

El acuífero de Morroa en el norte de colombia: presiones antrópicas y desafíos de gestión

The Morroa aquifer in northern colombia: anthropogenic pressures and management challenges

Andrés Lozano Flórez¹, Issaura Cogollo Anaya¹, Adrián Ortega Castaño¹

¹Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Geografía, y Medio Ambiente, Montería, Colombia

Recibido febrero 2026, aceptado mayo 2026, en línea 18 junio 2026.

Resumen

El acuífero de Morroa, que abastece a cerca de 500.000 habitantes en Sucre y Córdoba (Colombia), atraviesa un deterioro acelerado por la sobreexplotación y la contaminación asociada a distintas actividades humanas. El estudio examina su estado actual mediante un enfoque mixto que combina análisis climatológicos, estimaciones de demanda hídrica, técnicas de análisis espacial y una revisión de las políticas públicas vigentes. Los resultados muestran un déficit crítico: la recarga natural solo alcanza el 14,78% de la demanda proyectada para 2023. También se identificaron focos de contaminación en áreas clave para la infiltración. Aunque las autoridades han impulsado medidas como recarga artificial, regulación y acciones de educación ambiental, estas presentan limitaciones institucionales y técnicas. La investigación resalta que la sostenibilidad del acuífero exige una gobernanza más sólida, apoyada en información confiable, ordenamiento territorial coherente y una participación comunitaria constante.

Palabras clave: Acuífero, Geografía, Sistemas de Información Geográfica, Gestión Ambiental, Sostenibilidad.

Abstract

The Morroa Aquifer, which supplies nearly 500,000 inhabitants in Sucre and Córdoba (Colombia), is undergoing accelerated deterioration due to overexploitation and contamination associated with various human activities. This study examines its current condition through a mixed-methods approach that integrates climatological analysis, water demand estimations, spatial analysis techniques, and a review of existing public policies. The findings reveal a critical deficit: natural recharge meets only 14.78% of the projected water demand for 2023. Sources of contamination were also identified in key infiltration zones. Although authorities have implemented measures such as artificial recharge, regulatory instruments, and environmental education initiatives, these efforts show institutional and technical limitations. The study concludes that the aquifer's long-term sustainability depends on stronger water governance grounded in reliable technical evidence, coherent territorial planning, and sustained community participation.

Keywords: Aquifer, Geography, Geographical Information System, Environmental Management, Sustainability.

Introducción

Un acuífero es una formación geológica subterránea compuesta por materiales permeables como grava, arena o roca fracturada, que permite almacenar y transmitir agua subterránea en cantidades significativas para uso humano o natural (Custodio & Llamas, 1996). Estas reservas constituyen un recurso vital para la subsistencia, el equilibrio hídrico de ríos y humedales, y la regulación frente a eventos extremos como las sequías, desempeñando un papel

crucial en la resiliencia de los ecosistemas ante el cambio climático.

En el norte de Colombia se encuentra el acuífero de Morroa, el cual se extiende entre los departamentos de Sucre, Córdoba y una porción del departamento de Bolívar, abastece a cerca de 500.000 personas en municipios como Sincelejo, Corozal, Morroa, Los Palmitos y Sahagún (Vargas et al., 2002). No obstante, este sistema hidrogeológico enfrenta amenazas

* Correspondencia del autor:

E-mail: alozanoflorez51@correo.unicordoba.edu.co



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

críticas: la sobreexplotación y la contaminación, Quiroz (2015), comenta que la recarga natural del acuífero oscila entre 45 y 75 l/s, mientras que la extracción actual se sitúa entre 1.000 y 1.200 l/s, generando un uso intensivo que está agotando las reservas y provocando el descenso progresivo del nivel piezométrico. Este desequilibrio obedece al aumento poblacional y al crecimiento urbano, particularmente en Sincelejo, ciudad que depende en gran medida de este recurso para su abastecimiento. En respuesta, las autoridades han propuesto la construcción de obras de recarga artificial como una medida paliativa (Quiroz, 2015).

Además de la presión por la demanda, el acuífero también se ve afectado por procesos de contaminación antrópica; algunos estudios advierten que vertimientos de aguas residuales sin tratar, el uso intensivo de agroquímicos, prácticas ganaderas, pozos sépticos y basureros a cielo abierto deterioran la calidad del agua, cuya vulnerabilidad varía entre media y alta según la profundidad de la zona vadosa (Argumedo, et al., 2002; Vergara, et al. 2009). Este deterioro compromete la potabilidad del recurso, tal como lo han demostrado análisis microbiológicos que evidencian presencia de coliformes fecales (Castro y Meza, 2015).

