CIENCIAS EXACTAS

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EMERGENCIA PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD OPERATIVA, FISICA Y ADMINISTRATIVA DEL ACUEDUCTO LA RATONA, MUNICIPIO CÓRDOBA, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA

MITIGATION AND EMERGENCY MEASURES FOR REDUCING THE OPERATIONAL, PHYSICAL AND ADMINISTRATIVE VULNERABILITY OF THE LA RATONA AQUEDUCT, CORDOBA MUNICIPALITY, TACHIRA STATE, VENEZUELA

Autores:

Rojas, Aurimar [1*]
ORCID: 0009-0005-9112-0642

Ramírez, Betty[1,2]
ORCID: 0009-0006-8511-0664

Bustillos, Sandra[1,2]
ORCID: 0009-0009-8542-8906

Pulido, Andrea[1,2]
ORCID: 009-0006-7469-1627

[1] Universidad Nacional Experimental del Táchira
[2] Unidad de Investigación y Desarrollo Sostenible

***Corresponding Author:** aurimar.rojas90@gmail.com

RESUMEN

El acueducto La Ratona presenta vulnerabilidad operativa, física y administrativa como resultado de deslizamientos y crecidas extremas ocurridas en la quebrada La Ratona y sus adyacencias, producto de las lluvias que arrastran sedimentos, rocas y lodo generando alta turbidez y afectando el suministro de agua, tanto en calidad, cantidad y continuidad en algunos sectores del municipio Córdoba. Por tanto, el objetivo general de esta investigación fue proponer medidas de mitigación y emergencia para la reducción de esta vulnerabilidad con el propósito de suministrar agua potable a las comunidades afectadas. Se aplicó un enfoque cuantitativo, proyecto factible y diseño de campo, siguiendo la metodología de la Organización Panamericana de la Salud para realizar el análisis de vulnerabilidad al referido acueducto. Se describieron las características físico naturales y socioeconómicas de la entidad municipal, permitiendo clasificar las amenazas naturales y antrópicas, así como los eventos adversos que estas generan a los cuales está expuesto dicho sistema de abastecimiento. Se determinó que las lluvias intensas, crecidas extremas y deslizamientos, por su mayor prioridad y su frecuencia de ocurrencia, son los eventos que más afectan al acueducto. La vulnerabilidad física reflejó que los componentes mayormente expuestos son el dique toma y las tuberías de aducción y conducción. La vulnerabilidad operativa permitió determinar que el agua es apta para el consumo humano, en cuanto a los parámetros físico químicos, pero no respecto a los microbiológicos. El factor asociado a la vulnerabilidad administrativa es la falta de recursos económicos para reparar averías. Por lo tanto, se propusieron medidas de mitigación y emergencia con base en los resultados obtenidos, las cuales al implementarse pueden disminuir el riesgo ante eventos adversos, mejorarán la capacidad de respuesta de la organización y por ende permitirán el funcionamiento adecuado del acueducto, contribuyendo con el alcance del ODS 6: agua limpia y saneamiento.

Palabras clave: amenazas, acueducto, vulnerabilidad, lluvias y deslizamientos

ABSTRACT

The Ratona aqueduct exhibits operational, physical, and administrative vulnerabilities as a result of landslides and extreme flooding in La Ratona creek and its surrounding areas. These events are caused by rainfall that carries sediment, rocks, and mud generating high turbidity and affecting the water supply in terms of quality, quantity, and continuity in some sectors of the Córdoba municipality. Therefore, the overall objective of this research was to propose mitigation and emergency measures to reduce this vulnerability and ensure the supply of potable water to the affected communities. A quantitative approach, a feasibility study, and a field design were applied, following the Pan American Health Organization's methodology to conduct the vulnerability analysis of the aqueduct. The physical, natural, and socioeconomic characteristics of the municipality were described, allowing for the classification of natural and anthropogenic hazards, as well as the adverse events they generate, to which the water supply system is exposed. It was determined that intense rainfall, extreme flooding, and landslides, due to their higher priority and frequency of occurrence, are the events that most affect the aqueduct. Physical vulnerability revealed that the most exposed components are the intake dam and the supply and distribution pipes. Operational vulnerability determined that the water is suitable for human consumption in terms of physicochemical parameters, but not with respect to microbiological parameters. The factor associated with administrative vulnerability is the lack of economic resources to repair damage. Therefore, mitigation and emergency measures were proposed based on the results obtained. Implementing these measures can reduce the risk of adverse events, improve the organization's response capacity, and thus allow for the proper functioning of the aqueduct, contributing to the achievement of SDG 6: clean water and sanitation.

Key words: hazards, aqueduct, vulnerability, rainfall and landslide

Recibido: 07/04/2025 **Aprobado:** 13/06/2026

INTRODUCCIÓN

Según Guterres (2024), "el crecimiento demográfico global impone una presión creciente sobre la demanda de los servicios básicos esenciales para el desarrollo humano sostenible". En este contexto, la optimización de los acueductos o sistemas de abastecimiento de agua, tanto en entornos urbanos como rurales, ha cobrado un papel protagónico en las agendas internacionales. Por tanto, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, refiere que estas infraestructuras no solo son determinantes para la resiliencia hídrica comunitaria, sino que constituyen el pilar fundamental para garantizar la salud pública, el desarrollo socioeconómico y el bienestar social, tal como lo reconocen los objetivos de desarrollo sostenible, particularmente el ODS 6: agua limpia y saneamiento (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

A escala global, los sistemas de abastecimiento desempeñan una función determinante en el suministro de agua, tanto en ciudades como en comunidades dispersas y, frecuentemente marginadas, garantizando el acceso a este recurso vital en contextos de vulnerabilidad geográfica y social. Actualmente, sólo la tercera parte de la población, que tiene acceso a agua segura vive en zonas rurales (World Health Organization and United Nations International Children's Emergency Fund, 2023).

En función de lo anterior, Foster *et al* (2022), refieren: "estos sistemas son inherentemente vulnerables a una variedad de factores interconectados, que van desde la variabilidad climática y los eventos extremos hasta la degradación de las fuentes de agua, las limitaciones técnicas y financieras, así como los desafíos de gobernanza". Aunado a esto, el Intergovernmental Panel on Climate Change (2023) indica: "la creciente preocupación por los impactos del cambio climático, incluyendo sequías prolongadas, inundaciones intensas y alteraciones en los patrones de precipitación; exacerban la vulnerabilidad de los acueductos, amenazando la continuidad y la calidad del suministro de agua". Adicionalmente, la contaminación de las fuentes de agua por actividades agrícolas, industriales y domésticas representan un riesgo significativo para la salud de las comunidades que dependen de los acueductos (Xu *et al*, 2022).

Bajo este contexto, Gómez *et al* (2023) expresan: "la determinación de la vulnerabilidad en los acueductos se consolida como un proceso analítico fundamental, debido a que permite identificar deficiencias estructurales, operativas o institucionales que limitan la capacidad de respuesta del sistema, facilitando la comprensión de riesgos potenciales" (p.45).

Por otra parte, Álvarez y Preciado (2019), afirma que el enfoque anterior: "determina el diseño de estrategias de adaptación orientadas hacia una gestión sostenible y resiliente del recurso hídrico, considerando aspectos técnicos, hidrológicos, socioeconómicos, institucionales y de gobernanza, influyentes en la capacidad de las comunidades para hacer frente a las amenazas naturales y antrópicas".

Castro (2020), a su vez refiere: "pese a la relevancia estratégica de los sistemas de suministro, existen brechas en investigación sistemática-comparativa sobre todo en su vulnerabilidad, -carencia crítica- al considerar complejas dinámicas socio ambientales contemporáneas que desafían su resiliencia, la cual sigue siendo limitada en muchas regiones".

En el caso específico del acueducto La Ratona que suministra a La Quebradita, Mercedes, Centenario, Carrizal, Sucre, INAVI, San Joaquín, Puente de Oro, Pumaroso, Colinas de Córdoba, Avenida, Campin, Veracruz, Santa Teresa, Golondrinas y Timoteo Chacón, sectores del municipio Córdoba, estado Táchira, las inspecciones *in situ* permitieron constatar un avanzado deterioro en su infraestructura, condición atribuible a eventos hidrometeorológicos y topológicos extremos que se generan en dicha entidad federal.

Estos eventos adversos se manifiestan en crecidas súbitas, derivadas de precipitaciones intensas ocurridas en la parte alta de la microcuenca y deslizamientos de suelos, los cuales han ocasionado temporalmente daños recurrentes en los laterales del dique-toma, derivando en la pérdida total del caudal captado y comprometiendo la continuidad del servicio.

De acuerdo a la Aviación Militar Bolivariana (2020), la variabilidad pluvial, derivada de la actividad de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) entre los meses de abril y noviembre, constituye la principal amenaza hidrometeorológica para dicho sistema de abastecimiento de agua. Los eventos naturales extremos asociados a este período provocan un deterioro en los indicadores de desempeño del servicio, afectando sistemáticamente la calidad y cantidad del recurso hídrico y la continuidad del suministro para la población cordobense.

Bajo estas premisas, con la presente investigación se propuso fortalecer la gestión del riesgo de desastres, robustecer la capacidad técnica en la materia y reducir la brecha del conocimiento sobre la relación entre la infraestructura hídrica del acueducto y los eventos adversos de origen natural o antrópico que derivan en fallas o daños, planteando como objetivo general la ppropuesta de medidas de mitigación y emergencia para disminuir la vulnerabilidad del acueducto La Ratona, municipio Córdoba, estado Táchira, Venezuela; a través de la determinación de las dimensiones operativa, física y administrativa, las cuales constataron la fragilidad existente en la infraestructura del sistema de abastecimiento ante los eventos hidrometeorológicos y topológicos extremos, específicamente, las lluvias intensas en la cuenca alta de la quebrada La Ratona que generan crecidas y deslizamientos impactando directamente la estructura del dique toma, resultando en la interrupción total del flujo hídrico, de manera temporal.

