural y determinó que el 82,24 % de esta superficie correspondía a territorios agrícolas, mientras que el 12,75 % estaba constituido por bosques y áreas seminaturales, el 4,41 % por territorios artificializados, el 0,58 % por áreas húmedas y el 0,01 % por superficies de agua (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022a). Estos valores muestran el peso espacial de las actividades agropecuarias dentro del suelo rural y permiten dimensionar la importancia que adquiere la disponibilidad de agua para el sostenimiento de los procesos productivos.

La estructura productiva presenta particularidades entre las diferentes veredas. El diagnóstico territorial evidencia la existencia de mosaicos de cultivos y pastos, actividades pecuarias y áreas destinadas a cultivos específicos. En consecuencia, la demanda de agua no puede considerarse homogénea, puesto que varía de acuerdo con la actividad desarrollada, la superficie productiva, las características del suelo, los requerimientos de los cultivos y la disponibilidad de fuentes de abastecimiento en cada unidad rural.

La Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Tunja 2022–2034 aporta elementos adicionales para comprender esta relación. En su diagnóstico se reconoce que la papa ocupa un lugar predominante dentro de la producción agrícola municipal, acompañada por productos como zanahoria, arveja, papa criolla, cebolla y cebada. Asimismo, identifica actividades pecuarias asociadas principalmente con bovinos destinados a carne, leche y doble propósito, además de porcinos, ovinos y otras especies menores (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b).

La producción agrícola se encuentra relacionada con el comportamiento temporal de las precipitaciones. El mismo documento identifica dos periodos relevantes para el establecimiento de buena parte de los cultivos: uno asociado con los meses de marzo, abril y mayo y otro comprendido principalmente entre julio, agosto y septiembre. Esta relación con las lluvias permite reconocer que la cantidad total de precipitación no constituye el único factor relevante para la producción agrícola; también resulta determinante su distribución durante los ciclos productivos y su correspondencia con las necesidades hídricas de los cultivos (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b).

Dentro de estas condiciones territoriales, uno de los antecedentes más relevantes para el estudio corresponde a la disponibilidad de infraestructura destinada al almacenamiento y distribución del agua. La Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Tunja 2022–2034 reconoce que son pocos los predios del área rural que cuentan con reservorios y, consecuentemente, con sistemas de riego que permitan atender las necesidades hídricas de los cultivos. El documento identifica como áreas representativas para la agricultura a Pirgua, El Porvenir, La Esperanza, Tras del Alto, Barón Gallero, Barón Germania, Chorro Blanco, La Hoya, La Lajita y Runta (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b).

Este reconocimiento institucional permite fundamentar la pertinencia de los reservorios desde una necesidad territorial concreta. Su utilización no corresponde únicamente a una alternativa tecnológica aplicable de manera general a los espacios rurales, sino que se relaciona con la necesidad de disponer de mecanismos que permitan almacenar agua y utilizarla durante periodos en los que las precipitaciones o las fuentes inmediatas no satisfacen los requerimientos de las actividades productivas.

La gestión del recurso hídrico de Tunja presenta, además, una configuración particular debido a la interacción entre fuentes superficiales y subterráneas. El sistema de abastecimiento urbano depende principalmente del embalse de Teatinos, localizado en la vereda Salamanca del municipio de Samacá, y se complementa con agua subterránea obtenida mediante pozos profundos ubicados en el valle del río Jordán. El embalse posee un volumen útil aproximado de 6,5 millones de m^3 y sus aguas se destinan primordialmente al abastecimiento del acueducto de Tunja (Veolia Aguas de Tunja, s. f.).

La coexistencia de estas fuentes permite reconocer diferentes escalas de gestión y almacenamiento del agua en el territorio. Mientras el embalse de Teatinos responde principalmente a las necesidades del abastecimiento urbano, los pequeños reservorios rurales se relacionan con demandas localizadas de las unidades productivas. Esta diferenciación resulta importante para evitar equiparar infraestructuras que, aunque comparten la función general de almacenar agua, presentan capacidades, usuarios y finalidades distintas.

Las aguas subterráneas constituyen igualmente un componente estratégico del sistema hídrico regional. Corpoboyacá ha señalado que los recursos de agua superficial no son suficientes por sí solos para atender las necesidades de abastecimiento de la región y que

Tunja y algunas poblaciones aledañas han recurrido a la extracción de agua subterránea mediante pozos profundos para complementar el suministro (Corpoboyacá, 2016).

Para orientar el aprovechamiento sostenible de este recurso, el Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero de Tunja comprende un área aproximada de 626 km^2 e incluye catorce municipios de la cuenca alta del río Chicamocha. El instrumento establece acciones relacionadas con la planificación y administración de las aguas subterráneas, la protección de las zonas de recarga, la formalización de usuarios, el monitoreo y el aprovechamiento sostenible del recurso. El plan fue aprobado mediante la Resolución 0618 de 2017 y se articula con otros instrumentos de planificación ambiental regional (Corpoboyacá, 2025).

Los estudios hidrogeológicos desarrollados por Corpoboyacá estimaron una recarga total de aproximadamente 51,7 millones de m^3 por año para el área de estudio del sistema acuífero. La autoridad ambiental ha señalado que esta disponibilidad debe gestionarse mediante criterios de planificación que permitan prevenir procesos de agotamiento y favorecer el aprovechamiento sostenible de las aguas subterráneas (Corpoboyacá, 2016).

La presencia de este sistema acuífero introduce una dimensión ambiental adicional para la gestión de los reservorios. El almacenamiento superficial no puede promoverse de manera desconectada de las zonas de recarga, los cauces naturales, los humedales, los nacimientos y otros componentes del sistema hídrico. La Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Tunja 2022–2034 reconoce dentro de la estructura ecológica municipal diferentes humedales y zonas de recarga que cumplen funciones de regulación, conservación y distribución del agua, además de áreas forestales protectoras asociadas con cuerpos de agua y nacimientos (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b).

La necesidad de articular las demandas productivas con la protección del sistema hídrico se ha reforzado recientemente. Corpoboyacá estableció en noviembre de 2026 criterios técnicos, ambientales y normativos para el diseño, construcción, mantenimiento y utilización de reservorios de agua lluvia. Entre sus orientaciones se encuentran considerar las características del suelo y la pendiente del terreno, verificar la fuente utilizada para el llenado y evitar afectaciones sobre manantiales, aljibes, aguas subterráneas y cauces naturales. Asimismo, la autoridad ambiental señala que, dependiendo de la fuente de abastecimiento y de las condiciones de la intervención, pueden requerirse concesiones u otros permisos ambientales (Corpoboyacá, 2026).

Estos lineamientos muestran que la implementación y recuperación de reservorios debe responder simultáneamente a las necesidades de las unidades productivas y a criterios de protección ambiental. En consecuencia, su localización, funcionamiento y mantenimiento deben considerar las características del territorio y su relación con las fuentes superficiales, las aguas subterráneas y las áreas de importancia para la regulación hídrica.

El territorio rural de Tunja reúne, por tanto, condiciones que sustentan la pertinencia de analizar estas infraestructuras: una superficie mayoritariamente rural con importante

uso agropecuario, actividades productivas vinculadas con la distribución temporal de las precipitaciones, disponibilidad limitada de reservorios y sistemas de riego reconocida por la planificación municipal, presencia de un sistema acuífero estratégico y disposiciones institucionales orientadas al manejo sostenible del recurso hídrico. Estas características permiten situar el análisis de los reservorios dentro de las condiciones productivas, ambientales e institucionales propias del municipio.

Imagen 1.
Reservorios hídricos en el entorno rural



Fuente: Astrid Paola Rodríguez Baquero

Marco normativo e institucional

La gestión de los reservorios hídricos en Colombia se inscribe en un marco normativo que regula el uso del agua como bien de uso público, establece las competencias de las autoridades ambientales y define los instrumentos de planificación del recurso. Aunque no existe una norma nacional específica dedicada exclusivamente a los reservorios rurales, su construcción, llenado y utilización se relacionan con disposiciones sobre concesiones de agua, uso eficiente del recurso, planificación de cuencas y acuíferos y gestión integral del recurso hídrico.

La Constitución Política de 1991 establece el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y asigna al Estado el deber de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución (artículos 79 y 80). Sobre esta base, el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, adoptado mediante el Decreto-Ley 2811 de 1974, había definido previamente el régimen de uso de las aguas

y la necesidad de contar con concesión para su aprovechamiento, salvo en los usos por ministerio de la ley (Presidencia de la República de Colombia, 1974).

La Ley 99 de 1993 creó el Ministerio del Medio Ambiente, organizó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y asignó a las corporaciones autónomas regionales la función de máxima autoridad ambiental en su jurisdicción, con competencias para otorgar concesiones, permisos y licencias para el uso de los recursos naturales (Congreso de la República de Colombia, 1993). En el caso de Tunja, esta función corresponde a Corpoboyacá, entidad que, como se describió, ha emitido lineamientos para la construcción y uso de reservorios de agua lluvia y ha señalado que, según la fuente de abastecimiento y las características de la intervención, pueden requerirse concesiones u otros permisos ambientales (Corpoboyacá, 2026).

La Ley 373 de 1997 estableció el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, que obliga a las entidades encargadas de la administración del recurso a incorporar medidas de reducción de pérdidas, reúso y aprovechamiento de aguas lluvias (Congreso de la República de Colombia, 1997). Esta norma resulta pertinente para los reservorios, en la medida en que reconoce la captación de aguas lluvias como una estrategia de uso eficiente y abre la posibilidad de articular estas infraestructuras con los programas institucionales de ahorro del recurso.