Comprender el funcionamiento del acuífero implica considerar los conceptos de recarga y balance hídrico. La recarga, entendida como el proceso por el cual el agua procedente de la lluvia, cuerpos de agua superficiales u otras fuentes alcanza el nivel freático y se incorpora al almacenamiento subterráneo, es un indicador clave de sostenibilidad (Custodio, 1998).

Según el Péres (2018), el área aflorante del acuífero de Morroa presenta alta capacidad de infiltración, lo que la convierte en su principal zona de recarga natural. No obstante, esta función se ve obstaculizada por la deforestación, la ocupación del suelo y la falta de planificación territorial efectiva.

Frente a este panorama, surge la necesidad urgente de analizar cómo se gestiona el acuífero de Morroa por parte de las autoridades ambientales, las empresas de acueducto y la sociedad civil.

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, estructurado en tres líneas de análisis: i) la cuantificación de la oferta hídrica y la demanda de agua actual y futura mediante balances climatológicos y proyecciones demográficas, ii) la identificación de los principales factores contaminantes y su relación con actividades humanas, y iii) la evaluación de las estrategias de planificación y gestión desarrolladas por los entes territoriales.

En particular, se estimaron la oferta y la demanda hídrica, se evaluaron los impactos de la contaminación sobre el acuífero y se analizó la eficacia de las estrategias de gestión ambiental territorial. Así, este trabajo se convierte en un “insumo” conceptual

que permite fortalecer una gobernanza hídrica más participativa, sostenible y basada en criterios científicos, conforme a lo estipulado en el Decreto 1640 de 2012 y los lineamientos del Programa Nacional de Aguas Subterráneas (MinAmbiente, 2024).

Materiales y Método

La investigación se desarrolló a partir de un marco metodológico integral orientada al análisis de la gestión del recurso hídrico en el acuífero de Morroa. (figura 1), estructurado en tres componentes principales que responden a los objetivos específicos planteados. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para el análisis integral de los componentes hidrológicos, ambientales y de gobernanza del sistema acuífero. El diseño metodológico se fundamentó en tres pilares esenciales: análisis de oferta-demanda hídrica, evaluación de la contaminación ambiental del acuífero y la revisión de estrategias de gestión propuestas por algunas entidades públicas.

Análisis de oferta-demanda hídrica

Para analizar la oferta y demanda hídrica del acuífero Morroa durante el año 2023, se integraron datos climáticos recientes, información poblacional proyectada y herramientas de análisis espacial. El enfoque adoptado permitió cuantificar con precisión tanto la recarga natural como la demanda antropogénica del sistema acuífero para el periodo de estudio.

Para la estimación de la oferta hídrica, se utilizaron datos de precipitación diaria del producto CHIRPS versión 2.0, obtenidos de la plataforma del Climate Hazards Group. Esta fuente proporcionó información con una resolución espacial de aproximadamente 5 km, específicamente procesada para el área de estudio durante todo el año 2023. Los datos de evapotranspiración real se obtuvieron del producto MOD16A2 de MODIS, disponible en Google Earth Engine con una resolución de 500 metros, cubriendo todos los meses del año en análisis.

La recarga neta fue estimada mediante un balance hídrico basado en la diferencia entre precipitación anual y evapotranspiración real.

En cuanto a la demanda hídrica, se trabajó con las proyecciones de población oficiales del Departamento Nacional de Estadística -DANE- para 2023 a nivel municipal (DANE, 2018), aplicando una dotación básica de 150 litros por habitante al día de acuerdo con el clima cálido de la zona, este parámetro se encuentra soportado por el reglamento del sector de agua potable y saneamiento básico (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009).

Evaluación de la contaminación ambiental del acuífero La evaluación de la contaminación del acuífero de Morroa se fundamentó en la recopilación y análisis de información de calidad del agua y la identificación de contaminantes predominantes.