Para la construcción de los antecedentes, se realizó una revisión sistemática de investigaciones previas que fundamentaron el diseño metodológico de este estudio y proporcionaron una base comparativa para la discusión de los resultados obtenidos. Dentro de los trabajos consultados, se menciona a nivel internacional, la investigación realizada por Cuesta (2023), en la Universidad de Antioquia, Turbo, Colombia, titulada: Afectación de los fenómenos hidrológicos en el sistema de acueducto y alcantarillado del municipio de Apartadó y su influencia en la población en la última década, cuyo objetivo general fue: Identificar las afectaciones provocadas por los fenómenos hidrológicos en los sistemas de acueducto y alcantarillado en el municipio de Apartadó y la influencia que ha tenido en la población local durante la última década. Para alcanzar este objetivo, se siguió un enfoque cualitativo, planteando los siguientes objetivos específicos: 1) Caracterizar los factores que influyen en la generación de inundaciones y avenidas torrenciales en el municipio de Apartadó, elaborando un mapa de riesgo por afectación de inundación en barrios del referido municipio, resultando compleja la recolección de datos para su elaboración, debido a la poca información cartográfica existente.

Como primera opción, se consultó la posibilidad de facilitar los Shapes de los barrios del municipio a la Secretaría Municipal de Planeación y Ordenamiento Territorial, sin tener éxito alguno, por tanto, se decidió extraer la información utilizando el programa “Google Earth Pro”. Primeramente, se localizó el mapa de la cabecera del municipio de Apartadó, posteriormente, con base al mapa de división política del mismo realizado por CORPOURABÁ, se delimitaron los 10 barrios de forma manual con la herramienta denominada “polígonos” del sistema de información geográfica ya mencionado, resultando clasificarlos en tres niveles de riesgo: alto, medio y bajo. Esta categorización se hizo a partir de la identificación previa de las zonas con mayor exposición ante estos eventos en el área de estudio.

Seguidamente, con la información convertida a formato Shape, se cargó el archivo al programa “ArcMap”, y se asignó a cada barrio un color de acuerdo con el nivel de riesgo, siendo rojo: alto, amarillo: medio y verde: bajo; agregando dos capas más correspondientes a “Drenaje Doble” y “Zona Urbana”, para culminar la elaboración del mapa. 2) Describir el funcionamiento histórico y actual del sistema de acueducto y alcantarillado del municipio de Apartadó, procediendo a realizar un recuento histórico de los eventos por inundación allí presentados, a través de una revisión bibliográfica de los informes suministrados por la Alcaldía de Apartadó, Secretaría de Gestión de Riesgo Municipal, Oficina de Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios y medios de comunicación locales.

Para ilustrar la información recopilada, se construyó una base de datos en Excel, donde se plasmaron los datos desde el año 1967 hasta el año 2022, destacando en dicho archivo el número de familias afectadas. 3) Identificar la percepción de la amenaza, el riesgo y la vulnerabilidad ante el fenómeno de inundación desde el desarrollo territorial en el municipio de Apartadó. Se aplicó una entrevista estructurada, de manera presencial e individual a cinco actores clave en el fenómeno de inundación en el municipio (Gestor territorial de riesgo municipal, funcionario de la empresa prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado, presidenta de la junta de acción comunal de uno de los barrios afectados y dos habitantes de los barrios afectados, la cual contó con las siguientes preguntas: ¿Qué cree que genera las inundaciones en el municipio? ¿Qué barrios se inundan más ante las altas precipitaciones? ¿Qué rol cumple frente a la ocurrencia de los eventos por inundación en el municipio? ¿Qué hitos históricos, negativos y positivos, del acueducto recuerda?, ¿Cómo considera que es el funcionamiento del sistema de acueducto y alcantarillado en el municipio? ¿Considera que el nivel de vulnerabilidad en la población debido a las inundaciones es alto, medio o bajo? ¿Considera que el nivel de riesgo para la población debido a las inundaciones es alto, medio o bajo? ¿Considera que la respuesta estatal ante los eventos de inundación es efectiva?

Terminadas las entrevistas, se transcribieron las respuestas en una base de datos en Excel, permitiendo conocer lo siguiente: 1) Los barrios que están en riesgo alto, y por lo tanto son más susceptibles a una inundación son: El Concejo, San Fernando, Primero de Mayo, Las Brisas, La Esperanza, Los Fundadores y Esmeralda. Los barrios categorizados en riesgo medio son: El Vélez y La Libertad. Finalmente, el barrio Alfonso López, está determinado como nivel de riesgo bajo. En el mapa se evidencia que el rio Apartadó, principal fuente hídrica de abastecimiento, atraviesa todo el casco urbano municipal. Además de ello, las zonas categorizadas en riesgo están ubicadas sobre la llanura de inundación del rio Apartadó, lo cual implica una amenaza para la población que habita en dichas viviendas, debido a que no se está respetando la distancia mínima de restricción. 2) Existe una ausencia de información sobre los eventos históricos por inundación presentados en el municipio de Apartadó, lo que indica que la Secretaría de Gestión de Riesgo Municipal, no ha realizado un seguimiento adecuado para la documentación histórica de estos eventos, lo que dificulta el diseño, la implementación y la toma de decisiones orientadas a mitigar sus consecuencias adversas.

Este estudio concluye: 1) Existen causas, tanto naturales como antrópicas, que inciden en la generación de inundaciones en el municipio de Apartadó. Dentro de las naturales, se confirma que algunas zonas de Apartadó se ubican en diferentes niveles de la llanura aluvial de los ríos León, Apartadó, Río Grande, Zungo, Vijagual, los cuales presentan crecidas recurrentes por aguaceros fuertes en la serranía de Abibe o por tempestades que inundan rápidamente las viviendas ubicadas en sus márgenes o cerca de canales artificiales, colapsando el sistema de alcantarillado por lo que son recurrentes las inundaciones y emergencias sanitarias. Otras causas son: la ocupación de antiguos cauces y el desbordamiento de ríos, generando deslizamientos y avalanchas que obstruyen el cauce dando lugar a la rotura de diques, así como la canalización de las aguas a través de desagües y cunetas hasta los ríos.

Dentro de las antrópicas, se mencionan: la expansión urbana espontánea y desordenada, conformando asentamientos informales, masificándose la necesidad de la prestación de algunos servicios como agua y drenaje, sin que se pueda cubrir la demanda total de los mismos, lo que hace costosa su prestación e impide la planeación integral de las redes de abastecimiento. Estos eventos afectan la infraestructura física, los cultivos, la red de acueducto y alcantarillado local, y el bienestar de la población, (principalmente los que habita en las zonas de riesgo por inundación en el municipio); 2) Se evidenció, además, que, la Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial, no cuenta con la información necesaria y oportuna para realizar un análisis histórico detallado acerca de las inundaciones, así como posee escasa documentación cartográfica sobre el municipio, por lo que la administración municipal, debe destinar más inversión para estudio, contar con personal capacitado que trabaje en pro de la planificación

y ejecución de estrategias para la mitigación y/o disminución de las repercusiones negativas de estos eventos en el municipio Apartadó.

Este estudio aportó una hoja de ruta metodológica y de gestión del riesgo para superar la escasez de datos oficiales, realidad compartida por ambos sistemas. Asimismo, valida la importancia de reconstruir el historial de fallas mediante la memoria comunitaria y del personal de HIDROSUROESTE y bases de datos locales, lo que contribuye a determinar la vulnerabilidad física. En el aspecto técnico, las conclusiones alertan sobre vulnerabilidades idénticas: como lluvias fuertes en la cuenca alta de la quebrada La Ratona (fuente principal de producción), lo que puede generar crecidas extremas con sedimentación que obstruyen la obra de captación. De igual forma, la expansión antrópica desordenada (deforestación, construcción de potreros) aguas arriba del dique toma desestabiliza los terrenos y genera deslizamientos. En definitiva, el estudio del municipio Apartadó aporta un modelo replicable para que en la investigación de la vulnerabilidad del acueducto La Ratona se sistematice sus amenazas, integre la percepción de los usuarios y diseñe estrategias locales de mitigación frente al cambio climático y la presión urbana.

Por otra parte, a nivel local, se revisó la investigación de Maldonado (2019), titulada: "Medidas para la disminución de la vulnerabilidad en el acueducto rural Virgen de la Inmaculada Concepción, El Junco Páramo, municipio Cárdenas, estado Táchira, Venezuela". Se determinó la vulnerabilidad operativa, física y administrativa del acueducto en referencia, con el fin de proponer medidas de mitigación y emergencia, empleando la metodología de la Organización Panamericana de la Salud (1998) referente al análisis de vulnerabilidad de acueductos. Mediante, la observación directa, entrevista y análisis documental se identificó el entorno social, económico y ambiental de la comunidad abastecida; así como las principales amenazas naturales y antrópicas con sus respectivos eventos a los que se encuentra expuesto dicho sistema de abastecimiento, destacando las lluvias torrenciales y los deslizamientos de tierra, por ser los de mayor prioridad. En el mismo orden de ideas, con las matrices de vulnerabilidad física se determinó que los componentes más expuestos a eventos adversos son las líneas de aducción y conducción.

El aporte de esta investigación radica en la aplicación de una metodología adaptada a contextos geográficos similares, orientada específicamente al análisis de riesgos. Asimismo, el estudio propone medidas concretas para la mitigación de la vulnerabilidad en el acueducto La Ratona, fortaleciendo la resiliencia de la infraestructura ante eventos adversos.