Posteriormente, el Decreto 1640 de 2012 reglamentó los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, entre ellos los planes de ordenación y manejo de cuencas (POMCA) y los planes de manejo ambiental de acuíferos (Presidencia de la República de Colombia, 2012). En este marco se inscribe el Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero de Tunja, relevante para la protección de las zonas de recarga y el manejo sostenible de las aguas subterráneas (Corpoboyacá, 2025). Estas disposiciones, junto con el régimen de concesiones de aguas, fueron compiladas en el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Presidencia de la República de Colombia, 2015).

En el plano de la política pública, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, adoptada en 2010, orienta la gestión del agua a partir de objetivos relacionados con la oferta, la demanda, la calidad, el riesgo, el fortalecimiento institucional y la gobernabilidad (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Estos objetivos coinciden con las dimensiones de análisis adoptadas en este capítulo: la oferta y la demanda se relacionan con la función productiva del almacenamiento; la calidad, con la aptitud del agua almacenada; el riesgo, con la variabilidad hídrica y con las condiciones de seguridad de los cuerpos de agua; y el fortalecimiento institucional y la gobernabilidad, con la planificación, el acompañamiento técnico y el seguimiento de las intervenciones.

En el ámbito territorial, los instrumentos de planificación municipal y departamental complementan este marco. El Plan de Desarrollo Territorial de Tunja 2024–2027, la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2022–2034 y el diagnóstico del Plan de Ordenamiento

Territorial reconocen la vocación agropecuaria del área rural y las limitaciones de infraestructura de almacenamiento y riego (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022a, 2022b, 2024). Por su parte, el Plan Departamental de Desarrollo «Nuestro Gran Plan es Boyacá» 2024–2027 incorpora acciones de diagnóstico y recuperación de reservorios en unidades productivas de Tunja, cuyo avance se reporta en los informes trimestrales de gestión (Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación, 2025a, 2025b).

Tabla 1.

Marco normativo e institucional relacionado con la gestión de reservorios hídricos

Instrumento	Entidad	Aspecto relevante para los reservorios
Constitución Política de 1991 (arts. 79 y 80)	Asamblea Nacional Constituyente	Derecho al ambiente sano y deber estatal de planificar el manejo de los recursos naturales.
Decreto-Ley 2811 de 1974	Presidencia de la República	Régimen de uso de las aguas y exigencia de concesión para su aprovechamiento.
Ley 99 de 1993	Congreso de la República	Creación del SINA; las corporaciones autónomas regionales como autoridad ambiental que otorga concesiones y permisos.
Ley 373 de 1997	Congreso de la República	Programa de uso eficiente y ahorro del agua; aprovechamiento de aguas lluvias.
Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010)	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Objetivos de oferta, demanda, calidad, riesgo, fortalecimiento institucional y gobernabilidad.
Decreto 1640 de 2012 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	Presidencia de la República	Instrumentos de planificación de cuencas y acuíferos (POMCA y planes de manejo ambiental de acuíferos).
Resolución 0618 de 2017 – Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero de Tunja	Corpoboyacá	Protección de zonas de recarga, monitoreo y aprovechamiento sostenible del agua subterránea.
Lineamientos para reservorios de agua lluvia (2026)	Corpoboyacá	Criterios de suelo, pendiente, fuente de llenado, protección de cauces, manantiales y aguas subterráneas; posibles permisos ambientales.
Plan de Desarrollo Territorial 2024–2027 y PPSAN 2022–2034	Alcaldía Mayor de Tunja	Vocación agropecuaria del área rural y baja disponibilidad de reservorios y sistemas de riego.
Plan Departamental de Desarrollo 2024–2027	Gobernación de Boyacá	Diagnóstico, mantenimiento, ampliación e impermeabilización de reservorios en Tunja.

Fuente: elaboración propia a partir de los documentos citados.

En conjunto, este marco muestra que la gestión de los reservorios involucra a diferentes niveles de gobierno y a instrumentos de naturaleza distinta. La autoridad ambiental regula su localización y el uso del agua; las administraciones municipal y departamental promueven su construcción y recuperación con fines productivos; y las políticas nacionales ofrecen los principios de gestión integral en los que estas acciones deberían enmarcarse. La

articulación entre estos niveles constituye, como se verá en los resultados, uno de los aspectos centrales para la sostenibilidad de estas infraestructuras.

Metodología

El estudio se desarrolló desde un enfoque cualitativo, mediante un análisis documental de alcance descriptivo-interpretativo. Se revisaron publicaciones científicas, documentos técnicos, instrumentos de planificación territorial y ambiental, informes institucionales, normas y políticas relacionadas con los reservorios hídricos, la cosecha y almacenamiento de agua, la producción agropecuaria y la gestión sostenible del recurso hídrico.

El análisis documental se asumió como un proceso sistemático de búsqueda, selección, organización e interpretación de información, orientado a identificar tendencias, coincidencias, diferencias y vacíos en torno al objeto de estudio (Hoyos Botero, 2000). El componente descriptivo permitió caracterizar las fuentes y registrar sus principales aportes, mientras que el componente interpretativo permitió contrastar la literatura científica y técnica con la información institucional disponible para Tunja y Boyacá.

El análisis documental se desarrolló en cinco fases sucesivas. En la primera fase se delimitó el objeto de estudio y se establecieron los ejes temáticos iniciales de búsqueda relacionados con reservorios, cosecha y almacenamiento de agua, seguridad hídrica rural, sostenibilidad de la producción agropecuaria, gestión del recurso hídrico, aguas subterráneas y planificación territorial. En la segunda fase se realizó la búsqueda y recopilación de fuentes científicas, técnicas e institucionales en repositorios académicos de acceso abierto y portales de organismos nacionales, territoriales e internacionales vinculados con la gestión del agua.

En la tercera fase se efectuó la selección y depuración de los documentos de acuerdo con su pertinencia temática, territorial y académica, conformándose un corpus de 45 documentos. La cuarta fase comprendió la lectura analítica y la organización de la información mediante una matriz construida a partir de las categorías definidas para el estudio. Finalmente, en la quinta fase se comparó e interpretó la información con el propósito de identificar convergencias, diferencias, tendencias y vacíos. Durante esta fase emergió una categoría adicional relacionada con la seguridad de los cuerpos de agua y el riesgo de ahogamiento.

Las fuentes seleccionadas incluyeron documentos oficiales de la Alcaldía Mayor de Tunja, la Gobernación de Boyacá y la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá), complementados con publicaciones científicas y técnicas relacionadas con los ejes del estudio. La selección tuvo en cuenta la pertinencia temática y territorial, la identificación de la autoría o entidad responsable y la disponibilidad de información verificable. En la literatura científica se privilegiaron publicaciones correspondientes al periodo 2011–2026, con texto completo disponible, mientras que los documentos metodológicos, normativos e institucionales se incorporaron de acuerdo con su pertinencia, vigencia y relevancia para el

estudio, independientemente de su año de publicación. Se excluyeron fuentes duplicadas, documentos sin procedencia identificable, materiales cuyo contenido no pudiera verificarse y estudios centrados exclusivamente en grandes embalses o sistemas urbanos sin relación con el almacenamiento de agua en contextos rurales.

Matriz de análisis

La matriz se estructuró a partir de cinco categorías deductivas definidas previamente para organizar la información y una categoría emergente incorporada durante la fase de interpretación. Las categorías deductivas comprendieron la caracterización de los reservorios, el uso productivo, la gestión y sostenibilidad, la dimensión ambiental y la dimensión institucional. La categoría emergente correspondió a la seguridad de los cuerpos de agua y el riesgo de ahogamiento

Tabla 2.

Matriz de análisis documental

Categoría	Tipo	Aspectos de análisis
C1. Caracterización del reservorio	Deductiva	Localización, contexto rural, finalidad, fuente de abastecimiento, capacidad cuando la información estaba disponible y estado documentado.
C2. Uso productivo	Deductiva	Riego, cultivos, actividad pecuaria, unidades productivas y función del agua almacenada.
C3. Gestión y sostenibilidad	Deductiva	Construcción, mantenimiento, limpieza, ampliación, impermeabilización, sedimentación, eficiencia y continuidad de funcionamiento.
C4. Dimensión ambiental	Deductiva	Precipitación, captación, escorrentía, infiltración, acuíferos, calidad del agua, zonas de recarga, cauces y relación con la cuenca.
C5. Dimensión institucional	Deductiva	Actores responsables, instrumentos de planificación, proyectos, lineamientos técnicos, regulación, gobernanza y acompañamiento a productores.
C6. Seguridad de los cuerpos de agua	Emergente	Cerramiento, señalización, condiciones de acceso, proximidad a viviendas e instituciones educativas y riesgo de ahogamiento.

Fuente: elaboración propia.

Resultados del análisis documental

Caracterización del corpus documental

El corpus analizado está compuesto por 45 documentos de naturaleza diversa. Los artículos científicos constituyen el grupo más numeroso, con 21 documentos (46,7%), seguidos por los documentos técnicos de organismos y entidades especializadas y por las normas y políticas públicas, con 7 documentos cada uno (15,6%). Los instrumentos de planificación territorial y ambiental suman 4 documentos (8,9%), mientras que los informes de gestión y las comunicaciones institucionales aportan 3 documentos cada uno (6,7%).