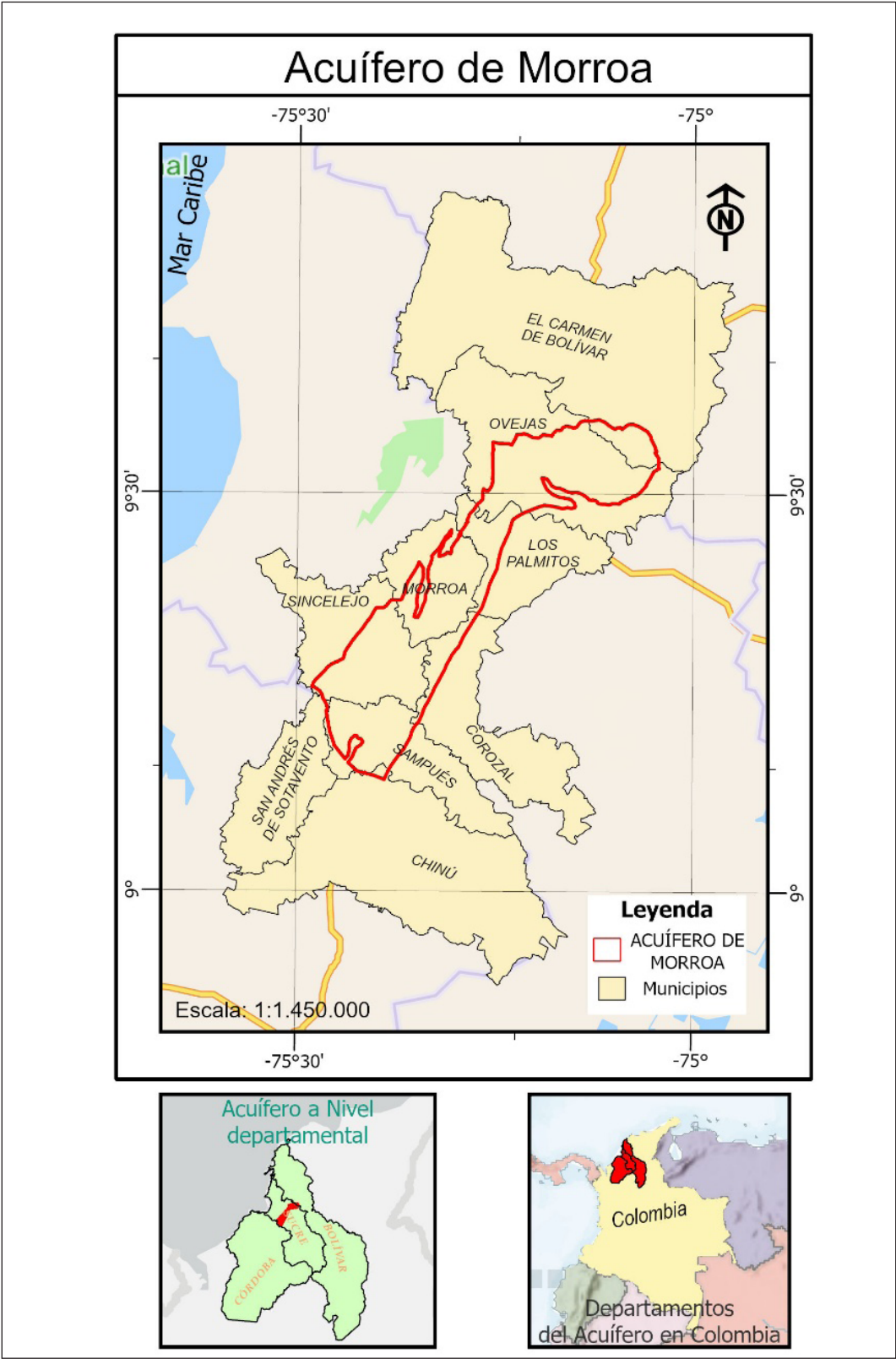


Figura 1. Mapa de Localización del Acuífero Morroa.