A continuación, se presentan las definiciones más importantes que sustentan teóricamente la investigación.

Acueducto

Arocha ((1983) lo define como: "un conjunto de obras e instalaciones que captan aguas naturales y las conducen a un sistema de tratamiento para mejorar su calidad, seguido de almacenamiento y posterior distribución a una comunidad en condiciones de presión, cantidad y calidad adecuadas".

Amenaza

Probabilidad que un fenómeno ocurra en un lugar específico, con cierta intensidad y dentro de un período de tiempo definido; siendo la causa de efectos adversos sobre las personas, bienes, servicios y el ambiente. Se clasifican en amenazas naturales, las que están presentes en la naturaleza tales como: fallas geológicas, actividad de la Zona de Convergencia Intertropical, suelos inestables; y las antrópicas son producidas por las actividades humanas y por la tecnología: incendios, hurto de equipos, explosiones. (Asamblea Nacional, 2009).

Vulnerabilidad

Son condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas. (Asamblea Nacional, 2009). En el contexto de los acueductos, la Organización Mundial de la Salud (2009), las clasifica de la siguiente forma: 1) Vulnerabilidad operativa: deficiencias de la cantidad, calidad y continuidad del servicio, y funcionamiento de los componentes hidráulicos; 2) Vulnerabilidad física, debilidades físicas de los componentes ante las

amenazas naturales o antrópicas que puedan causar daños; 3) Vulnerabilidad administrativa, debilidades en la respuesta de la organización y administración, ante eventos adversos.

Medidas de Mitigación

Son aquellas que se implementan en situaciones normales de funcionamiento para reducir la vulnerabilidad del sistema. Se agrupan en estructurales y no estructurales. Las estructurales, son obras de ingeniería como los muros de gavión y las no estructurales se realizan para modificar la conducta de los usuarios, como educación a la población (Rojas y Martínez, 2011)

Medidas de Emergencia

Acciones inmediatas a ejecutar una vez generado el impacto del evento adverso, las cuales deben llevarse de manera ordenada y en secuencia, según lo establecido con anterioridad desde la supervisión hasta las acciones de operación y mantenimiento para restaurar el servicio, incluyendo el correcto comportamiento de las personas de acuerdo a lo planificado o simulado (Organización Mundial de la Salud, 2009).

MÉTODO

Para la estimación de la vulnerabilidad operativa, física y administrativa del acueducto La Ratona, se aplicó la metodología estandarizada por la Organización Panamericana de la Salud (1998). Este enfoque permitió evaluar de manera sistemática la capacidad de respuesta y las debilidades de la infraestructura ante posibles amenazas, cuyas fases son las siguientes: 1) Identificación de la organización que administra el acueducto y legislación correspondiente; 2) Descripción de las características del área de ubicación del acueducto y población abastecida; 3) Descripción física del acueducto y su funcionamiento; 4) Estimación de la vulnerabilidad operativa. 5) Estimación de la vulnerabilidad física; 6) Estimación de la vulnerabilidad administrativa de la empresa; y 7) Formulación de medidas de mitigación y emergencia.

Dicha metodología se aplicó en cuatro etapas:

1) Revisión de la documentación existente (planos del acueducto, memorias de fallas presentadas y reparaciones efectuadas) en las oficinas de HIDROSUROESTE, hidrológica regional con el fin de recopilar datos del acueducto La Ratona y su organización institucional, así como textos contentivos de las características físico-naturales y socio-económicas del municipio Córdoba, de manera especial el Dossier de la Alcaldía de Córdoba (2013) y el informe del Instituto Nacional de Estadística (2011), los cuales contienen la caracterización del área de influencia del referido sistema de abastecimiento. Finalmente, se hizo revisión a las leyes y normas venezolanas involucradas en el manejo de emergencias y a la prestación del servicio de agua potable.

2) Inspecciones *in situ* en el área donde se encuentran instalados los componentes hidráulicos para identificar y verificar los datos mostrados en la revisión documental y la condición física del acueducto, lo que corresponde al estado de la infraestructura, materiales, evidencias estructurales y de superficie como fisuras, agrietamientos, corrosión, desde los diques toma hasta el desarenador–sedimentador principal. Durante esta fase, se utilizó el flexómetro, cámara fotográfica y la ficha de campo que permitió la recolección de información. Las variables técnico-operativas del acueducto consideradas corresponden a la investigación de Andrade y Pulido (2025).

3) Estimación de la vulnerabilidad operativa, física y administrativa. Para ello se establecieron tres variables: a) Vulnerabilidad operativa, representada por la capacidad de respuesta del sistema, la cual incluye la cantidad y calidad del agua, y continuidad del servicio. Los métodos que se utilizaron para determinar cada una de las variables se describen a continuación: Cantidad de agua a través de la medición del caudal de las quebradas La Ratona y Los Ceratos (fuentes de producción). Dada la naturaleza de bajo caudal de ambos cuerpos de agua, se seleccionó el método del flotador para realizar un aforo básico. Según Chow (1959), este método, basado en la ecuación de continuidad establece que el caudal (Q) es el producto del área de la sección transversal promedio (A) por la velocidad promedio del flujo (V), según la siguiente ecuación:

$$Q=A \times V \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

Para determinar la calidad del agua, se analizaron tres muestras en el laboratorio de la planta de tratamiento La Bermeja en San Cristóbal, estado Táchira, utilizando para la recolección, envases de vidrio esterilizados, con posterior refrigeración en una cava durante el traslado hasta el laboratorio. Los puntos de muestreo correspondieron a tres: el primero en el cauce de la quebrada La Ratona, el segundo en el cauce de la quebrada Los Ceratos (cercanos a los diques tomas) y el tercero a la salida del desarenador-sedimentador principal (a una distancia de 40 m del dique de la quebrada La Ratona y 2000 m del dique de la quebrada Los Ceratos) una vez realizado el proceso de desinfección. Para asegurar que la integridad de los resultados de las tomas de muestras fuese sistemática, se consideró tanto la hidrodinámica de los cuerpos de agua como las actividades humanas circundantes, siguiendo un protocolo riguroso como fue la selección de un tramo recto donde el agua fluyera libremente y estuviera bien mezclada, evitando áreas de estancamiento o remolinos excesivos que acumularan sedimentos atípicos. Los puntos de muestreo mostraron un flujo constante y una profundidad suficiente para sumergir los recipientes sin tocar el fondo, y además se localizaron aguas abajo de las descargas agrícolas y asentamientos rurales (Rice, 2013). Para introducir el recipiente de manera técnica y evitar que la muestra se contaminara con sedimentos o material flotante (como hojas o insectos), se siguió la técnica de inmersión manual. Los pasos exactos para este tipo de inmersión, se consideraron según lo establecido por Rice, Baird, & Eaton (2023). En el caso de la toma de muestras en las quebradas, la Jefe del Laboratorio de la Planta de La Bermeja ingresó a las mismas y se situó en el centro del canal (donde había más flujo). Luego se colocó de cara a la corriente para evitar que los sedimentos que se levantaran con sus botas al caminar fuesen arrastrados por el agua detrás y no entraran en el frasco.

Al momento de introducir el frasco esterilizado, se sumergió entre abierto y se tomó firmemente por el cuerpo introduciendo el recipiente en el agua con la boca hacia abajo (en posición vertical), evitando que atrapara burbujas de aire. Luego se bajó el frasco hasta una profundidad intermedia (ni muy cerca de la superficie, ni tocando el fondo. Lo ideal es a unos 20 o 30 centímetros de la superficie). Una vez a la profundidad correcta, se giró la boca del frasco hacia arriba y ligeramente hacia la corriente. El agua desplazó el aire y el frasco se llenó con agua limpia del flujo principal. Luego se realizó un triple enjuague con la misma agua de la quebrada antes de tomar la muestra definitiva. Una vez lleno, se tapó el frasco mientras aún estaba bajo el agua, para evitar el contacto prolongado con el aire. Para la toma de la muestra en el tanque desarenador-sedimentador principal, se siguió lo correspondiente de lo ya explicado.

Los análisis de las muestras tomadas en ambas quebradas correspondieron a la determinación de numero de colonias, índice de coliformes y cloro residual. De acuerdo a Rice, Baird, & Eaton (2023), para la determinación de colonias se utilizó el método del Recuento en Placa, inoculando una cantidad medida de la muestra en un medio de cultivo nutritivo (Agar Nutritivo) durante 24 horas a 35°C-37°C.

En el caso del Índice Coliforme N.M.P / 100 mL se utilizó el Número Más Probable (NMP) mediante el método de fermentación en tubos múltiples, considerando la fase presuntiva, inoculando series de tubos con caldo lactosado y al producirse el gas y el ácido, se presumió la presencia de coliformes. Así mismo, se consideró la fase confirmativa trasvasando medios más específicos (como caldo bilis verde brillante). Para finalizar los resultados (tubos positivos vs. negativos) se compararon con tablas estadísticas de McCrady y se obtuvo el valor final por cada 100 ml.

El cloro residual (mg/L) se obtuvo a través del método colorimétrico, añadiendo reactivo líquido DPD a una muestra de agua. Si había cloro, el agua tornaría a un color rosado/rojizo, o para mayor precisión se utilizó el espectrofotómetro. Este elemento, debió analizarse tanto para el agua de las quebradas como para el agua del desarenador-sedimentador principal.

Por otra parte, en lo referente a la muestra de agua del desarenador-sedimentador principal, el análisis físico-químico correspondió a los aspectos de color, pH y turbiedad, determinados de la siguiente forma: color: se utilizó un potenciómetro (pH-metro) con un electrodo de

vidrio sensible a la actividad de los iones de hidrógeno, debiendo calibrarse el equipo con soluciones buffer (amortiguadoras) de pH conocido (generalmente 4.0, 7.0 y 10.0), así como una compensación de temperatura, ya que el pH varía con la temperatura, por lo que el equipo debía estar compensado.