En cuanto al ámbito geográfico, 19 documentos (42,2%) corresponden al contexto nacional colombiano, 10 (22,2%) al ámbito internacional y 5 (11,1%) a otros países de América Latina. Los documentos referidos específicamente al territorio de estudio suman 11 (24,4%): 7 de ámbito departamental y 4 de ámbito municipal. Esta distribución revela un rasgo importante del conocimiento disponible: la información sobre Tunja y Boyacá proviene casi exclusivamente de fuentes institucionales —planes, políticas, informes y comunicaciones—, mientras que la producción científica revisada se refiere, en su gran mayoría, a otros territorios. Entre los artículos científicos del corpus, solo uno aborda directamente el departamento de Boyacá (Guerrero Guio et al., 2021), y ninguno se ocupa de manera específica de los reservorios rurales de Tunja.

Desde el punto de vista temporal, 27 documentos (60,0 %) fueron publicados a partir de 2020, 11 entre 2010 y 2019 y 4 antes de 2010; estos últimos corresponden a normas que conservan su vigencia. Tres documentos no registran fecha de publicación. La concentración de documentos recientes muestra que la reflexión sobre los pequeños reservorios, la cosecha de agua y la seguridad hídrica rural constituye un campo de interés creciente, tanto en la literatura científica como en la gestión institucional.

La distribución de los documentos por categoría de análisis se presenta en la Tabla 3. Debido a que un mismo documento puede aportar información a varias categorías, la suma supera el total del corpus. La dimensión institucional es la más representada (25 documentos), seguida por la dimensión ambiental (17), el uso productivo (14), la gestión y sostenibilidad (12) y la caracterización de los reservorios (9). La categoría emergente de seguridad de los cuerpos de agua cuenta con 2 documentos, ambos de la Organización Mundial de la Salud, lo que anticipa uno de los vacíos identificados en el análisis.

Tabla 3.

Distribución de los documentos según las categorías de análisis

Categoría	Documentos que la abordan	Porcentaje del corpus (%)
C1. Caracterización del reservorio	9	20,0
C2. Uso productivo	14	31,1
C3. Gestión y sostenibilidad	12	26,7
C4. Dimensión ambiental	17	37,8
C5. Dimensión institucional	25	55,6
C6. Seguridad de los cuerpos de agua (emergente)	2	4,4

Fuente: elaboración propia. Un documento puede aportar a varias categorías.

Los reservorios como infraestructura para la producción rural

La evidencia documental muestra que la implementación de reservorios en Boyacá se ha relacionado principalmente con la necesidad de garantizar agua para actividades agropecuarias. En antecedentes departamentales se registra la construcción de reservorios

orientados al manejo sostenible del agua de riego para el cultivo de papa, incluyendo unidades instaladas en Tunja.

En la literatura revisada, la función de los reservorios se describe de manera consistente como una regulación temporal de la oferta hídrica: captar agua en los periodos de mayor disponibilidad y utilizarla cuando las precipitaciones o las fuentes inmediatas no satisfacen la demanda (FAO, s. f.; Vargas Pineda et al., 2018; Silva et al., 2026). Esta función se asocia principalmente con el riego de cultivos y el abrevadero de animales, aunque algunos estudios la vinculan también con otros usos de las unidades productivas, como la limpieza de instalaciones o el abastecimiento complementario en épocas secas (Carvajal Caballero y Macías Bermudez, 2018; Bautista Arcila et al., 2022).

La escala de estas infraestructuras constituye un rasgo distintivo. A diferencia de los embalses de abastecimiento urbano, como Teatinos, los pequeños reservorios responden a necesidades localizadas de predios o pequeñas áreas productivas, y su aporte se mide en términos de la reducción de déficits hídricos durante determinados periodos del ciclo productivo (Hoogeveen et al., 2024). En Tunja, ambos tipos de almacenamiento coexisten con finalidades, usuarios y responsables diferentes: mientras el embalse de Teatinos atiende el abastecimiento urbano, los pequeños reservorios responden a demandas localizadas de las unidades productivas.

Presencia territorial y finalidad de los reservorios rurales de Tunja

La Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Tunja 2022–2034 identifica a Pirgua, El Porvenir, La Esperanza, Tras del Alto, Barón Gallero, Barón Germania, Chorro Blanco, La Hoya, La Lajita y Runta como áreas representativas de la actividad agrícola del municipio. En este contexto, el documento advierte que son pocos los predios rurales que disponen de reservorios y, por consiguiente, de sistemas de riego con capacidad para atender las necesidades hídricas de los cultivos, lo que evidencia limitaciones en la infraestructura destinada al almacenamiento y aprovechamiento del agua para la producción agropecuaria (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b, p. 75).

Los documentos institucionales permiten, además, reconocer la finalidad productiva de estas infraestructuras en el municipio. El antecedente departamental de 2018 vincula los reservorios construidos en Tunja con el manejo sostenible del agua de riego para el cultivo de papa (Gobernación de Boyacá, 2018), producto que la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional identifica como predominante en la producción agrícola municipal (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b). A su vez, los informes de 2025 se refieren a la cosecha y el almacenamiento de agua «para uso agropecuario», lo que incluye tanto el riego como las actividades pecuarias (Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación, 2025b).

La coincidencia territorial entre las veredas señaladas como representativas de la actividad agrícola y las veredas en las que se realizaron las visitas técnicas de 2025

—La Hoya, Barón Gallero, La Lajita y Barón Germania— sugiere que las intervenciones institucionales se han orientado hacia las zonas de mayor demanda productiva del sur del municipio. No obstante, los documentos no permiten establecer cuántos reservorios existen en total en el área rural, ni qué proporción de las unidades productivas dispone de ellos, más allá de la advertencia general de que «son pocos los predios» que cuentan con esta infraestructura.

Correspondencia entre la oferta hídrica y la demanda productiva

La documentación municipal muestra que la producción agrícola de Tunja depende del comportamiento temporal de las lluvias, con dos periodos principales de siembra asociados con los meses de marzo a mayo y de julio a septiembre (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b). Esta dependencia coincide con lo señalado por la literatura sobre cosecha de agua, según la cual la utilidad del almacenamiento no radica en el volumen total de precipitación, sino en la posibilidad de trasladar en el tiempo el agua disponible para hacerla coincidir con los requerimientos de los cultivos (López Hernández et al., 2017; Ríos-Rojas et al., 2024).

Sin embargo, los documentos revisados no permiten relacionar la capacidad de los reservorios existentes con la demanda hídrica de las unidades productivas, relación que la literatura considera la base de su dimensionamiento y aprovechamiento (Bautista Arcila et al., 2022; Carvajal Caballero y Macías Bermudez, 2018). Por ello, su aporte efectivo a la producción agropecuaria de Tunja solo puede inferirse de manera general.

Secuencia cronológica de las actuaciones institucionales relacionadas con los reservorios

Uno de los principales hallazgos corresponde al cambio observado en la orientación de las actuaciones institucionales sobre los reservorios rurales de Tunja. Mientras las intervenciones iniciales estuvieron asociadas principalmente con la construcción de infraestructura para almacenamiento de agua, los reportes más recientes incorporan acciones dirigidas al diagnóstico, recuperación y adecuación de los reservorios existentes.

Estos antecedentes muestran que la gestión de los reservorios comienza a trascender la construcción de nuevas estructuras para incorporar acciones relacionadas con su conservación y capacidad operativa. Aspectos como la acumulación de sedimentos, las pérdidas por infiltración, el deterioro de los sistemas de impermeabilización y la disminución de la capacidad útil pueden comprometer el volumen de agua disponible. Por ello, el mantenimiento, la limpieza, la ampliación y la adecuación de los sistemas de impermeabilización constituyen acciones relevantes para conservar la funcionalidad de estas infraestructuras y su aporte a las necesidades hídricas de las unidades productivas rurales.

La lectura cronológica de los documentos permite reconocer tres momentos en la forma en que las instituciones han abordado los reservorios rurales de Tunja (Tabla 4). El primero, representado por el informe departamental de 2018, se caracteriza por una lógica de construcción, orientada a ampliar la infraestructura de almacenamiento para el riego de cultivos de papa. El segundo, documentado en los informes de 2025, incorpora el diagnóstico, la limpieza, la ampliación y la instalación de geomembranas en reservorios existentes, es decir, una lógica de recuperación de la capacidad operativa. El tercero, representado por los lineamientos de Corpoboyacá de 2026, introduce una lógica de regulación ambiental, al establecer criterios para el diseño, la construcción, el mantenimiento y el uso de estas estructuras.

Tabla 4.

Evolución del contexto institucional y de las actuaciones relacionadas con los reservorios rurales de Tunja

Año	Documento	Actuación registrada	Orientación
2017	Resolución 0618 – Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero de Tunja (Corpoboyacá, 2025)	Aprobación del plan; protección de zonas de recarga y aprovechamiento sostenible del agua subterránea.	Planificación ambiental
2018	Informe de gestión del tercer trimestre (Gobernación de Boyacá, 2018)	Construcción de 150 reservorios para riego de papa en Boyacá, cuatro de ellos en Tunja.	Construcción
2022	Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2022–2034 (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b)	Diagnóstico: pocos predios rurales cuentan con reservorios y sistemas de riego.	Diagnóstico de necesidades
2024	Plan de Desarrollo Territorial 2024–2027 (Alcaldía Mayor de Tunja, 2024)	Reconocimiento de la vocación agropecuaria del 87 % del territorio y de unos 3.000 productores.	Planificación territorial
2025 (II trim.)	Informe de gestión del segundo trimestre (Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación, 2025a)	Evaluación de 34 reservorios en La Hoya, Barón Gallero, La Lajita y Barón Germania.	Diagnóstico y recuperación
2025 (III trim.)	Informe de gestión del tercer trimestre (Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación, 2025b)	Visitas a 40 unidades productivas; preselección de beneficiarios y viabilidad de intervenciones.	Recuperación y fortalecimiento
2026	Lineamientos para reservorios de agua lluvia (Corpoboyacá, 2026)	Criterios técnicos, ambientales y normativos de diseño, construcción, mantenimiento y uso.	Regulación ambiental

Fuente: elaboración propia a partir de los documentos citados.