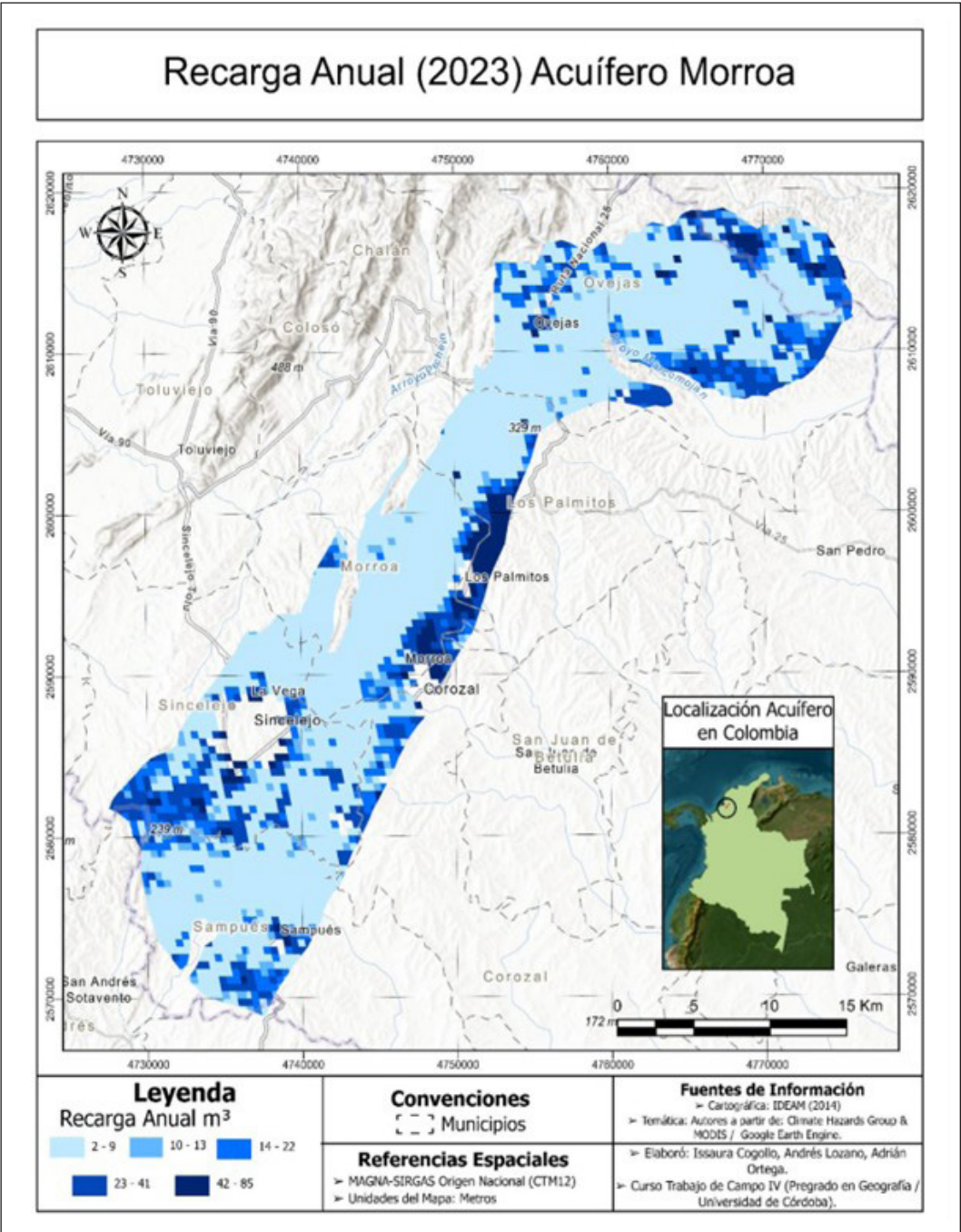


Figura 2. Mapa de recarga del acuífero de Morroa (m³).

Asimismo, se analizaron las actividades antrópicas y se caracterizaron las prácticas que inciden en la degradación del sistema, incluyendo el uso intensivo de agroquímicos, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento, el manejo inadecuado de residuos sólidos, la deforestación y el sobrepastoreo. Adicionalmente, se revisó literatura que sustenta la relación entre estas presiones y la afectación del acuífero.

Una vez obtenido la información de recargas del acuífero se plantea extraer información espacial de las zonas de mayor recarga del acuífero para generar un mapa de las actividades contaminantes sobre estas áreas.

Por último, se sintetiza la información recopilada más lo que demuestra el mapa para realizar un análisis