La turbiedad se determinó mediante el método nefelométrico, comparando la intensidad de la luz dispersada por la muestra con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión de referencia. El turbidímetro realizó el cálculo automáticamente tras ser calibrado con formacina (un polímero estándar), cuya unidad es UNT (Unidades Nefelometrícas de Turbiedad). El cálculo del color se determinó mediante el método visual comparando la muestra en tubos de Nessler contra una serie de estándares de color.

Continuidad del servicio: Para conocer este aspecto se realizaron entrevistas no estructuradas al Jefe del acueducto La Ratona y a usuarios comprometidos, quienes conocen como funciona la prestación del recurso en el municipio Córdoba.

Para estimar la vulnerabilidad física, se determinó el estado de la infraestructura: diques-toma, desarenador, tuberías de aducción y conducción, desarenador-sedimentador principal y tanques de almacenamiento. Se estimó la exposición ante eventos naturales adversos: crecidas extremas, deslizamientos y el nivel de deterioro estructural de los componentes, mediante inspecciones in situ y entrevista no estructurada al jefe del acueducto La Ratona. Todos estos datos se presentaron en las matrices de vulnerabilidad física establecidas por la Organización Panamericana de la Salud (1998).

En cuanto a la determinación de la vulnerabilidad administrativa, se consideraron aspectos fundamentales como: organización institucional, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento, apoyo administrativo de HIDROSUROESTE, disposición de recursos financieros para emergencias, capacitación del personal técnico y capacidad de respuesta. Estos aspectos se estimaron mediante inspecciones *in situ* y entrevistas no estructuradas al jefe y empleados del acueducto La Ratona (Organización Panamericana de la Salud, 1998).

4) Formulación de medidas de mitigación y emergencia.

Para esta formulación, se tomaron en cuenta los daños que presentaron los componentes del acueducto La Ratona, estimados en las matrices de vulnerabilidad física, procediendo a jerarquizarlos; ya que este paso constituye una herramienta principal en la toma de decisiones por parte de HIDROSUROESTE, ente encargado de administrar, operar y mantener el acueducto en estudio, al momento de implementar las medidas de mitigación y emergencia.

Para poder establecer dichas medidas, se siguió la fase agregada por Ramírez (1998) a la metodología de la OPS, la cual permite realizar un análisis a los siguientes factores: 1) Frecuencia (F) de ocurrencia de cada evento adverso al que está expuesto el sistema, teniendo en consideración la repetición del evento natural o antrópico en un tiempo determinado. Esto se conoció mediante entrevistas no estructuradas a usuarios, Jefe del acueducto y revisión bibliográfica de informes del Servicio de Meteorología de la Aviación Bolivariana; 2) Magnitud de la disminución de la producción (MDP) del caudal total en función del caudal disminuido por cada componente averiado (mediciones *in situ*) y 3) Tiempo de reparación de falla (TRF) de cada componente en caso de que resulte averiado al estar expuesto a un evento adverso, ya sea natural o antrópico (entrevista no estructurada al jefe del acueducto). El análisis realizado a partir de estos factores, sugirió formular, tanto las medidas de mitigación como las de emergencia, agrupando como medidas de mitigación aquellas que se pueden implementar en situaciones normales de funcionamiento del acueducto, mientras que las de emergencia se deben ejecutar una vez se genere un evento adverso que produzca un daño mayor para poder restablecer el servicio de agua.

RESULTADOS

Características físiconaturales y socioeconómicas del municipio Córdoba

El municipio Córdoba presenta una configuración demográfica y ambiental diversa. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2018), la población se estima en 35374 habitantes. En la Figura 1 se muestra la ubicación relativa del municipio Córdoba respecto al estado Táchira.

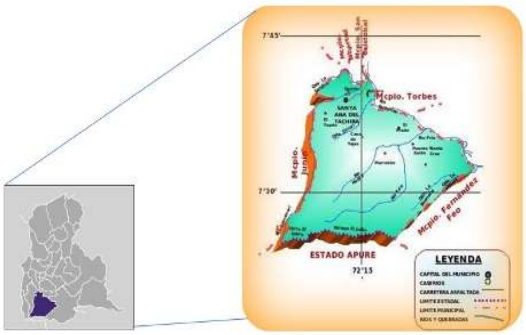


Figura 1. Ubicación relativa del municipio Córdoba respecto al estado Táchira.

En términos climáticos, el municipio se clasifica bajo el sistema de Köppen como de tipo tropical lluvioso de bosque y selva, con una precipitación media anual que oscila entre los 1100 y 3630 mm (INE, 2011). Esta variabilidad pluvial y altitudinal permite la coexistencia de diversas zonas de vida según la clasificación de Holdridge, que abarcan desde el bosque húmedo tropical hasta el bosque pluvial montano (Gobernación del estado Táchira, 2012).

Según el INE (2011), la topografía se caracteriza por poseer un relieve escarpado con pendientes entre el 40% y 65%, perteneciente al ramal de Pamplona. Las elevaciones alcanzan los 3520 msnm en el páramo Judío y las serranías de Santa Bárbara y Vargas, áreas que constituyen las cabeceras de río Frío y la cuenca alta del río Quinimarí. Geológicamente, destaca la Formación Río Negro en el cerro Las Minas, cuya litología se compone de conglomerados potentes, areniscas de grano grueso y lutitas arenosas.

En cuanto a las propiedades edáficas, los suelos presentan profundidad moderada, texturas medias, alta pedregosidad y un pH ácido, clasificándose taxonómicamente como Oxisoles (clase V), Vertisoles (clase VI) y Aridisoles (clase VII). La vegetación asociada consiste principalmente en bosques ombrófilos sub-montanos y montanos siempreverdes con estratos arbóreos densos; no obstante, por encima de los 3200 msnm predomina la vegetación de páramo, mientras que en las adyacencias de Santa Ana se observan áreas intervenidas por la actividad agrícola (Gobernación del Estado Táchira, 2012). Finalmente, la red hidrográfica es de régimen permanente, sustentada por los ríos Quinimarí, Negro y Frío, además de tributarios como las quebradas La Ratona, Los Ceratos, La Pabellona, La Buenaza y La Cucurí (INE, 2011).

Amenazas naturales y antrópicas presentes en el municipio Córdoba

Las amenazas que generan eventos adversos e inciden en el funcionamiento del acueducto son las siguientes:

Amenazas naturales

Dentro de las amenazas naturales, destacan como principales las hidrometeorológicas, especialmente precipitaciones intensas y vientos fuertes registrados entre abril y noviembre. Estos eventos son producto de la nubosidad asociada a la Zona de Convergencia Intertropical, lo cual genera lluvias extraordinarias en la región (Vargas, 2024). Dichos eventos provocan crecidas extremas en la quebrada La Ratona, caracterizadas por el arrastre de material granular y lodo,

incrementando la turbidez del agua y dificultando su potabilización; por el contrario, la quebrada Los Ceratos no presenta registros de crecidas producto de esta naturaleza. Asimismo, se identifican amenazas por déficit hídrico durante los períodos secos extremos vinculados al fenómeno de El Niño, donde el aumento de la temperatura y la evaporación, sumados a la deforestación, reducen significativamente los caudales de captación.

Así mismo, los recorridos técnicos por la zona de estudio, permitieron identificar procesos de deslizamientos aguas arriba de la quebrada La Ratona, producidos por la deforestación y saturación de los suelos durante largos periodos de lluvia.

Por otra parte, desde una perspectiva geológica y topológica, el municipio se localiza en una zona de alto riesgo sísmico (Zona 5), según la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN, 2001), producto de la interacción de la falla sísmica de Boconó con el sistema de fallas Chinacota-Bramón y el sistema Oca-Ancón (Alvarado *et al*., 2015; FUNVISIS, 2000).

Amenazas Antrópicas

Respecto a las amenazas antrópicas, se identificó la amenaza sanitaria por la probable contaminación de las fuentes hídricas, debido a actividades agropecuarias presentes en las adyacencias de las captaciones, donde el uso de productos agroquímicos orientados al control de hongos y fertilización de suelos son bastante comunes. Según Orta (2006), suelen estar asociadas a afecciones en la salud humana (enfermedades neurológicas, respiratorias y disrupciones hormonales).

Además, existen fallas técnicas derivadas de la deforestación aguas arriba y de deficiencias en la operación o mantenimiento del sistema. Según Gómez (2014), la infraestructura es vulnerable al impacto de rocas de gran tamaño que provocan la rotura de tuberías, interrumpiendo el servicio.

Descripción física del sistema de abastecimiento

Según datos suministrados por HIDROSUROESTE (2022), durante el desarrollo de la investigación, el acueducto La Ratona, cuya construcción data de 1994, se sustenta en dos fuentes de producción principales: las quebradas La Ratona y Los Ceratos. La fuente principal es La Ratona, la cual nace aguas abajo del río Quinimarí y aporta un caudal de 80 L/s, lo que representa el 85% del suministro total. No obstante, en períodos de sequía extrema, este caudal puede presentar una reducción del 50%. Por su parte, la quebrada Los Ceratos contribuye con 10 L/s, equivalentes al 15% restante

En la Figura 2 se muestra un esquema de distribución de los componentes del sistema de abastecimiento de agua, los cuales se detallan a continuación.