Esta evolución coincide con las advertencias de la literatura internacional sobre la sostenibilidad de los pequeños reservorios. Yassin et al. (2026) señalan que la acumulación de sedimentos, las pérdidas por infiltración y evaporación y la falta de mantenimiento reducen progresivamente el volumen útil de estas estructuras, de modo que su funcionalidad depende tanto del diseño inicial como de las acciones realizadas durante su vida útil. En el mismo sentido, Berrones y Célleri (2025) destacan que la sostenibilidad de los sistemas de

riego andinos requiere monitoreo, distribución adecuada del agua y arreglos de gobernanza que garanticen su operación en el tiempo.

Desde esta perspectiva, el tránsito documentado en Tunja —de construir a recuperar y regular— puede interpretarse como el reconocimiento institucional de que la infraestructura construida no garantiza por sí misma la disponibilidad de agua. La instalación de geomembranas y la limpieza de los vasos de almacenamiento responden directamente a los procesos de pérdida de capacidad descritos en la literatura, y los lineamientos ambientales de 2026 introducen la necesidad de que las nuevas intervenciones consideren las condiciones del suelo, la pendiente y la protección de las fuentes. Con todo, los documentos no reportan los resultados de estas intervenciones, por lo que no es posible establecer en qué medida se recuperó la capacidad de almacenamiento de los reservorios evaluados.

Los reservorios dentro de un sistema hídrico territorial

El análisis de los reservorios rurales no puede limitarse a considerarlos como unidades aisladas, dado que forman parte de un sistema hídrico territorial en el que interactúan fuentes superficiales y subterráneas destinadas a diferentes usos. Desde esta perspectiva, su análisis requiere considerar tanto su función productiva local como las relaciones que mantienen con los demás componentes del sistema hídrico, particularmente los cauces, las zonas de recarga, las aguas subterráneas y los ecosistemas asociados.

De esta forma, los reservorios rurales pueden analizarse como parte de una estrategia de gestión descentralizada del agua: almacenan localmente un recurso destinado principalmente a la producción y pueden disminuir presiones puntuales sobre otras fuentes, pero su ubicación y operación deben ser compatibles con la conservación de cauces, áreas de recarga y ecosistemas asociados.

Relación con el sistema acuífero y las zonas de recarga

La revisión muestra que la planificación ambiental del territorio incorpora la protección y gestión de las aguas subterráneas como un componente relevante del sistema hídrico. En este marco, el Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero de Tunja establece acciones relacionadas con la protección de las zonas de recarga, la formalización de usuarios y el monitoreo del recurso, mientras que los lineamientos de Corpoboyacá de 2026 advierten sobre la necesidad de evitar que la construcción y operación de reservorios afecten manantiales, aljibes, aguas subterráneas y cauces naturales (Corpoboyacá, 2025, 2026).

La literatura sobre gestión conjunta de aguas superficiales y subterráneas ofrece un marco para interpretar esta relación. Evans y Hanson (2025) plantean que la gestión coordinada de ambas fuentes permite aprovechar sus características complementarias y

mejorar la capacidad de respuesta frente a la variabilidad del recurso. Aplicado al caso de Tunja, este planteamiento sugiere que los reservorios rurales, al almacenar agua de lluvia y escorrentía para usos productivos, podrían contribuir a reducir la demanda sobre otras fuentes; sin embargo, su localización inadecuada —por ejemplo, en zonas de recarga o con captación de nacimientos— podría generar efectos contrarios. Los documentos revisados no permiten determinar la localización de los reservorios existentes respecto de las zonas de recarga del acuífero, lo que constituye un vacío relevante para la gestión integrada.

Efectos acumulativos a escala de cuenca

Yassin et al. (2026) advierten que, cuando numerosos pequeños reservorios se distribuyen en una misma cuenca, sus efectos acumulativos pueden modificar la dinámica hidrológica, el transporte de sedimentos y los flujos aguas abajo. Esta advertencia resulta pertinente para un escenario en el que las políticas institucionales promueven la ampliación y recuperación de reservorios en varias veredas del sur de Tunja. La documentación institucional revisada aborda las intervenciones a escala predial o veredal, pero no incorpora un análisis de sus efectos conjuntos sobre las microcuencas en las que se localizan.

Calidad del agua almacenada

La calidad del agua constituye otro aspecto de la dimensión ambiental. Guerrero Guio et al. (2021), a partir de la evaluación del agua para riego en 60 fincas agroecológicas de cuatro municipios de Boyacá, señalan que determinadas características fisicoquímicas pueden restringir su utilización, mientras que Castillo Sánchez et al. (2026) evalúan los peligros asociados con la calidad del agua para riego en un distrito de riego colombiano. Las guías de buenas prácticas agrícolas recomiendan, además, controlar las condiciones sanitarias de las fuentes y realizar análisis de calidad cuando corresponda (Villarreal Navarrete et al., 2023).

En contraste, ninguno de los documentos institucionales revisados sobre los reservorios de Tunja reporta información sobre la calidad del agua almacenada. Las intervenciones documentadas se centran en la capacidad y el estado físico de las estructuras, sin referencia a la aptitud del agua para los usos previstos. Esta diferencia entre la literatura y la documentación institucional evidencia que la gestión de los reservorios se ha concebido, hasta ahora, principalmente en términos de cantidad y no de calidad del recurso.

Dimensión institucional y gobernanza

El análisis de la dimensión institucional permite identificar los actores que intervienen en la gestión de los reservorios rurales de Tunja y las funciones que cada uno desempeña según la documentación revisada (Tabla 5).

Tabla 5.

Actores institucionales y funciones documentadas en la gestión de reservorios rurales de Tunja

Actor	Funciones documentadas	Documentos de referencia
Alcaldía Mayor de Tunja	Planificación del territorio rural; diagnóstico de la vocación agropecuaria y de las necesidades de infraestructura de almacenamiento y riego; estudio previo de reservorios utilizado como referencia por la Gobernación.	Alcaldía Mayor de Tunja (2022a, 2022b, 2024); Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación (2025a)
Gobernación de Boyacá	Construcción de reservorios (2018); diagnóstico, mantenimiento, ampliación e impermeabilización de reservorios existentes; preselección de beneficiarios (2025).	Gobernación de Boyacá (2018); Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación (2025a, 2025b)
Corpoboyacá	Autoridad ambiental; planificación del sistema acuífero; lineamientos para reservorios; otorgamiento de concesiones y permisos.	Corpoboyacá (2016, 2025, 2026)
Productores y unidades productivas	Beneficiarios de las intervenciones; usuarios del agua almacenada; responsables del uso y mantenimiento en el predio.	Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación (2025b)
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Formulación de la política nacional de gestión integral del recurso hídrico y de la reglamentación sobre cuencas, acuíferos y concesiones.	MAVDT (2010); Decretos 1640 de 2012 y 1076 de 2015

Fuente: elaboración propia a partir d e los documentos citados.

La revisión muestra una distribución de funciones entre niveles de gobierno: la administración departamental ejecuta las intervenciones físicas, la municipal aporta el diagnóstico territorial y la autoridad ambiental regula las condiciones de localización y uso del agua. Esta distribución coincide con el marco normativo descrito en el apartado 4. Sin embargo, los documentos no evidencian mecanismos explícitos de articulación entre estas entidades, más allá de la referencia de la Gobernación a un estudio previo de la Alcaldía como base para las visitas técnicas de 2025.

La literatura sobre gobernanza del agua subraya la importancia de esta articulación. Ramírez Bustos y Medina Vásquez (2023) destacan la participación de actores comunitarios e institucionales como componente fundamental de la gestión integral del agua; Vásquez Lizcano et al. (2024) proponen la construcción concertada de acciones en territorios hidrosociales; y Suárez Serrano et al. (2019) y Nicolas-Artero y Blanco (2024) muestran que las debilidades organizativas y de mantenimiento incrementan la vulnerabilidad hídrica de las comunidades rurales. En contraste, la participación de los productores aparece en los documentos institucionales de Tunja principalmente en su condición de beneficiarios, y no como actores de la planificación o el seguimiento de las infraestructuras.

Del mismo modo, la literatura enfatiza la necesidad de sistemas de monitoreo e indicadores para evaluar la sostenibilidad del recurso en el sector agrícola (Loaiza Cerón

et al., 2011; Berrones y Célleri, 2025). Los informes de gestión revisados reportan el número de reservorios evaluados o de unidades productivas visitadas, pero no indicadores de resultado sobre la capacidad recuperada, el volumen disponible o los beneficios productivos obtenidos. Esta diferencia sugiere una oportunidad para fortalecer el seguimiento institucional a partir de indicadores que trasciendan el registro de actividades.

Categoría emergente: seguridad de los cuerpos de agua

Durante la quinta fase del análisis documental, correspondiente a la comparación e interpretación de la información, se identificó una dimensión que no estaba prevista en las categorías deductivas iniciales: las condiciones de seguridad de los cuerpos de agua y su relación con el riesgo de ahogamiento, particularmente en población infantil. Esta categoría emergió al contrastar los documentos técnicos e institucionales sobre reservorios con las dos fuentes de la Organización Mundial de la Salud incorporadas al corpus (OMS, 2024, 2026), relacionadas con la prevención del ahogamiento. Su inclusión permitió examinar si la documentación revisada sobre los reservorios de Tunja contenía información relativa a cerramiento, señalización, control de acceso o proximidad a viviendas e instituciones educativas.