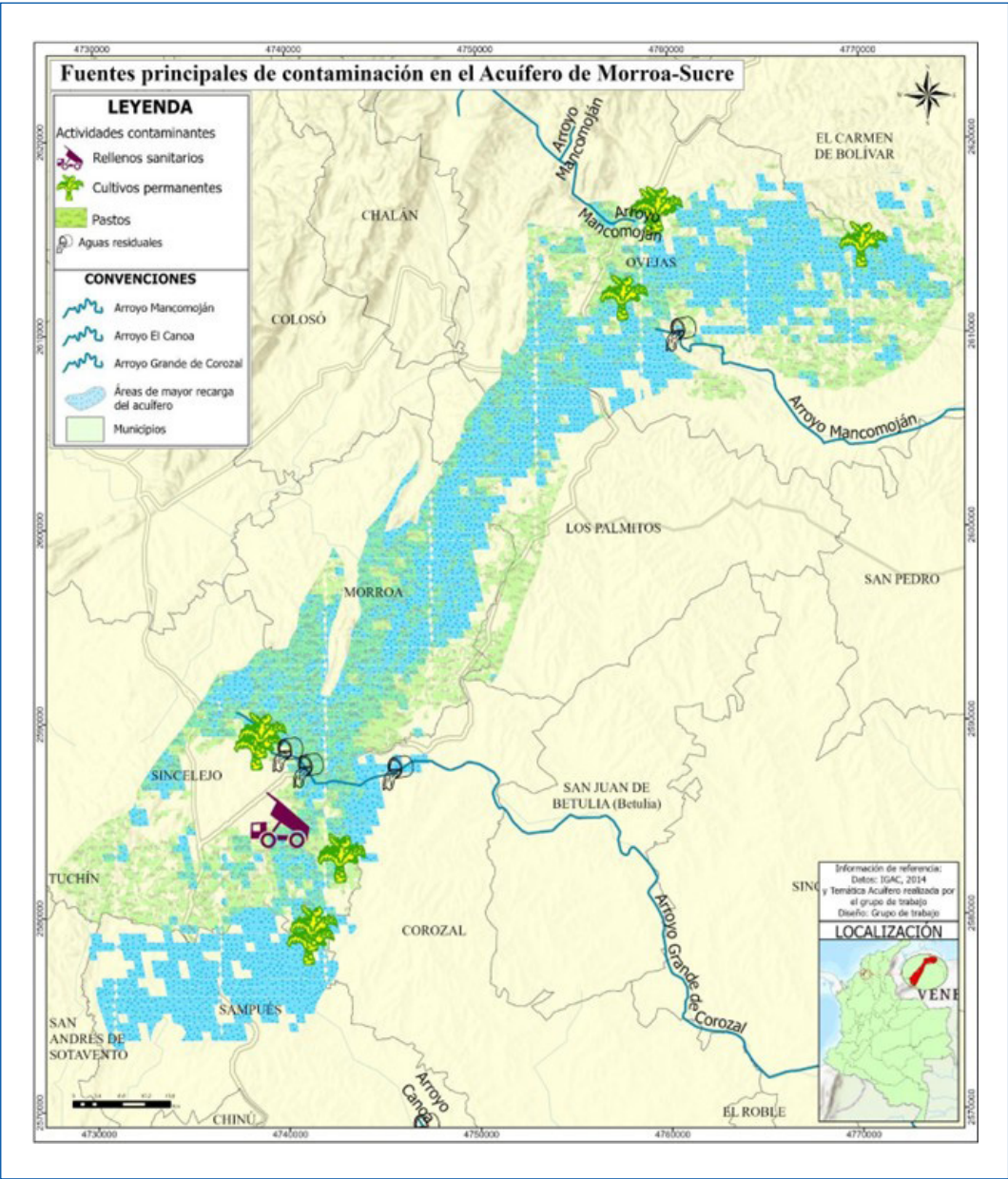


Figura 3. Mapa de las actividades contaminantes que afectan al acuífero de Morroa.

que muestre la correlación directa entre las prácticas contaminantes y los contaminantes identificados en el acuífero, para describir los posibles riesgos a los que se ve expuesto el acuífero y la calidad del agua.

Revisión de las estrategias de gestión ambiental del acuífero adoptadas por los entes territoriales

Para examinar las estrategias de planificación aplicadas por los entes territoriales al manejo del acuífero de Morroa, se adoptó una metodología de enfoque cualitativo de carácter analítico- descriptivo.

El enfoque adoptado facilitó el análisis de la estructura, el alcance y la efectividad de las intervenciones institucionales frente a los desafíos ambientales del acuífero. La investigación se basó en una revisión documental y normativa, complementada con el análisis crítico de políticas, planes y acciones implementadas en el territorio.

Resultados y discusión

El análisis espacial de la oferta hídrica, realizado mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG),

Tabla 1. Demanda de agua por municipio en el área de influencia del acuífero de Morroa.

Municipio	Población (Proyectada A 2023)	Litros Hab/ Día	Litros Hab/ Año	Total Demanda Año 2023 (L)
Sincelejo	310.456	150	113.316.440	35.179.768.696.640
Corozal	70.591	150	25.765.715	18.188.275.875.65
Los Palmitos	24.638	150	8.992.870	2.215.663.310.60
Morroa	16.360	150	5.971.400	9.769.210.400.0
Ovejas	23.862	150	8.709.630	2.078.291.910.60
Sampués	52.591	150	19.195.715	10.095.218.475.65
Total	498.498			38.535.205.757.890

mostró que los píxeles del área del acuífero presentan en promedio, un valor de 20 m3 de recarga, lo que representa la cantidad media de agua que se infiltra al subsuelo por unidad espacial.