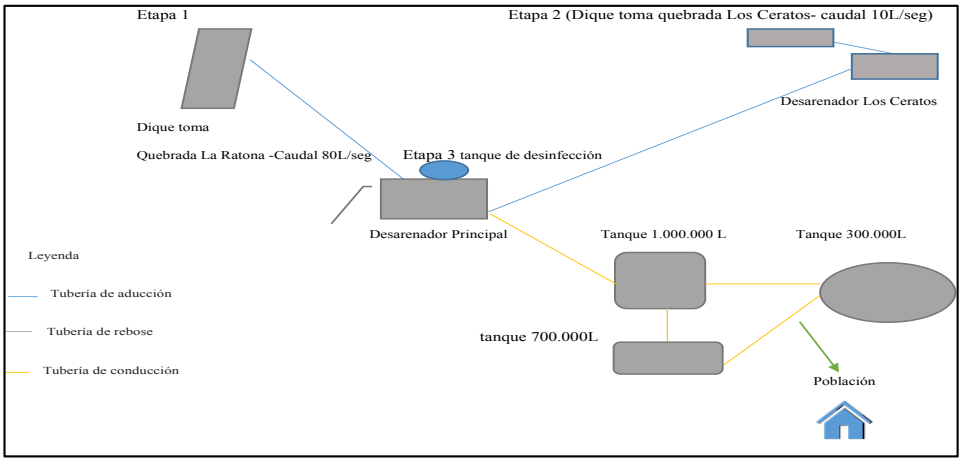


Figura 2. Esquema de distribución de los componentes del sistema de abastecimiento del acueducto La Ratona en el municipio Córdoba.



Figura 3. Fotografía de la quebrada La Ratona, en la localidad del municipio Córdoba, donde se muestra el dique toma para la captación de agua.



Figura 4. Fotografía de la quebrada Los Ceratos, en la localidad del municipio Córdoba, donde se muestra el dique toma para la captación de agua hacia el acueducto.

Obras de captación. La principal es un dique toma, con estructura a base de concreto y cabilla, situada directamente en el cauce de la quebrada La Ratona, a 1060 msnm; con coordenadas 7º36'46,0``N y 72º18`07,0``W. La segunda se ubica sobre la quebrada Los Ceratos, también se capta directamente de la quebrada, a través, de una rejilla a 1200 msnm, coordenadas 7º34''45,47``N y 72º25`30,75``W (Figuras 3 y 4). La estructura de la toma de la Ratona, se encuentra en condiciones inadecuadas, por lo tanto, se tiene proyectado colocar un dique toma sumergible, según lo comunicado por HIDROSUROESTE durante el año 2022. La obra de captación que se localiza sobre la quebrada Los Ceratos se encuentra en condiciones adecuadas.

Líneas de aducción. Desde la quebrada La Ratona, se ubican dos tramos de tubería de hierro galvanizado, uno de 16", longitud 100 m y el otro de 6" con reducción a 4" con una longitud de 2000 m; que se alimenta de la quebrada Los Ceratos. Se encuentran en buenas condiciones.

Desarenador Los Ceratos. Situado a una distancia de 15 m de la boca toma, de forma rectangular y construida de concreto, del cual sale el agua a través de un tubo de 6" y se reduce a 4" antes de llegar al desarenador-sedimentador principal. Remueve arenas y materia orgánica de cierto tamaño.

Líneas de conducción. Tubería que sale del desarenador hasta los tanques de almacenamiento. La tubería es de 16" de hierro galvanizado, con una longitud de 700 metros, ubicada de manera superficial (Figura 5).



Figura 5. La flecha naranja señala el tubo de 16" de hierro galvanizado que sale del desarenador hacia los tanques de almacenamiento.

Desarenador–sedimentador principal. Está a 40 m del dique de la quebrada La Ratona, y a 2000 m del de Los Ceratos. Es de forma rectangular, de concreto y tubería de hierro, posee volantes de compuertas, con una capacidad de 200.000 L. Opera en buenas condiciones, removiendo partículas como arenas, arcillas, gravas finas y materia orgánica de cierto tamaño. Además, cuenta con un tanque de plástico de capacidad 1000 L, el cual se usa como unidad de desinfección aplicándole hipoclorito de calcio.

En este componente hidráulico, el agua proveniente de ambas quebradas se le aplica el hipoclorito de calcio, por sistema de goteo para desinfectar, y sulfato de aluminio cuando la turbidez es alta; lo cual hace que por efecto de rebose salga el agua a la red con su respectivo tratamiento, y por gravedad llegando a los diferentes tanques de almacenamiento para iniciar el proceso de distribución hacia las comunidades abastecidas.

Válvulas reguladoras de presión. Posee tres válvulas, dos de entrada que son de 16” y 4” (Figura 6), y una de salida de 16”; las cuales controlan el caudal, ya que, de no ser así, se ocasionarían daños en la tubería por alta presión del fluido. Cumplen su función, pero se les debe hacer mantenimiento.

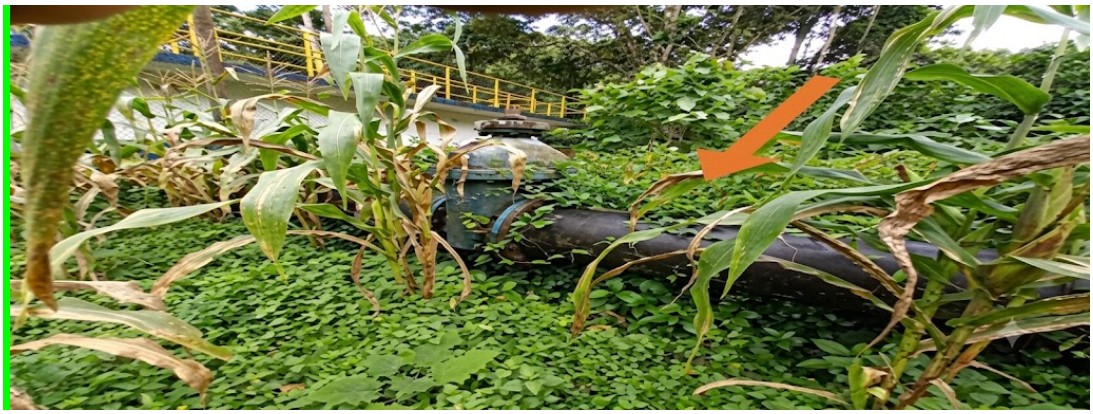


Figura 6. Fotografía que muestra la válvula reguladora de presión de entrada en el tubo de 16”

Ventosa de descarga de aire. Favorece la distribución del fluido a través de las tuberías. Su función principal, es regular y proteger el sistema de las acumulaciones de aire excesivo y evitar los golpes de ariete.

Válvula de purga. Cuenta con un tubo de purga de 16”, también llamado tubo de descarga, es usado para eliminar el agua cuando se hace la desinfección, a la red de distribución y para permitir la evacuación del agua siempre que sea

necesario, con el fin de lograr un flujo continuo y preservar la tubería.

Tanques de almacenamiento. El sistema de abastecimiento cuenta con tres tanques, dos están ubicados en el sector Colinas, a una distancia de 1890 m del sedimentador/desarenador principal del acueducto La Ratona, con una capacidad de 1.000.000 L y 300.000 L respectivamente, los cuales fueron construidos de concreto. Están ubicados en las coordenadas 7º37`15,31``N y 72º15'54,33``W, a una altura de 987 msnm (Figura 7).



Figura 7. En las fotografías se pueden observar dos tanques de almacenamiento ubicados en el sector Colinas.

El tercer tanque se encuentra ubicado en el sector Centenario, con capacidad de 700.000 L y a una distancia de 2593 m del sedimentador/desarenador del acueducto La Ratona, construido de concreto, ubicado en coordenadas 7º38`7,50``N y 72º17`22,65``W, a una altura de 880 m.

Vulnerabilidad operativa. Se determinó la cantidad, continuidad y calidad del agua; en cuanto a la cantidad, el jefe del acueducto y usuarios manifestaron que siempre alcanza para el abastecimiento, solo en períodos secos extremos ocurre un déficit, debido a que el caudal en ambas quebradas disminuye, motivo por el cual se aplica, si es necesario, un racionamiento. El exceso ocurre en el período lluvioso, y el abastecimiento es suficiente. El servicio es continuo, aun cuando disminuya el caudal. Con respecto a la calidad del agua, se realizó el análisis a dos muestras en el laboratorio de la planta de tratamiento La Bermeja, San Cristóbal, dependiente de HIDROSUROESTE, cuyos puntos de muestreo se ubicaron en el cauce de la quebrada La Ratona y el otro en la quebrada Los Ceratos. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Resultados de la toma de la primera muestra en las quebradas Los Ceratos y La Ratona (Análisis microbiológico 25 de abril 2024)

Lugar y hora de la captación	Nº de colonias	Índice coliformes NMP/100 mL	Cloro residual (mg/L)
Quebrada Los Ceratos 12:50 pm.	115	160	0
Quebrada La Ratona 12:50 pm.	115	160	0

Tabla 2. Resultado de la toma de la segunda muestra en las quebradas Los Ceratos y La Ratona (Análisis microbiológico 25 de abril 2024)

Lugar y hora de la captación	Nº de colonias	Índice coliforme NMP/100 mL	Cloro residual(mg/L)
Quebrada Los Ceratos 1:05 pm	100	44	0
Quebrada La Ratona 1:05 pm	100	44	0

Adicionalmente, se realizó un análisis bacteriológico y físicoquímico, a una muestra de agua recolectada a la salida del desarenador-sedimentador principal, una vez realizado el proceso de desinfección (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados del análisis bacteriológico aplicado a la muestra de agua recolectada a la salida del desarenador-sedimentador principal, una vez cumplido el proceso de desinfección.