En los documentos técnicos e institucionales revisados sobre los reservorios de Tunja no se identificó información explícita relacionada con cerramiento, señalización, control de acceso o distancia respecto de viviendas e instituciones educativas. Las fuentes consultadas se concentran principalmente en aspectos constructivos, productivos y ambientales —suelo, pendiente, fuente de llenado, impermeabilización y capacidad—. Este resultado debe interpretarse exclusivamente como un vacío de información dentro del corpus analizado y no como evidencia de que tales medidas de seguridad estén ausentes en los reservorios existentes. De manera similar, la literatura científica revisada sobre pequeños reservorios y cosecha de agua se orienta principalmente a su desempeño hidrológico, productivo y ambiental.

La ausencia de esta dimensión en los documentos revisados justifica la necesidad de caracterizar en campo las condiciones de seguridad de los cuerpos de agua, tarea que se aborda en el capítulo siguiente.

Vacíos de información y necesidades de seguimiento

La revisión permite identificar que las fuentes disponibles no informan de manera homogénea capacidad, dimensiones, antigüedad, volumen almacenado, cultivos beneficiados o estado individual de cada reservorio. La Tabla 6 sintetiza, para cada variable relevante en la gestión de los reservorios, si la información está disponible en los documentos revisados y en qué fuentes se encuentra.

Tabla 6.

Disponibilidad de información sobre los reservorios rurales de Tunja en los documentos revisados

Variable	Disponibilidad en los documentos	Observación
Número total de reservorios en el área rural	No disponible	Solo se reporta que «son pocos los predios» con reservorios (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022b).
Reservorios intervenidos o evaluados	Parcial	4 construidos en 2018; 34 evaluados y 40 unidades productivas visitadas en 2025.
Localización (veredas)	Parcial	Se mencionan veredas, sin coordenadas ni cartografía.
Capacidad y dimensiones	No disponible	No se reportan volúmenes ni dimensiones individuales.
Antigüedad	No disponible	No se registra el año de construcción de cada reservorio.
Fuente de llenado	No disponible	Los lineamientos de 2026 la exigen como criterio, pero no hay registro por reservorio.
Estado físico y necesidades de intervención	Parcial	Se mencionan necesidades de limpieza, ampliación y geomembrana, sin detalle por estructura.
Uso productivo y cultivos beneficiados	Parcial	Riego de papa (2018) y uso agropecuario general (2025).
Calidad del agua almacenada	No disponible	Sin información en los documentos institucionales.
Relación con zonas de recarga y cauces	No disponible	Exigida por los lineamientos ambientales, pero no documentada.
Resultado de las intervenciones	No disponible	No se reporta la capacidad recuperada ni los beneficios obtenidos.
Condiciones de seguridad (cerramiento, señalización)	No disponible	No identificadas en la información consultada.
Proximidad a viviendas e instituciones educativas	No disponible	No identificada en la información consultada.

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, de las trece variables consideradas, cuatro presentan información parcial y nueve no están disponibles en los documentos revisados. La información existente se concentra en el número de intervenciones y en su localización general por veredas, mientras que los atributos físicos, ambientales, de uso y de seguridad de cada reservorio permanecen sin documentar. Este resultado no corresponde únicamente a una limitación metodológica del estudio, sino que constituye un hallazgo en sí mismo: evidencia la ausencia de un inventario sistemático de reservorios rurales en el municipio y la necesidad de construir información primaria que soporte la planificación, la priorización de intervenciones y el seguimiento de sus resultados.

Aportes de la información geográfica para superar los vacíos identificados

La literatura revisada reconoce el potencial de los Sistemas de Información Geográfica para este propósito. Mera Garzón (2022) señala que los SIG permiten integrar componentes biofísicos y socioculturales para apoyar el análisis espacial y la conservación del agua. Aplicados a los reservorios, estos sistemas permitirían georreferenciar cada estructura, asociar sus atributos físicos, de uso y de seguridad, relacionarla con las zonas de recarga, los cauces, las viviendas y las instituciones educativas, y actualizar los registros a medida que se realizan nuevas intervenciones.

De este modo, la construcción de un inventario georreferenciado responde directamente a varios de los vacíos señalados en la Tabla 6: la localización precisa, las características físicas, la relación con el sistema hídrico y las condiciones de seguridad. Además, la incorporación de herramientas de captura digital en campo y de plataformas de visualización facilita que la información sea consultada por las entidades y las comunidades, lo que contribuye a la gobernanza del recurso. Este planteamiento orienta el componente geográfico del proyecto «Ni uno más. Mis Juanitos al Agua», cuyo desarrollo se presenta en el capítulo siguiente.

Síntesis de convergencias y divergencias entre fuentes

La Tabla 7 resume, para cada categoría de análisis, los principales planteamientos de la literatura científica y técnica, lo que registran los documentos institucionales sobre Tunja y la relación que se establece entre ambos tipos de fuentes.

Tabla 7.

Convergencias y divergencias entre la literatura científica y los documentos institucionales

Categoría	Literatura científica y técnica	Documentos institucionales de Tunja y Boyacá	Relación
C1. Caracterización	Regulación temporal del agua; escala local; desempeño condicionado por suelo, pendiente, captación e impermeabilización.	Reservorios en veredas del sur; escasa presencia en los predios rurales.	Convergencia en la función; vacío en la caracterización individual.
C2. Uso productivo	Riego y abrevadero; reducción de déficits hídricos; necesidad de articular almacenamiento con riego eficiente.	Riego de papa y uso agropecuario; producción dependiente de dos periodos de lluvia.	Convergencia; sin datos de aporte efectivo.
C3. Gestión y sostenibilidad	Pérdida de capacidad por sedimentación e infiltración; importancia del mantenimiento y del monitoreo.	Actuaciones documentadas de construcción (2018), recuperación y mantenimiento (2025) y regulación ambiental (2026)	Convergencia parcial; sin indicadores de resultado

C4. Dimensión ambiental	Efectos acumulativos en la cuenca; gestión conjunta con aguas subterráneas; calidad del agua.	Plan del acuífero y lineamientos ambientales; sin información de calidad ni de efectos de cuenca.	Convergencia parcial; divergencia en calidad y escala de cuenca.
C5. Dimensión institucional	Gobernanza participativa; organización comunitaria; indicadores de sostenibilidad.	Funciones distribuidas entre Alcaldía, Gobernación y Corpoboyacá; productores como beneficiarios.	Divergencia en participación y seguimiento.
C6. Seguridad	Barreras, supervisión y educación para prevenir el ahogamiento infantil.	Sin criterios de seguridad identificados en la información consultada.	Vacío en los documentos sobre reservorios.

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los resultados del análisis documental permiten afirmar que los reservorios rurales de Tunja ocupan un lugar reconocido, aunque todavía poco caracterizado, dentro de la gestión del agua del municipio. Su función productiva coincide con lo planteado por la literatura sobre cosecha y almacenamiento de agua (FAO, s. f.; Silva et al., 2026) y adquiere un peso considerable en un municipio en el que cerca del 87 % del territorio es rural.

Un hallazgo relevante corresponde a la secuencia cronológica de actuaciones institucionales documentadas en relación con los reservorios rurales. Los registros revisados muestran construcción de reservorios para riego en 2018, acciones de diagnóstico, mantenimiento, ampliación e impermeabilización en 2025 y, en 2026, la definición de lineamientos técnicos y ambientales para su diseño, construcción y uso. Estas actuaciones corresponden a entidades, instrumentos y momentos diferentes, por lo que no deben interpretarse como etapas sucesivas de una misma política ni como evidencia de aprendizaje institucional. En conjunto, permiten reconocer la coexistencia de acciones de construcción, recuperación, mantenimiento y regulación, aspectos que guardan relación con lo señalado en la literatura sobre sostenibilidad y vida útil de estas infraestructuras (Yassin et al., 2026; Berrones & Célleri, 2025). La documentación revisada, sin embargo, no aporta indicadores suficientes para evaluar los resultados de estas intervenciones en términos de capacidad recuperada o disponibilidad efectiva de agua para la producción.

La segunda tensión identificada se relaciona con la escala del análisis. Mientras la literatura insiste en la necesidad de considerar los efectos acumulativos de los reservorios sobre las cuencas y su relación con las aguas subterráneas (Evans y Hanson, 2025; Yassin et al., 2026), los documentos institucionales abordan los reservorios como estructuras individuales asociadas a predios. Los lineamientos de Corpoboyacá de 2026 constituyen un avance en este sentido, al exigir que la localización considere la protección de cauces, manantiales y aguas subterráneas; no obstante, su aplicación requiere información georreferenciada sobre los reservorios y su entorno que, según la revisión, no está disponible.

La tercera tensión se refiere a la calidad del agua y a la dimensión social de la gestión. La literatura sobre seguridad hídrica rural destaca que la disponibilidad física del agua no basta para garantizar su aprovechamiento, puesto que intervienen también su calidad, las capacidades organizativas y la participación de las comunidades (UN-Water, 2013; Suárez Serrano et al., 2019; Leal Pacheco y Tarlé Pissarra, 2025). En los documentos de Tunja estos aspectos aparecen de manera marginal, y fortalecer el papel de los productores en el seguimiento y mantenimiento de los reservorios podría contribuir a su sostenibilidad (Ramírez Bustos y Medina Vásquez, 2023; Vásquez Lizcano et al., 2024).