En la cartografía obtenida (figura 2) se observan valores máximos de recarga de hasta 85 m3/píxel, especialmente en las zonas cercanas a los cascos urbanos de Sincelejo, Corozal, Morroa, Los Palmitos, Ovejas y Sampués. En estas áreas, los valores de infiltración oscilan entre 42 y 85 m3, lo que sugiere condiciones locales más favorables para el ingreso de agua al sistema acuífero, posiblemente asociadas a factores como la topografía, tipo de suelo y cobertura del terreno.

El volumen total estimado de recarga en el área de estudio fue de aproximadamente 5.70 billones de litros (equivalente a 5,696,620,064 m3), lo que representa la capacidad máxima de renovación del acuífero bajo condiciones naturales. Esta información es clave para comprender la disponibilidad hídrica subterránea y para definir estrategias de manejo sostenible, considerando las zonas de mayor y menor recarga como criterios para ordenamiento territorial, conservación y control de extracciones.

En cuanto a la demanda hídrica, para el año 2023, la población proyectada en el área de influencia del acuífero de Morroa fue de 498,498 habitantes, de acuerdo con cifras oficiales del DANE. Tomando como base un consumo promedio de 150 litros por habitante al día, se estimó una demanda anual total de aproximadamente 38.54 billones de litros, lo que equivale a 38,535 millones de metros cúbicos de agua requeridos exclusivamente para el abastecimiento básico de la población, estos valores se relacionan en la tabla 1.

El análisis del balance hídrico revela que la oferta del acuífero sólo cubre alrededor del 14.78% de la demanda poblacional estimada, lo que deja un déficit de 85.22%. Esta brecha evidencia que, bajo las condiciones actuales, el acuífero no tiene capacidad suficiente para abastecer sosteniblemente la demanda total derivada del consumo humano, al

menos sin considerar otras fuentes complementarias o restricciones en el uso.

En relación con la contaminación del acuífero de Morroa, la calidad del agua se ve afectada por diversos factores, entre los que destacan la contaminación microbiológica y química asociada a aguas residuales y desechos de origen animal, lo que representa un riesgo para la salud humana (Castro y Meza, 2015).

Por un lado, es importante señalar que, en materia de contaminación química, las actividades agrícolas y ganaderas extensivas -predominantes en la zona de influencia del acuífero- constituyen fuentes significativas de impacto. El manejo inadecuado de residuos sólidos es otra fuente difusa de contaminación, la disposición incorrecta de basuras y otros desechos en vertederos informales a cielo abierto genera lixiviados cargados de metales pesados y otras sustancias tóxicas, estos lixiviados se filtran a través del suelo, con el potencial de alcanzar el acuífero y degradar irreversiblemente su calidad química (CARSUCRE, 2019)

Por otro lado, se encuentran: la deforestación, la eliminación de la cobertura vegetal contribuye a la pérdida de la capacidad natural del suelo para absorber agua y recargar el acuífero, sino que también fomenta la erosión. Este proceso facilita el arrastre de sedimentos y contaminantes superficiales directamente hacia el subsuelo, o los moviliza hacia cuerpos de agua que eventualmente alimentan el acuífero (CARSUCRE, 2019).

El estudio logró precisar con claridad -como se evidencia en la Figura 3- que las zonas de mayor recarga del acuífero de Morroa están siendo afectadas por diversas actividades antrópicas que representan un riesgo importante para la calidad del agua subterránea. Las principales fuentes de contaminación identificadas corresponden a: la ganadería extensiva, la agricultura intensiva, la presencia de rellenos sanitarios y el vertimiento de aguas residuales en arroyos que atraviesan varios municipios del área de influencia.

Estas actividades generan una carga de contaminantes que es absorbida por los suelos y, debido a las características de permeabilidad del terreno, alcanzan con facilidad el acuífero. Esta situación ya ha sido reportada por diversos estudios académicos, los cuales han evidenciado la presencia de residuos fecales (bacterias coliformes), así como trazas de agroquímicos y plaguicidas en las aguas subterráneas. Lo anterior pone en evidencia la necesidad urgente de mejorar las condiciones de manejo ambiental del acuífero y promover un uso racional y sostenible del recurso hídrico, a través de políticas de protección, control de vertimientos y prácticas agrícolas y ganaderas más responsables.