Lugar	Nº de colonias	Índice coliformes NMP 100 mL	Cloro residual (mg/L)
Salida del desarenador La Ratona	70	12 NMP	0,2 S

En cuanto al análisis bacteriológico, las muestras de agua presentaron coliformes totales; lo que indica que pudieran existir coliformes fecales, por lo tanto, no es apta para el consumo humano, según lo establecido en las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable (Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y Ministerio de los Recursos Naturales Renovables, 1998). De acuerdo, a estos resultados se debe aplicar la dosis correcta de hipoclorito de calcio y con una frecuencia diaria, ya que, por política de la empresa, se aplica día por medio a través del método del goteo; debiéndose hacer el cálculo para determinar la demanda correcta del desinfectante para lograr que dicha agua sea apta para el consumo humano.

La causa por la cual, las dos fuentes de agua presentaron en los resultados bacteriológicos proliferación de colonias de bacterias, puede deberse a la presencia de ganado vacuno (animales de sangre caliente) en potreros, aguas arriba de las tomas; por lo tanto, las heces del ganado son arrastradas por agua de lluvia, hasta el cauce de ambos cuerpos de agua y de allí la presencia de coliformes totales. Así mismo, existen sembradíos de hortalizas, donde muchas veces estos cultivos de hortalizas son abonados con excretas de animales que contribuyen a la carga microbiana en los suelos y agua.

Tabla 4. Resultados del análisis físicoquímico a la muestra de agua recolectada a la salida del desarenador-sedimentador principal, una vez cumplido el proceso de desinfección.

Parámetros	Valores máximos aceptables (Gaceta Oficial N° 36.395)	Valores del agua recolectada	Método
Color (UVC)	15 (25)	10	Métodos normalizados para agua potable (Standard Methods)
pH	9,0	7	Peachimetro
Turbidez (UNT)	5(10)	4	Métodos normalizados para agua potable (*Standar Methods*)

Nota: (25) (10). Valores máximos aceptables en ocasiones excepcionales
UVC= Unidades verdaderas de color; UNT= Unidades nefelométricas de turbidez

Los parámetros fisicoquímicos presentaron un valor máximo aceptable según las normas sanitarias, siendo el agua apta para el consumo humano (Tabla 4).

Cabe destacar que, en el periodo lluvioso, durante algunos días el agua llega demasiado turbia al desarenador-sedimentador principal, por tanto, se debe suspender el servicio y el suministro se realiza con el agua depositada en los tres tanques de almacenamiento.

Los resultados de la vulnerabilidad física se muestran en la Tabla 5, en donde se especifican las amenazas naturales y antrópicas presentes en el municipio Córdoba y en las adyacencias al área donde se encuentran los componentes del acueducto en estudio, junto con los eventos adversos que generan, así como la prioridad y periodo de gestación e impacto en el servicio.

Tabla 5. Determinación de la vulnerabilidad física del acueducto e impacto en el servicio.

Amenaza	Evento Adverso	Prioridad y Periodo de Gestación	Impacto en el servicio
Hidrometeorológica	Lluvias extremas	1- Rápida	Suspensión del servicio, modificaciones de la calidad física, química y bacteriológica del agua captada y reclamos por fallas en el servicio.
Topológica	Deslizamientos por lluvias	2- Rápida	
Fallas Técnicas	Fallas Mecánicas	3-Lenta	-Suspensión del servicio. reclamos de los usuarios por la falla del servicio.
Hidrometeorológica	Disminución del caudal	4-Lenta	-Suspensión del servicio de agua y reclamos por fallas en el servicio
Geológica	Sismo	5-Rápida	-Suspensión total del servicio
Geológica-Topológica	Deslizamiento por sismo	6-Rápida	-Suspensión del servicio y modificación de las características físico-químicas del agua captada

Para la determinación de la vulnerabilidad administrativa, se consideraron los siguientes aspectos: 1). Organización institucional: HIDROSUROESTE, la hidrológica responsable a nivel regional, no posee un plan de emergencia y mitigación; 2) Operación y mantenimiento: existe un ingeniero inspector, por lo que la responsabilidad recae solo sobre él, y en caso de vacaciones, el cargo queda sin especialista, existe material y repuestos para cubrir las averías sencillas, carencia de línea telefónica en el lugar donde se encuentra el desarenador principal; 3) Apoyo administrativo**:** funciona de manera limitada, no cuentan con el internet adecuado, sino que poseen este servicio con una operadora telefónica nacional mediante una memoria adquirida en esta operadora, hay algunos días que no poseen sistema y no se pueden recibir pagos, carencia de línea telefónica en dicha sede comercial; 4) Capacidad de repuesta: la capacidad de respuesta es lenta, ya que no existe línea telefónica para comunicarse con la sede de la hidrológica ubicada en San Cristóbal, el material y equipos deben ser solicitados a la gerencia de operación y mantenimiento en la sede principal, falta de personal y de vehículo apto, ya que el ingeniero inspector solo cuenta con una moto, en la cual es difícil transportar herramientas y la capacidad de reserva de las viviendas es muy baja, ya que pocas poseen tanque de almacenamiento.

Una vez determinada la vulnerabilidad operativa, física y administrativa presente en el acueducto La Ratona, se proponen las medidas de mitigación, establecidas en la Tabla 6 y las medidas de emergencia presentes en la Tabla 7, de acuerdo a Rojas (2024).

Tabla 6. Medidas de mitigación para disminuir la vulnerabilidad del acueducto La Ratona

VULNERABILIDAD OPERATIVA
1. Realizar mensualmente, análisis bacteriológico al agua (*E. coli* o coliformes termotolerantes). En épocas de lluvia, la frecuencia debe aumentar debido al arrastre de sedimentos y contaminantes (OMS, 2017). 2. Realizar análisis físico-químico completo anualmente con el fin de determinar su calidad y realizar inspecciones frecuentes a los elementos hidráulicos, de manera especial a las obras de captación y a las tuberías de aducción, pero parámetros críticos como turbidez y pH deben medirse diariamente (operativos) para ajustar los procesos de tratamiento (OMS, 2017). 3. Ejecutar el proceso de desinfección diaria al agua que ingresa al tanque desarenador-sedimentador principal desde las quebradas La Ratona y Los Ceratos, que permita garantizar su calidad. 4. Implementar de manera conjunta entre la hidrológica regional y la Alcaldía, un plan de manejo integral de cuencas que establezca el ordenamiento de las actividades agropecuarias; esto incluye la reubicación estratégica de corrales y zonas de pastoreo desde las áreas aguas arriba hacia áreas seguras aguas abajo de la obra de captación, minimizando así el riesgo de contaminación de origen antrópico.

Tabla 6. Medidas de mitigación para disminuir la vulnerabilidad del acueducto La Ratona (continuación)

VULNERABILIDAD FÍSICA
1. Ejecutar, a través de una alianza estratégica entre HIDROSUROESTE y la Alcaldía del municipio Córdoba, un programa de gestión integral de cuencas hidrográficas orientado a la preservación de las fuentes de producción de agua. Esta iniciativa contempla la restauración ecológica mediante la reforestación con especies autóctonas en las zonas de recarga hídrica y la implementación de técnicas de bioingeniería en taludes críticos, con el fin de mitigar procesos de remoción en masa derivados de la saturación del suelo o eventos sísmicos. 2. Fortalecer la estabilidad mecánica de las vertientes mediante un esquema de manejo integrado de cuencas, combinando técnicas de bioingeniería —como el establecimiento de barreras vivas de vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)— con soluciones de ingeniería civil, tales como muros de piedra o muros de neumáticos reutilizados, para mitigar la erosión y aumentar la resistencia del terreno ante eventos de remoción en masa.
VULNERABILIDAD ADMINISTRATIVA
1. Definir un marco normativo comunitario para la atención de emergencias, orientado a la mitigación de impactos y la recuperación rápida de la operatividad del sistema, garantizando la participación activa de los beneficiarios en la toma de decisiones críticas. 2. Desarrollar un programa de fortalecimiento de capacidades en gestión de riesgos y desastres, coordinado por HIDROSUROESTE y Protección Civil. Este programa está diseñado para dotar al personal operativo y a la comunidad organizada de las competencias técnicas necesarias para una respuesta corresponsable y efectiva ante eventos adversos que comprometan el sistema hídrico. 3. Estructurar un plan de mantenimiento preventivo para la totalidad de la infraestructura física y electromecánica, priorizando los componentes con mayor exposición a amenazas hidrometeorológicas y geológicas, con el fin de prolongar su vida útil y garantizar la continuidad del servicio. 4. Promover campañas de sensibilización orientadas a los usuarios para el fortalecimiento de la capacidad de reserva domiciliaria mediante la adquisición de tanques de almacenamiento, con el fin de aumentar la autonomía hídrica familiar y mitigar el impacto de las suspensiones temporales del servicio durante labores de mantenimiento o contingencias 5. Elaborar manuales de operación y mantenimiento del sistema para capacitar al personal. 6. Establecer, por parte de HIDROSUROESTE, un fondo financiero de emergencia constituido mediante la asignación de un porcentaje fijo del presupuesto institucional, con el fin de garantizar la operatividad ante contingencias. 7. Adquirir tanques portátiles para utilizarlos en caso de emergencia. 8. Adquirir tuberías y válvulas con características iguales a las unidades instaladas, procediendo a mantener el excedente en depósito para su resguardo en la sede administrativa del acueducto La Ratona, Santa Ana, municipio Córdoba.