Finalmente, la categoría emergente de seguridad amplía la comprensión documental de los reservorios más allá de sus funciones productivas y ambientales. En los documentos revisados no se identificó información sobre cerramiento, señalización, control de acceso o proximidad de los reservorios a viviendas e instituciones educativas, mientras que la Organización Mundial de la Salud reconoce el control del acceso a los cuerpos de agua, la supervisión y la educación como medidas relevantes para la prevención del ahogamiento (OMS, 2024, 2026). Este contraste permite identificar un vacío de información que requiere ser abordado mediante caracterización específica en campo. El análisis documental, por sí solo, no permite establecer las condiciones físicas de seguridad de los reservorios ni determinar el grado de exposición de la población que reside o transita en sus entornos.

En conjunto, la discusión muestra que el principal desafío para la gestión de los reservorios rurales de Tunja no es únicamente técnico ni financiero, sino informativo e institucional: se requiere conocer cuántos reservorios existen, dónde se localizan, en qué estado se encuentran, cómo se usan y qué riesgos representan, y articular a los diferentes actores en torno a esta información. El análisis documental permite delimitar con precisión estas necesidades y justifica la producción de información primaria mediante herramientas geográficas y trabajo con las comunidades.

Conclusiones

El análisis documental permitió reconocer que los reservorios hídricos del territorio rural de Tunja constituyen infraestructuras de regulación temporal del agua constituyen infraestructuras de regulación temporal del agua con una función relevante de apoyo a la producción agropecuaria, en un municipio con amplia vocación rural, dependencia de los periodos de lluvia y escasa disponibilidad de sistemas de almacenamiento y riego en los predios. Su función se enmarca en un sistema hídrico territorial más amplio, en el que interactúan el embalse de Teatinos, el sistema acuífero de Tunja y las fuentes superficiales, y en el que cada tipo de almacenamiento responde a usuarios y finalidades distintas.

La revisión permitió identificar una secuencia cronológica de actuaciones públicas relacionadas con los reservorios rurales: construcción de nuevas estructuras para riego documentada en 2018; diagnóstico, mantenimiento, ampliación e impermeabilización de reservorios existentes en 2025; y establecimiento de lineamientos técnicos y ambientales para su diseño y uso en 2026. Dado que estas actuaciones corresponden a documentos,

entidades y momentos distintos, su coexistencia debe interpretarse como evidencia de diferentes formas de intervención sobre los reservorios y no como una sustitución progresiva de políticas. En conjunto, los documentos muestran que la construcción, el mantenimiento, la recuperación y la regulación ambiental constituyen componentes complementarios para la gestión sostenible de estas infraestructuras.

La categoría emergente de seguridad de los cuerpos de agua constituye un aporte del análisis. La información consultada sobre los reservorios de Tunja no incorpora criterios relacionados con el cerramiento, la señalización o la proximidad a viviendas e instituciones educativas, pese a que la evidencia internacional identifica el control del acceso a los cuerpos de agua como una medida central para la prevención del ahogamiento infantil. La gestión integral de los reservorios debería, por tanto, articular su función productiva y ambiental con la protección de las comunidades que conviven con ellos.

A partir de estos resultados se plantean las siguientes recomendaciones: (a) construir un inventario georreferenciado de los reservorios rurales del municipio, con atributos físicos, de uso, ambientales y de seguridad; (b) incorporar indicadores de resultado en el seguimiento de las intervenciones institucionales; (c) incluir la calidad del agua almacenada como variable de diagnóstico; (d) incorporar criterios mínimos de seguridad en los lineamientos y en los proyectos de construcción y recuperación de reservorios, con prioridad en el entorno de las sedes educativas; y (e) fortalecer la articulación entre la Alcaldía, la Gobernación, Corpoboyacá, las instituciones académicas y los productores en la planificación y el seguimiento de estas infraestructuras.

El análisis documental aporta el marco de referencia para el capítulo siguiente, en el que se presenta la caracterización geográfica de los cuerpos de agua del entorno de la Institución Educativa Rural del Sur de Tunja mediante Sistemas de Información Geográfica. Este trabajo responde a varios de los vacíos identificados y permite avanzar desde la revisión de la evidencia documental hacia la producción de información primaria para la gestión del territorio y la prevención del ahogamiento infantil.

Referencias

Alcaldía Mayor de Tunja. (2022a). Diagnóstico de la dimensión económica del Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja. https://alcaldiatunja.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldiatunja/content/files/001325/66230_2_dimension_economica.pdf

Alcaldía Mayor de Tunja. (2022b). Política de seguridad alimentaria y nutricional con énfasis en la garantía progresiva de derecho humano a la alimentación: Tunja 2022–2034. https://alcaldiatunja.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldiatunja/content/files/001661/83004_documento-tecnico-ppsan-20222034-tunja1_optimized.pdf

Alcaldía Mayor de Tunja. (2024). Plan de Desarrollo Territorial “Conectemos Tunja con el Mundo” 2024–2027. https://alcaldiatunja.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldiatunja/content/files/001970/98464_anexo_3pdt2024_2027.pdf

Bautista Arcila, P. A., Apolinar Castiblanco, S. C., & Forero Buitrago, G. A. (2022). Propuesta de un sistema VAC para el aprovechamiento sostenible de agua lluvia en la finca Nanche, en el municipio de Pandi, Cundinamarca. Inventum, 17(32) https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.17.32.2022.13-31

Berrones, G., & Célleri, R. (2025). Análisis de los desafíos de sostenibilidad en sistemas de riego de los Andes. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida, 42(2), 22–40. https://doi.org/10.17163/lgr.n42.2025.02

Carvajal Caballero, R., & Macías Bermudez, A. A. (2018). Cosecha, reciclo y manejo eficiente del recurso hídrico como estrategia de adaptación al cambio climático por parte de AESMEVI. Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, 67–84. https://doi.org/10.23850/23899573.1639

Castillo Sánchez, L., Echeverri Sánchez, A. F., Carreño Sánchez, M. del M., Barona Ramírez, S. M., & Jaramillo Llorente, M. F. (2026). Evaluación de los peligros asociados a la calidad del agua para riego en el Canal Interceptor Ambiental del Distrito RUT, Colombia, Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 79 https://doi.org/10.15446/rfnam.v79.120876

Congreso de la República de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297

Congreso de la República de Colombia. (1997, 6 de junio). Ley 373 de 1997, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=342

Constitución Política de Colombia [Const.]. (1991). Artículos 79 y 80. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125

Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá]. (2016, 29 de febrero). Corpoboyacá está desarrollando el estudio del "Plan de manejo ambiental del sistema acuífero de Tunja". https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/corpoboyaca-esta-desarrollando-el-estudio-del-plan-de-manejo-ambiental-del-sistema-acuifero-de-tunja/

Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá]. (2026, 5 de noviembre). Corpoboyacá establece lineamientos ambientales para la construcción y uso responsable de reservorios de agua lluvia. https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/corpoboyaca-establece-lineamientos-ambientales-para-la-construccion-y-uso-responsable-de-reservorios-de-agua-lluvia/

Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá]. (2025). Plan de Manejo Ambiental Acuífero de Tunja. https://www.corpoboyaca.gov.co/nuestra-gestion/planes/plan-de-manejo-ambiental-acuifero-de-tunja/

Evans, R. S., & Hanson, R. T. (2025). Gestión conjunta del agua. El Proyecto de Aguas Subterráneas. https://doi.org/10.62592/XGBG1126

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s. f.). Water harvesting and storage.

Recuperado el 11 de noviembre de 2026, de https://www.fao.org/land-water/water/agricultural-water-management/water-harvesting-and-storage/en

Gobernación de Boyacá. (2018). Informe de gestión correspondiente al tercer trimestre de 2018. https://www.boyaca.gov.co/images/RendicionCuentas/2018/consolidado-analisis-ejecucion-3T-2018.pdf

Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación. (2025a). Informe de gestión segundo trimestre 2025 del Plan Departamental de Desarrollo "Nuestro Gran Plan es Boyacá" 2024–2027. https://www.boyaca.gov.co/wp-content/uploads/2025/08/VF_INFORME_2DO_TRIMESTRE_2025_PDD.pdf

Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación. (2025b). Gestión tercer trimestre 2025 del Plan Departamental de Desarrollo "Nuestro Gran Plan es Boyacá" 2024–2027. https://www.boyaca.gov.co/wp-content/uploads/2025/10/INFORME-DE-SEGUIMIENTO-3-TRIMESTRE.pdf

Guerrero Guio, J. C., Castellanos González, L., & Rodríguez Cely, N. T. (2021). Calidad de agua para riego de 60 fincas agroecológicas de 4 municipios del departamento de Boyacá. INGE CUC, 17(1), 96–111. https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.08

Hoogeveen, A. C., Sutanudjaja, E. H., Falconnier, G. N., van Beek, L. P. H., Wanders, N., Bierkens, M. F. P., & Hoch, J. M. (2024). A novel approach to include small reservoirs into a global hydrological model: Assessing its potential to reduce the agricultural water gap of smallholder farmers in Senegal. Journal of Hydrology: Regional Studies, 56, 102074. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102074

Hoyos Botero, C. (2000). Un modelo para investigación documental: Guía teórico-práctica sobre construcción de estados del arte. Señal Editora.