La evaluación de las estrategias de gestión ejecutadas en el área del acuífero de Morroa, parte de reconocer

que “la sostenibilidad del acuífero depende tanto de la intervención técnica como del compromiso social e institucional” (Castro y Meza, 2015)”. Esto requiere una visión de gobernanza hídrica integral (IDEAM, 2016), por lo que -alineados a esta visión- los entes territoriales han estructurado su acción en torno a cinco líneas estratégicas: infraestructura de recarga, monitoreo hidrogeológico, normatividad territorial, educación comunitaria y control y fiscalización.

Una de las intervenciones más relevantes ha sido la implementación de prácticas de bioingeniería para la recarga artificial del acuífero, como zanjas de infiltración, barreras vivas y terrazas agrícolas, principalmente en los municipios de Morroa y Sampués. “Estas prácticas tienen como objetivo facilitar la infiltración del agua lluvia, prevenir la erosión y rehabilitar ecológicamente las zonas de recarga (Argumedo y Rodelo, 2002).” No obstante, su efectividad a largo plazo depende de la apropiación comunitaria y del fortalecimiento institucional, factores claves para que estas medidas se consoliden con el paso del tiempo.

En cuanto al monitoreo hidrogeológico, CARSUCRE ha liderado desde el año 2000 el Proyecto de Protección Integral de Aguas Subterráneas (PPIAS), que incluye redes de piezómetros, análisis fisicoquímicos, modelación hidrogeológica y vigilancia de los niveles freáticos.

Este proyecto ha sido clave para establecer límites de extracción y priorizar áreas de conservación (Buitrago & Donado, 2000; CARSUCRE, 2020), aunque presenta dificultades a raíz de la falta de un catastro hídrico actualizado y fallas en cuanto articulación institucional.

Desde el punto de vista normativo, los Planes de Ordenamiento Territorial -POT- han categorizado las zonas de recarga del acuífero como áreas de especial manejo ambiental, restringiendo actividades agroindustriales contaminantes y promoviendo la reforestación, sin embargo, como señala el Estudio Técnico del Acuífero de Morroa (CARSUCRE, 2017), la implementación efectiva de estas medidas ha sido desigual y en muchos casos limitada por la falta de recursos y capacidades técnicas.

En el componente educativo, el PPIAS ha desarrollado campañas de sensibilización ambiental en alianza con universidades y ONG, dirigidas a fomentar la participación ciudadana y el uso responsable del recurso hídrico (CARSUCRE, 2005; CARSUCRE, 2020), con el fin de consolidar una cultura del agua que reconozca la importancia del acuífero como bien común y fuente vital para el desarrollo regional (Castro & Meza, 2015).

A pesar de los avances, persisten problemas estructurales como la débil fiscalización de captaciones ilegales, vertimientos no autorizados y la ausencia de mecanismos eficaces de seguimiento a los

usos del recurso, esta sobreexplotación del acuífero ha llevado a descensos de hasta 2 metros anuales en los niveles piezométricos (CARSUCRE, 2017), lo cual compromete su sostenibilidad futura.

Además, estudios de calidad del agua revelan presencia de contaminantes como coliformes fecales y nitratos, incumpliendo los parámetros de potabilidad establecidos en la Resolución 2115 de 2007 (Castro & Meza, 2015).

De esta manera, es importante resaltar que las estrategias de gestión ambiental con enfoque territorial para el manejo del acuífero de Morroa han sido relevantes pero insuficientes; se requiere fortalecer la gobernanza hídrica a través de una mayor coordinación interinstitucional, actualización normativa y participación comunitaria activa. Como afirman Argumedo y Rodelo (2002), “la sostenibilidad del acuífero no depende únicamente de soluciones técnicas, sino de un enfoque territorial articulado, con visión de largo plazo y compromiso social”.

Conclusión

La gestión en el sistema hidrogeológico -Acuífero de Morroa- enfrenta múltiples amenazas que comprometen su sostenibilidad a corto y mediano plazo. Por un lado, el desequilibrio entre oferta y demanda hídrica -reflejado en un alarmante déficit del 85,22%- pone en riesgo el abastecimiento de agua para más de medio millón de personas, especialmente en contextos de crecimiento urbano acelerado como el de Sincelejo y Corozal. Por otro lado, las zonas de mayor recarga, claves para el mantenimiento del balance hídrico subterráneo, están siendo impactadas de forma directa por actividades antrópicas altamente contaminantes como la agricultura intensiva, la ganadería extensiva, los rellenos sanitarios y el vertimiento de aguas residuales en cuerpos hídricos superficiales (como arroyos).