Tabla 7. Medidas de emergencia para disminuir la vulnerabilidad del acueducto La Ratona

VULNERABILIDAD OPERATIVA
1. Garantizar la disponibilidad de recursos materiales y talento humano calificado para la reparación de daños, así como asegurar su movilización estratégica hacia las áreas afectadas. 2. Eliminar la turbiedad excesiva del agua mediante el lavado del desarenador–sedimentador principal. 3. Implementar la distribución de agua mediante camiones cisterna o tanques portátiles, garantizando su desinfección previa y cumpliendo estrictamente con los cronogramas de racionamiento establecidos.
VULNERABILIDAD FÍSICA
1. Realizar el levantamiento técnico de las fallas en la infraestructura hidráulica y establecer mecanismos de comunicación para informar a los habitantes sobre el estado actual del sistema. 2. Proceder con la remoción de sedimentos o material vegetal que obstruya el cauce natural de las quebradas La Ratona y Los Ceratos, con el fin de restaurar su capacidad hidráulica. 3. Gestionar ante los organismos gubernamentales competentes la habilitación y despeje de las vías de acceso en caso de deslizamientos, garantizando así la movilidad logística necesaria para el traslado de insumos y la atención inmediata de daños en la infraestructura. 4. Ejecutar protocolos de mantenimiento correctivo para la reparación de las unidades y componentes que presenten fallas operativas, asegurando el restablecimiento de su funcionalidad original. 5. Ejecutar los protocolos de ensayo y puesta en marcha para verificar la eficiencia del sistema, procediendo con el restablecimiento del suministro hídrico una vez validada su operatividad.

Tabla 7. Medidas de emergencia para disminuir la vulnerabilidad del acueducto La Ratona (continuación)

VULNERABILIDAD ADMINISTRATIVA
1. Asignar y desplegar personal técnico especializado en la gestión de contingencias y reparación de infraestructuras críticas, garantizando una respuesta operativa eficiente ante los daños detectados 2. Gestionar la articulación interinstitucional con la Alcaldía del municipio Córdoba y la Gobernación del estado Táchira, a fin de obtener el soporte técnico y logístico necesario para la atención de contingencias en el sistema de acueductos. 3. Priorizar la atención de averías basándose en el impacto sobre la continuidad del servicio, garantizando la transparencia informativa hacia los usuarios mediante reportes periódicos de gestión. 4. Gestionar ante los organismos gubernamentales el suministro de equipos y materiales especializados, fundamentando esta solicitud en la necesidad de fortalecer la capacidad de respuesta operativa ante contingencias hídricas.

DISCUSIÓN

De acuerdo a lo expuesto por Andrade y Pulido (2025), en los sistemas de abastecimiento de agua en las comunidades rurales se presenta una marcada negligencia principalmente en términos estructurales, muchas veces relacionadas con el aislamiento geográfico de estas comunidades y el déficit de recursos que posee, de forma directa, para realizar mantenimiento a los acueductos. En el caso específico del municipio Córdoba, estado Táchira, Venezuela, se conoce que, en situaciones de emergencia o desastre generadas por la ocurrencia de eventos adversos, tanto naturales como antrópicos, se han visto afectados la mayoría de los componentes hidráulicos del acueducto La Ratona, lo que compromete el desarrollo normal a lo largo de todo el sistema y dificulta la normalidad en las actividades cotidianas de los habitantes de dicha localidad. Generalmente, el impacto de los eventos adversos, provocan la contaminación del agua captada por el acueducto, así como la ruptura de tuberías y otros elementos estructurales, presentándose, en ocasiones extremas, el colapso total del sistema, lo que genera descontento en cuanto a la calidad del servicio, por parte de los habitantes.

Los sistemas de abastecimiento de agua en zonas rurales presentan mayor vulnerabilidad ante eventos naturales, como lluvias torrenciales y tormentas tropicales, lo cual se evidencia en otras investigaciones como la de Pino *et.al* (2021) en Costa Rica, quienes además establecen como un factor relevante la creciente amenaza al recurso hídrico inherente al cambio climático, ante la cual se requiere tomar medidas para evitar el colapso de los acueductos.

En la investigación consultada anteriormente, también se muestran algunos factores que inciden en la vulnerabilidad de este tipo de sistemas que coinciden con el presente estudio, como la posible contaminación de las fuentes por actividades agrícolas, la desinfección inexistente o deficiente, la inexistencia de capacitación en materia ambiental en las comunidades y falta de capacitación técnica para los responsables de la gestión de los acueductos.

En cuanto a la vulnerabilidad operativa, específicamente lo que refiere a los parámetros bacteriológicos (Tablas 1 y 2), se demuestra que para el momento de la investigación, el valor de los organismos coliformes se encontraba fuera del límite que hace referencia la norma sanitaria de calidad del agua potable vigente; por lo que se infiere la posibilidad de la presencia de microorganismos patógenos que pueden afectar la salud de los habitantes de la localidad; lo cual contradice a lo establecido por la Municipalidad de la Provincia de Cajamarca (2020) que indica que los sistemas de abastecimiento deben garantizar las condiciones de salud y bienestar a la población que abastecen.

Al hacer referencia a la vulnerabilidad física, los componentes que resultaron más vulnerables son las obras de captación y los desarenadores. En función de esto, las obras de captación siempre van a ser componentes críticos al impacto de las lluvias y a las crecidas extremas, no obstante, dado que los desarenadores retienen partículas más grandes (arenas, grava y material rocoso de tamaño considerado), deben estar cerca de las boca-tomas, de manera que cumplan su función y este material no ingrese en las tuberías, ni afecte las

válvulas y llaves, de acuerdo a lo afirmado por la Federación Internacional de la Cruz Roja y Media Luna Roja (2021).

Asimismo, Botia y Suárez (2021), en un estudio realizado en acueductos comunitarios en Colombia, para buscar las debilidades a nivel organizacional, administrativo e institucional en estos sistemas, coinciden en la precariedad de la infraestructura para el suministro de agua, la ausencia de recursos financieros y la inexistencia de personal capacitado, debido a que, igual que en el escenario venezolano, el manejo de los acueductos rurales se hace de forma directa por las comunidades usuarias con muy poco respaldo de los entes gubernamentales. Sin embargo, otro elemento clave que mencionan los investigadores y que coincide con los hallazgos del presente estudio, es la debilidad operativa que imposibilita el monitoreo de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de calidad del agua de forma constante o regular.

En la investigación de Manjarres *et.al* (2025), realizada también en Colombia, para el análisis de la gestión administrativa de acueductos rurales en la región de Cundinamarca, se muestran hallazgos que presentan similitud con los obtenidos en este estudio, como la falta de gestión adecuada por parte de las comunidades, la ausencia de estructuras de tratamiento apropiadas para garantizar la calidad del agua, la ausencia de monitoreo y control de las distintas variables técnico-operativas, debilidades pronunciadas en el manejo financiero de los recursos; no obstante, los investigadores coinciden en la posibilidad de mejora a través de medidas directas como la capacitación, tanto de los responsables del manejo como de las comunidades, el aumento de los recursos financieros y la gestión apropiada de los mismos.

La investigación de Muñoz y Estupiñán (2025), también realizada en Colombia, deja en evidencia otro factor que afecta la gestión de los acueductos rurales y es el conflicto de intereses cuando existen actividades comerciales aguas arriba del sistema, como en el caso de este estudio que hay producción agrícola, lo que pone en riesgo la calidad del agua, debido a la ausencia de tratamiento de las aguas residuales de estas actividades. De esta manera, la ausencia de una gestión apropiada por parte de las comunidades y la poca disponibilidad de recursos financieros incrementa los factores que vulneran la calidad del servicio.

Por otro lado, dentro de la estrategia de operación y mantenimiento referida en el presente estudio; la hidrológica regional debe preparar planes de mitigación y de emergencia, dirigidos a disminuir la vulnerabilidad de los sistemas, y a dar respuesta al impacto, una vez ocurrido el evento para mantener la continuidad y calidad del suministro, con el mínimo de interrupciones o molestias para la población, garantizando la preservación de la salud. Las medidas propuestas se presentan en las Tablas 6 y 7.

La vulnerabilidad administrativa presentó las debilidades de mayor relevancia en esta investigación, lo que interfiere directamente en la atención de emergencias o desastres. En este sentido, el estudio realizado por la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud en El Salvador (2022), coincide en la necesidad de fortalecer institucionalmente el ente encargado de la gestión del agua, debido a la importante incidencia que tiene la variable administrativa en el análisis de vulnerabilidad de este tipo de sistemas.

Las medidas de mitigación formuladas, pueden reforzar el sistema de abastecimiento de La Ratona y así, evitar o restringir daños, pérdidas humanas y materiales; reduciendo la vulnerabilidad operativa, física y administrativa del sistema, con lo que se disminuye el impacto del evento adverso, por tanto, toda la infraestructura del acueducto debe estar protegida contra las amenazas de índole naturales y antrópicas propias del área.

Finalmente, se infiere que una de las causas que tiene más incidencia en la vulnerabilidad de estos sistemas de abastecimiento se debe a que no se considera, la identificación y la gestión de los riesgos en la etapa de concepción, diseño y construcción, ni se toman las medidas necesarias para una adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones construidas; esto se refleja en las diferentes investigaciones consultadas que demuestra la gran debilidad administrativa y operacional que existe en los

acueductos rurales, inherente al poco soporte gubernamental y al inadecuado conocimiento técnico que tienen las personas responsables de la gestión.

CONCLUSIONES

El acueducto La Ratona presenta una alta fragilidad sistémica, debido a la convergencia de amenazas hidrometeorológicas, topológicas y geológicas, principalmente lluvias torrenciales, crecidas y deslizamientos; con vulnerabilidades operativas, físicas y administrativas críticas, tales como el deterioro de la obra de captación, la discontinuidad en la desinfección, la falta de repuestos y una débil organización comunitaria e institucional.

La implementación de las medidas de mitigación y emergencia propuestas constituye una estrategia efectiva para reducir de forma estructural la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento. Estas acciones permiten blindar la infraestructura hidráulica expuesta, asegurar la continuidad y calidad del flujo hídrico ante eventos extremos y optimizar los recursos técnicos disponibles.