Ingrao, C., Strippoli, R., Lagioia, G., & Huisingh, D. (2023). Water scarcity in agriculture: An overview of causes, impacts and approaches for reducing the risks. Heliyon, 9(8). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18507

Leal Pacheco, F. A., & Tarlé Pissarra, T. C. (2025). Water security in the agriculture and cattle grazing activities: A systematic review. Water Security, 26, 100191. https://doi.org/10.1016/j.wasec.2025.100191

Loaiza Cerón, W., Reyes Trujillo, A., & Carvajal Escobar, Y. (2011). Modelo para el monitoreo y seguimiento de indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico en el sector agrícola. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 20(2), 77–89. https://doi.org/10.15446/rcdg.v20n2.20641

López Hernández, N. A., Palacios-Vélez, O. L., Anaya-Garduño, M., Chávez-Morales, J., Rubiños-Panta, J. E., & García-Carrillo, M. (2017). Diseño de sistemas de recolección del agua de lluvia: alternativa de suministro de agua. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(6), 1433–1439. https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.314

Mera Garzón, M. R. (2022). Diseño metodológico de análisis espacial para la conservación del agua en la cuenca alta del río Cauca. Entorno Geográfico, (24), https://doi.org/10.25100/eg.v0i24.12239

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (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

Nicolas-Artero, C., & Blanco, G. (2024). Propuesta de un indicador para estudiar la seguridad hídrica en la interfaz doméstica-comunitaria de áreas rurales chilenas. EURE, 50(151), 1–25.https://doi.org/10.7764/EURE.50.151.05

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2024). Global status report on drowning prevention 2024. https://www.who.int/publications/i/item/9789240103962

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2026). Ahogamiento [Nota descriptiva]. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drowning

Presidencia de la República de Colombia. (2012, 2 de agosto). Decreto 1640 de 2012, por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/decreto-1640-de-2012/

Presidencia de la República de Colombia. (1974, 18 de diciembre). Decreto-Ley 2811 de 1974, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/decreto-2811-de-1974/

Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/decreto-1076-de-2015/

Ramírez Bustos, E., & Medina Vásquez, M. E. (2023). Gestión integral de los recursos hídricos desde la gobernanza: Estudio de caso en Quebradanegra, Colombia. Cooperativismo & Desarrollo, 31(127), 1–25. https://doi.org/10.16925/2382-4220.2023.03.08

Ríos-Rojas, L., Cano Benítez, M., Castillo Sánchez, L., & Martínez, M. F. (2024). Agricultura 4.0: cuándo, cuánto y cómo regar. Editorial AGROSAVIA. https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7407112

Silva, F. F. C., Bila Júnior, F. A., Fernandes, L. F. S., & Leal Pacheco, F. A. (2026). Rainwater harvesting systems for agricultural water security: A systematic review of productivity and resilience. Water Security, 28, 100213. https://doi.org/10.1016/j.wasec.2026.100213

Suárez Parra, K. V., & Obregón Neira, N. (2024). Distritos de riego y territorios socioecológicos. Bitácora Urbano Territorial, 34(1), 129–139. https://doi.org/10.15446/bitacora.v34n1.111748

Suárez Serrano, A., Baldioceda Garro, Á., Durán Sanabria, G., Rojas Conejo, J., Rojas Cantillano, D., & Guillén Watson, A. (2019). Seguridad hídrica: Gestión del agua en comunidades rurales del Pacífico Norte de Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales, 53(2), 25–46. https://doi.org/10.15359/rca.53-2.2

Suastegui Cruz, S., & Gallardo López, F. (2024). Plan de manejo para la seguridad hídrica en una comunidad rural del estado de Guerrero, México. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 14(28). https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1751

Trujillo-Osorio, C., Peña-Varón, M., & Castaño, F. (2025). Crónicas hidrosociales en la cuenca alta del río Meléndez: Agricultura y conservación en la transición al siglo XXI. Historia Agraria, 96, 169–201.

https://doi.org/10.26882/histagrar.096e06c

UN-Water. (2013). Water security and the global water agenda: A UN-Water analytical brief. United Nations University. https://www.unwater.org/publications/water-security-and-global-water-agenda

Vargas Pineda, O. I., González García, N., & Trujillo González, J. M. (2018). Análisis de un sistema de cosecha de agua lluvia a pequeña escala con finalidad pecuaria. Luna Azul, 46, 20–32. https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.3

Vásquez Lizcano, J., Wagner-Medina, E. V., Santacruz-Castro, A. M., Saray-Culma, L. F., Meneses-Buitrago, D. H., Burbano-Figuero, O., & Aja-Eslava, L. (2024). Territorios hidrosociales: Una metodología para promover la seguridad hídrica ante el cambio climático a través de la gobernanza, visión y acción participativa. Geográfica Digital, 20(40), 74–90. https://doi.org/10.30972/geo.20406749

Veolia Aguas de Tunja. (s. f.). Nuestra historia en Tunja. Recuperado el 11 de noviembre de 2026, de https://www.tunja.veolia.co/nosotros/quienes-somos/historia-tunja

Villarreal Navarrete, A., Beltrán Acosta, C. R., Ramírez, L., Díaz García, A., Rojas Zambrano, E. D., Zapata Narváez, Y. A., Wilches Ortiz, W. A., Sanabria Torres, C. E., Serralde Ordóñez, D. P., Ramírez Gómez, M. M., & Peñaranda Rolón, A. M. (2023). Buenas prácticas agrícolas y de manufactura en cultivos de uchuva. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406993

Yassin, A., Ricci, G. F., Gentile, F., & De Girolamo, A. M. (2026). Benefits and challenges of small dams in Mediterranean climate region: A review. Hydrology, 13(1), 10. https://doi.org/10.3390/hydrology13010010

Anexo

Inventario y trazabilidad del corpus documental analizado

El corpus documental estuvo conformado por 45 fuentes sustantivas seleccionadas de acuerdo con los criterios establecidos en la metodología. Para efectos de trazabilidad, se presenta la identificación de cada documento, su naturaleza y ámbito, las categorías de análisis a las que aporta, el principal contenido recuperado para el estudio y la sección del capítulo en la que se utiliza. La obra de Hoyos Botero (2000) no se incluye en este inventario, dado que corresponde al referente metodológico utilizado para fundamentar el análisis documental.

ID	Referencia abreviada	Año	Tipo / ámbito	Categoría(s)	Aporte principal al análisis	Ubicación principal en el capítulo
D01	Alcaldía Mayor de Tunja. Diagnóstico de la dimensión económica del POT de Tunja	2022	Instrumento de planificación / Municipal	C5	Caracterización de la vocación agropecuaria y de las condiciones territoriales del área rural de Tunja.	Contexto territorial; marco institucional

D02	Alcaldía Mayor de Tunja. Política de seguridad alimentaria y nutricional 2022–2034	2022	Instrumento de planificación / Municipal	C1, C2, C5	Identifica áreas de actividad agrícola y señala la limitada disponibilidad de reservorios y sistemas de riego en predios rurales.	Contexto territorial; presencia territorial; vacíos de información
D03	Alcaldía Mayor de Tunja. Plan de Desarrollo Territorial "Conectemos Tunja con el Mundo" 2024–2027	2024	Instrumento de planificación / Municipal	C2, C5	Aporta información sobre planificación rural, actividad productiva y gestión territorial municipal.	Contexto territorial; dimensión institucional
D04	Bautista Arcila et al. Propuesta de un sistema VAC para el aprovechamiento sostenible de agua lluvia…	2022	Artículo científico / Colombia	C1, C2	Integra variables climáticas, topográficas e hidrológicas para el almacenamiento de agua lluvia en una unidad productiva.	Cosecha y almacenamiento de agua
D05	Berrones & Célleri. Desafíos de sostenibilidad en sistemas de riego de los Andes	2025	Artículo científico / Ecuador	C2, C3	Relaciona sostenibilidad del riego con aspectos técnicos, agronómicos, de gestión y monitoreo.	Sostenibilidad de la producción agropecuaria; discusión
D06	Carvajal Caballero & Macías Bermudez. Cosecha, reciclo y manejo eficiente del recurso hídrico…	2018	Artículo científico / Colombia	C2, C3	Documenta reservorios, cosecha de agua lluvia, reutilización y riego eficiente en unidades productivas rurales.	Cosecha y almacenamiento; producción agropecuaria
D07	Castillo Sánchez et al. Evaluación de los peligros asociados a la calidad del agua para riego…	2026	Artículo científico / Colombia	C4	Sustenta la necesidad de considerar la calidad del agua destinada al riego y sus posibles restricciones.	Calidad del agua almacenada
D08	Congreso de Colombia. Ley 99 de 1993	1993	Norma / Nacional	C5	Establece el marco institucional ambiental y las competencias relacionadas con la gestión y conservación de los recursos naturales.	Marco normativo e institucional
D09	Congreso de Colombia. Ley 373 de 1997	1997	Norma / Nacional	C3, C5	Fundamenta el uso eficiente y ahorro del agua y su incorporación a la gestión institucional del recurso.	Marco normativo; gestión y sostenibilidad
D10	Constitución Política de Colombia, arts. 79 y 80	1991	Norma / Nacional	C5	Sustenta los deberes del Estado en protección ambiental, planificación del aprovechamiento de recursos y derecho a un ambiente sano.	Marco normativo e institucional
D11	Corpoboyacá. Estudio del Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero de Tunja	2016	Comunicación institucional / Regional	C4, C5	Aporta información hidrogeológica sobre el sistema acuífero y la necesidad de planificar el aprovechamiento de aguas subterráneas.	Contexto territorial; sistema acuífero