El deterioro de la calidad del agua, evidenciado por la presencia de coliformes fecales, nitratos y residuos de plaguicidas, constituye una amenaza no solo ambiental, sino también para la salud pública y el desarrollo socioeconómico de la región. Aunque se evidencian progresos en monitoreo, infraestructura de recarga y regulación territorial, dichos avances resultan limitados frente a la magnitud de los problemas identificados.

Recomendaciones

Fortalecer los sistemas de vigilancia y control ambiental para identificar oportunamente las presiones sobre las zonas de recarga y aplicar las medidas correctivas correspondientes. Actualizar y armonizar los catastros hídricos, con el fin de disponer de información confiable para la planificación y gestión del recurso.

Promover prácticas agrícolas y pecuarias sostenibles que reduzcan el uso de insumos contaminantes y contribuyan a la conservación del suelo y del agua subterránea.

Fortalecer la participación de las comunidades locales en los procesos de gestión del acuífero, reconociéndolas como actores clave en la implementación y sostenibilidad de las medidas adoptadas.

Referencias bibliográficas

- Argumedo, Rodelo. & Nicolás, R. (2002). Caracterización hidroquímica y bacteriológica del acuífero de Morroa en los municipios de Sampués, Sincelejo, Morroa, Corozal y Los Palmitos en el Departamento de Sucre. Repositorio Institucional Universidad de Sucre. <http://repositorio.unisucra.edu.co/handle/001/218>
- Buitrago, J., & Donado, L. (2000). Evaluación de las condiciones de la explotación de la zona de recarga del Acuífero Morroa: Departamentos de Sucre y Córdoba, Colombia (Proyecto de grado, Universidad Nacional de Colombia). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
- Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE). (2005). Proyecto de Protección Integral de Aguas Subterráneas PPIAS. Sincelejo, CARSUCRE.
- (2019). Estudio técnico del acuífero Morroa. Corporación Autónoma Regional de Sucre. recuperado de https://carsucra.gov.co/wp-content/uploads/2019/01/ESTUDIOTECNICO_ACUIFERO-Morroa_Corregido_c.pdf
- (2020). Plan de Acción Institucional 2020-2023. <https://carsucra.gov.co/wp-content/uploads/2016/05/PAI-CARSUCRE-2020-2023.pdf>
- Castro, S., & Meza, K. (2015). Evaluación de la calidad del agua del acuífero de Morroa-Sucre, mediante análisis fisicoquímico y microbiológico: plan de seguimiento y monitoreo ambiental /. Edu.co. <https://repositorio.utb.edu.co/entities/publication/70e440d3-206d-44fb-b239-0f896b37af26>
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1996). Hidrología subterránea (2ª ed.). Omega.
- Departamento Nacional de Estadística DANE. (2018). Serie nacional de población por área, para el periodo 2018-2070 [Data set]. En Proyecciones y retroproyecciones de población nacional para el periodo 1950-2017 y 2018-2070 con base en el CNPV 2018. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2016). Programa Nacional de Aguas Subterráneas - PNASUB: Línea base para la gestión del recurso hídrico subterráneo en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Disponible en: <https://www.ideam.gov.co/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). Resolución 2320 de 2009, Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38487>
- Perez, F. (2018). INFILTRACIÓN POTENCIAL SOBRE LA CUENCA ARROYO GRANDE DE LA SABANA Y SU APOORTE A LA RECARGA DEL ACUIFERO MORROA, SUCRE, COLOMBIA [Universidad de Sucre]. <https://repositorio.unisucra.edu.co/server/api/core/bitstreams/27b6da1b-8cad-4676-a607-c83c44ab4426/content>
- Quiroz, E. (2015, noviembre 17). Acuífero de Morroa en riesgo de desaparecer por sobreexplotación. El Universal. <https://www.eluniversal.com.co/regional/sucra/2015/11/17/acuífero-de-morroa-en-riesgo-de-desaparecer-por-sobreexplotacion/>
- Vargas, M., Donado, L., & Buitrago, J. (2000). Informe de recopilación de información: Evaluación hidrogeológica regional de los departamentos de Sucre y Córdoba. INGEOMINAS. Documento interno de Hidrogeología.
- Vergara, V. (2019). Manejo de suelos en el acuífero Morroa, Sucre, Colombia, alternativa para el desarrollo agrícola sostenible. Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA, 11(1). <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.711>
- Vergara, V., Gutiérrez, G., & Flórez, H. (2009). Evaluación de la vulnerabilidad del acuífero Morroa a contaminación por plaguicidas aplicando la metodología DRASTIC. Ingeniería y Desarrollo, 11(26), 51-64. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612009000200005