Asimismo, la adopción de estas medidas incrementa sustancialmente la capacidad de respuesta del plan de seguridad. Al establecer protocolos claros de actuación, stock de suministros y fortalecer la organización de Hidrosuroeste junto a la comunidad, el sistema transita de una gestión puramente reactiva a una cultura de prevención y resiliencia. Esto garantiza una recuperación oportuna del servicio y minimiza el impacto socioeconómico en el municipio Córdoba ante escenarios de desastre.

REFERENCIAS

Alcaldía del municipio Córdoba (2013). Dossier del municipio Córdoba. Estado Táchira, Venezuela.

Alvarado, G., Cantos, P. y Pérez, A. (2015). Sistema de Fallas Geológicas de Venezuela. Fundación Venezolana de Investigaciones Sísmicas Caracas, Venezuela.

Álvarez, I. y Preciado, J. (2019). Revisión de estrategias por enfoques en torno a la gestión del recurso hídrico: una mirada desde la perspectiva latinoamericana. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.

Andrade, O. y Pulido, A. (2025). Propuesta para la evaluación de la dimensión técnica de acueductos rurales y su aproximación para la sostenibilidad. Revista Científica UNET, 37(2):277-288.

Arocha, S. (1983). Abastecimiento de agua: Teoría y diseño. Ediciones Vega. Caracas, Venezuela.

Asamblea Nacional (2001). Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento. Gaceta Oficial N° 5568. Caracas, Venezuela.

Asamblea Nacional (2009). Ley de Gestión Integral de Riesgos Socioculturales y Tecnológicos. Gaceta Oficial N° 39.095, Caracas, Venezuela.

Aviación Militar Bolivariana (2020). Estadísticas Climatológicas de Venezuela. Serie de Boletines Técnicos. Publicación Técnica Nº 10. Servicio de Meteorología, Maracay, Estado Aragua.

Botia, S., & Suárez, J. (2021). Debilidad institucional, administrativa y organizacional de los acueductos rurales en Colombia. *Semillero de Investigación SIE*. Corporación Tecnológica Industrial Colombiana. TEINCO. Colombia.

Castro, J. (2020). Gestión pública y comunitaria del agua y el saneamiento en América Latina. Red WATERLAT-GOBACIT. Newcastle upon Tyne (Reino Unido) y Buenos Aires (Argentina).

Federación de la Cruz Roja y Media Luna Roja (2021). Manual para atención de emergencias y desastres en acueductos. Ginebra. Suiza.

Foster, T., Hopewell, L., & Méheux, K. (2022). Rural water insecurity and the challenges of climate change adaptation: Evidence from sub-Saharan Africa. SpringerBriefs in Water Science and Technology: 39-55.

Cuesta, K. (2023). Afectación de los fenómenos hidrológicos en el sistema de acueducto y alcantarillado del municipio de Apartadó y su influencia en la población en la última década. Universidad de Antioquia, Turbo, Colombia.

Gómez, L., Zafra, C., & Temprano, J. (2023). Vulnerabilidad climática en acueductos comunitarios de los Andes tropicales: un enfoque basado en la gestión del riesgo y la adaptación. Revista Iberoamericana de Recursos Hídricos. IAHR (Asociación Internacional de Ingeniería e Investigación Hidro-Ambiental. Editorial Taylor & Francis. Madrid, España.

Guterres, A. (2024). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Agua para la prosperidad y la paz. UNESCO. Paris.

Instituto Nacional de Estadística (2018). Código de las prácticas de las estadísticas venezolanas. Caracas.

Instituto Nacional de Estadística (2011). Informe Geoambiental**.** Estado Táchira. [Documento en línea] Consultado el 26 de mayo de 2022 en: www.ine.gov.ve/ documentos/Ambiental/PrincIndicadores/pdf/Informe_Geoambiental_Tachira.pdf. [Consulta 2025, abril 12].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/ [Consulta 2025, abril 16]

Maldonado, R. (2019). Medidas para la disminución de la vulnerabilidad en el acueducto rural virgen de la inmaculada concepción ubicada en el Junco paramo, municipio Cárdenas, estado Táchira Venezuela. Trabajo de Aplicación Profesional Proyecto Especial de Grado. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal.

Manjarrés, B., Pinillos, W., Pulido, I. & Vanegas, O. (2025). Análisis situacional de la gestión administrativa de acueductos comunitarios rurales: un estudio de caso. Intern. Journal of Profess. Bus. Review. Miami, 10 (3): 01-26.

Municipalidad de la Provincia de Cajamarca (2020). Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento rural del sector Tuanso. Distrito de Cajamarca. Perú. [Documento en línea]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/municajamarca/informes-pufblicaciones/3146689-expediente-tecnico-mejoramiento-y-ampliacion-del-servicio-de-agua-potable-y-saneamiento-rural-del-sector-tuanso-caserio-porconcillo-bajo-centro-poblado-de-huambocancha-alta-distrito-de-cajamarca [Consulta 2026, mayo 9]

Muñoz A. & Estupiñán F. (2025). Acueductos rurales basados en la comunidad: una revisión de factores de gestión y administrativos que restringen su funcionamiento. Bastcorp International Journal, 4 (2): 94-117

Norma COVENIN 1756 (2001). Zonificación sísmica. Caracas. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.funvisis.gob.ve/ archivos/pdf/libros/covenin1756_2001.pdf [Consulta 2025, mayo 1]

Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (1998). Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable. Gaceta Oficial N° 36.395, Caracas, Venezuela.

Organización de las Naciones Unidas (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. A/RES/70/1. Nueva York, Estados Unidos.

Organización Mundial de la Salud. (2009). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología paso a paso para la gestión de riesgos en proveedores de agua de consumo. Ginebra, Suiza.

Organización Panamericana de la Salud (1998). Guías para la elaboración del análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario. OPS/CEPIS/Pub. 96-24, distribución limitada. Lima, Perú.

Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud (2022). Análisis de vulnerabilidad en acueductos de áreas rurales de El Salvador. El Salvador

Orta, L. (2006). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Cuba. Revista Fitosanidad, 10(3): 227-234

Pino M., Soto S. & Gaviria L. (2021). Construcción del Índice de Riesgo para determinar la Sostenibilidad del Servicio de

Agua y Saneamiento (IRSSAS) en distritos rurales de Costa Rica atendidos por ASADAs. *Tecnología en Marcha*. Vol. 34-3 Julio-Septiembre: 156-176.

Ramírez, B. (1998). Análisis de vulnerabilidad del sistema de producción del acueducto metropolitano de Caracas, ante el impacto de fenómenos naturales y antrópicos. Nº de depósito legal: Ift 487199862022. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Rice, E., Baird, R., & Eaton, A. (2023). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24.ª edición. Asociación Americana de Salud Pública, Washington, Estados Unidos.

Rojas, A. (2024). Propuesta de medidas de mitigación y emergencia para la reducción de la vulnerabilidad del acueducto La Ratona, municipio Córdoba, estado Táchira. Trabajo de Aplicación Profesional, modalidad Pasantías para obtener el título de ingeniero ambiental. UNET. San Cristóbal.

Rojas, O. y Martínez C. (2011). Riesgos naturales, evolución y modelos conceptuales. Revista Universitaria de Geografía, [Documento en línea]. Consultado el 27 de mayo de 2022 en: http://www.scielo.org.ar/pdf/reuge/v20n1/v20n1a05.pdf [Consulta 2022, noviembre 5]. 20 (1): 83-116.

Vargas, L. (2024). *¿Cuándo inicia el período de lluvias en Venezuela?* Clima y tiempo al alcance de todos: Meteovargas. https://meteovargas.com/.

World Health Organization & United Nations International Children's Emergency Fund (2023). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022: special focus on gender. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme1 (JMP). Disponible en: https://data.unicef.org/resources/jmp-report-2023/ [Consulta 2025, abril 16].

Xu, L., Shen, X., Xu, F., Li, A. y Yan, J. (2022). Efectos de la contaminación del agua en la salud humana y la heterogeneidad de las enfermedades: una revisión. Fronteras en Ciencias Ambientales, 10, 880246.



Aurimar Rojas H. Ingeniero Ambiental de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (2022). Formación en estudios de impacto ambiental, tratamiento del agua, vulnerabilidad de acueductos y desarrollo sostenible. Jefe de la Oficina System Tecnology, Santa Ana, municipio Córdoba. Comprometida con el desarrollo local y la divulgación científica para fortalecer la conciencia ambiental comunitaria.



Sandra Y. Bustillos L. Ingeniera Ambiental, Magister en Ciencias Gerenciales. Docente del Departamento de Ingeniería Ambiental-UNET, Coordinadora y Docente de la asignatura Vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua potable. Miembro de la comisión Trabajo de Aplicación Profesional y responsable de pasantías. Profesora en la Universidad Santander, México. Asesora ambiental y consultora en gestión de riesgos socionaturales.



Betty J. Ramírez Ch. Licenciada en Ciencias Navales. MSc. en Ingeniería Sanitaria-Ingeniería Ambiental. Estudios en Geografía, mención Climatología. Coordinadora y Docente de Meteorología y Climatología del Departamento de Ingeniería Ambiental-UNET. Miembro de la Alianza Climática de Venezuela y de la Sociedad Venezolana de Geología. Asesora en vulnerabilidad de acueductos,



Andrea P. Pulido C. Doctora en Gerencia Evaluativa, Tecnológica, Empresarial y Educativa (UNET, 2024). Especialista en Estudios y Evaluación de Impacto Ambiental (UNET, 2016). Ingeniero Ambiental (UNET, 2013). Personal Académico (Categoría Agregado) Departamento de Ingeniería Ambiental UNET. Investigadora del Laboratorio de Investigación Ambiental y Desarrollo Sostenible. Jefe de Departamento de Ingeniería Ambiental (Período 2022-2023)