D12	Corpoboyacá. Lineamientos ambientales para la construcción y uso responsable de reservorios de agua lluvia	2026	Comunicación institucional / Regional	C1, C3, C4, C5	Define criterios sobre suelo, pendiente, fuente de llenado, cauces, manantiales, aguas subterráneas y condiciones ambientales para reservorios.	Contexto territorial; resultados; dimensión ambiental e institucional
D13	Corpoboyacá. Plan de Manejo Ambiental del Acuífero de Tunja	2025	Instrumento de planificación / Regional	C4, C5	Orienta protección de zonas de recarga, monitoreo, formalización de usuarios y aprovechamiento sostenible del acuífero.	Marco institucional; relación con acuífero y zonas de recarga
D14	Evans & Hanson. Gestión conjunta del agua	2025	Documento técnico / Internacional	C4	Fundamenta la gestión coordinada de aguas superficiales y subterráneas y su complementariedad frente a la variabilidad hídrica.	Sistema hídrico territorial; discusión
D15	FAO. Water harvesting and storage	s. f.	Documento técnico / Internacional	C1, C2	Define principios de captación y almacenamiento de agua y su utilización en sistemas agrícolas dependientes de la precipitación.	Reservorios como almacenamiento; cosecha de agua
D16	Gobernación de Boyacá. Informe de gestión, tercer trimestre de 2018	2018	Informe de gestión / Departamental	C1, C2, C5	Registra antecedentes de construcción de reservorios para riego en cultivos de papa, incluidos reservorios en Tunja.	Resultados; presencia territorial; cronología de actuaciones
D17	Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación. Informe de gestión segundo trimestre 2025	2025	Informe de gestión / Departamental	C1, C3, C5	Documenta seguimiento a unidades productivas y procesos orientados al diagnóstico y recuperación de reservorios.	Resultados; gestión y mantenimiento
D18	Gobernación de Boyacá, Secretaría de Planeación. Gestión tercer trimestre 2025	2025	Informe de gestión / Departamental	C1, C3, C5	Registra necesidades de mantenimiento, limpieza, ampliación e impermeabilización de reservorios existentes.	Resultados; actuaciones institucionales; vacíos de seguimiento
D19	Guerrero Guio et al. Calidad de agua para riego de 60 fincas agroecológicas de Boyacá	2021	Artículo científico / Boyacá	C4	Evidencia la relevancia de las características fisicoquímicas del agua para determinar su aptitud para riego.	Calidad del agua almacenada
D20	Hoogeveen et al. Small reservoirs and the agricultural water gap…	2024	Artículo científico / Senegal	C1, C2	Analiza el potencial de pequeños reservorios para disminuir déficits hídricos de pequeños productores.	Reservorios como almacenamiento; uso productivo
D21	Ingrao et al. Water scarcity in agriculture…	2023	Artículo científico / Internacional	C2	Examina causas y efectos de la escasez hídrica en agricultura y alternativas para optimizar el uso del agua.	Sostenibilidad de la producción agropecuaria

D22	Leal Pacheco & Tarlé Pissarra. Water security in agriculture and cattle grazing activities	2025	Artículo científico / Internacional	C3, C4, C5	Identifica cosecha de agua, riego eficiente, gestión integrada de fuentes y gobernanza como componentes de la seguridad hídrica agropecuaria.	Seguridad hídrica; discusión
D23	Loaiza Cerón et al. Modelo para el monitoreo y seguimiento de indicadores de sostenibilidad del recurso hídrico…	2011	Artículo científico / Colombia	C3	Propone seguimiento de la sostenibilidad hídrica mediante dimensiones biofísicas, tecnológicas, institucionales y socioeconómicas.	Gestión y sostenibilidad; discusión
D24	López Hernández et al. Diseño de sistemas de recolección del agua de lluvia	2017	Artículo científico / México	C2	Relaciona precipitación, área de captación, capacidad de almacenamiento y demanda para dimensionar sistemas de cosecha de agua.	Cosecha y almacenamiento de agua
D25	Mera Garzón. Diseño metodológico de análisis espacial para la conservación del agua…	2022	Artículo científico / Colombia	C4	Sustenta la utilidad de los sistemas de información geográfica para integrar variables biofísicas y socioculturales relacionadas con el agua.	Aportes de la información geográfica
D26	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico	2010	Política pública / Nacional	C5	Aporta principios de gestión integral, planificación, gobernanza y sostenibilidad del recurso hídrico.	Marco normativo e institucional
D27	Nicolas-Artero & Blanco. Indicador para estudiar la seguridad hídrica en áreas rurales chilenas	2024	Artículo científico / Chile	C5	Evidencia la intervención conjunta de infraestructura, acceso, calidad y capacidades organizativas en la seguridad hídrica rural.	Seguridad hídrica rural
D28	Organización Mundial de la Salud. Global status report on drowning prevention 2024	2024	Documento técnico / Internacional	C6	Documenta la magnitud del ahogamiento, su afectación en población infantil y medidas preventivas relacionadas con control de acceso y supervisión.	Seguridad de los cuerpos de agua
D29	Organización Mundial de la Salud. Ahogamiento	2026	Documento técnico / Internacional	C6	Complementa la identificación de factores de riesgo y medidas de prevención del ahogamiento.	Seguridad de los cuerpos de agua
D30	Presidencia de la República. Decreto 1640 de 2012	2012	Norma / Nacional	C5	Reglamenta instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos.	Marco normativo e institucional

D31	Presidencia de la República. Decreto-Ley 2811 de 1974	1974	Norma / Nacional	C5	Establece disposiciones generales para la protección, administración y aprovechamiento de los recursos naturales y del agua.	Marco normativo e institucional
D32	Presidencia de la República. Decreto 1076 de 2015	2015	Norma / Nacional	C5	Compila disposiciones reglamentarias del sector ambiente aplicables a la gestión y aprovechamiento del recurso hídrico.	Marco normativo e institucional
D33	Ramírez Bustos & Medina Vásquez. Gestión integral de los recursos hídricos desde la gobernanza	2023	Artículo científico / Colombia	C3, C5	Destaca la gobernanza y participación de actores territoriales como componentes de la gestión sostenible del agua.	Gestión sostenible; discusión
D34	Ríos-Rojas et al. Agricultura 4.0: cuándo, cuánto y cómo regar	2024	Documento técnico / Colombia	C2	Sustenta la necesidad de ajustar el suministro de agua a los requerimientos de los cultivos para evitar déficits y excesos.	Sostenibilidad de la producción agropecuaria
D35	Silva et al. Rainwater harvesting systems for agricultural water security	2026	Artículo científico / Internacional	C2, C4	Relaciona cosecha y almacenamiento de agua con disponibilidad, productividad y resiliencia frente a variabilidad climática.	Reservorios; seguridad hídrica; resultados
D36	Suárez Parra & Obregón Neira. Distritos de riego y territorios socioecológicos	2024	Artículo científico / Colombia	C3, C4, C5	Comprende los sistemas de riego como sistemas socioecológicos donde interactúan infraestructura, productores, recursos, instituciones y normas.	Producción agropecuaria; gestión sostenible
D37	Suárez Serrano et al. Seguridad hídrica: gestión del agua en comunidades rurales…	2019	Artículo científico / Costa Rica	C4, C5	Relaciona seguridad hídrica con disponibilidad, calidad, almacenamiento, mantenimiento y capacidades organizativas comunitarias.	Seguridad hídrica rural; discusión
D38	Suastegui Cruz & Gallardo López. Plan de manejo para la seguridad hídrica en una comunidad rural…	2024	Artículo científico / México	C5	Resalta organización, capacitación, participación y cuidado ambiental para fortalecer la seguridad hídrica rural.	Seguridad hídrica rural
D39	Trujillo-Osorio et al. Crónicas hidrosociales en la cuenca alta del río Meléndez	2025	Artículo científico / Colombia	C4, C5	Analiza relaciones históricas entre agricultura, conservación, comunidades y gobernanza del recurso hídrico.	Seguridad hídrica; dimensión ambiental
D40	UN-Water. Water security and the global water agenda	2013	Documento técnico / Internacional	C4, C5	Proporciona el marco conceptual de seguridad hídrica basado en acceso, calidad, sostenibilidad, ecosistemas y reducción de riesgos.	Seguridad hídrica rural

D41	Vargas Pineda et al. Sistema de cosecha de agua lluvia a pequeña escala con finalidad pecuaria	2018	Artículo científico / Colombia	C2	Documenta almacenamiento de agua durante periodos lluviosos para su utilización posterior en actividades pecuarias.	Reservorios; cosecha y almacenamiento
D42	Vásquez Lizcano et al. Territorios hidrosociales…	2024	Artículo científico / Colombia	C4, C5	Propone gobernanza participativa, diálogo de saberes y acción concertada para fortalecer la seguridad hídrica frente al cambio climático.	Seguridad hídrica; discusión
D43	Veolia Aguas de Tunja. Nuestra historia en Tunja	s. f.	Comunicación institucional / Municipal	C4	Aporta información sobre el abastecimiento urbano mediante el embalse de Teatinos y su complementariedad con pozos profundos.	Contexto territorial; sistema hídrico territorial
D44	Villarreal Navarrete et al. Buenas prácticas agrícolas y de manufactura en cultivos de uchuva	2023	Documento técnico / Colombia	C2, C3, C4	Recomienda almacenamiento de agua lluvia y control de condiciones sanitarias y calidad del agua utilizada en actividades agrícolas.	Cosecha de agua; calidad; gestión
D45	Yassin et al. Benefits and challenges of small dams in Mediterranean climate region	2026	Artículo científico / Internacional	C1, C3, C4	Analiza factores de desempeño y sostenibilidad de pequeños reservorios, incluidos sedimentación, pérdidas de capacidad y efectos hidrológicos acumulativos.	Caracterización; dimensión ambiental; discusión

Nota. C1 = Caracterización del reservorio; C2 = Uso productivo; C3 = Gestión y sostenibilidad; C4 = Dimensión ambiental; C5 = Dimensión institucional; C6 = Seguridad de los cuerpos de agua. Un documento puede aportar a más de una categoría. Las referencias completas se presentan en la lista de referencias del capítulo.