

AQUACLIMA: A DIGITAL PLATFORM FOR CLIMATE CHANGE ADAPTATION AND INTEGRATING WATER GOVERNANCE IN LOCAL WATER SUPPLY SOURCES

AQUACLIMA: PLATAFORMA DIGITAL PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GOBERNANZA DEL AGUA EN FUENTES ABASTECEDORAS LOCALES

Molina, M. A.¹; Suarez, J. H.²; Ramon, J. D.³

¹**Ing. Maria Isabel Molina Rivera. Estudiante.** Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona. e-mail: mariaisabelmolina0408@gmail.com

²**PhD. John Hermógenes Suarez Gelvez. Docente de Tiempo Completo.** Programa de Ingeniería Biotecnológica. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. Universidad Francisco de Paula Santander. e-mail: johnhermogenessg@ufps.edu.co. ORCID: 0000-0002-9121-0630

³**PhD. Jarol Derley Ramón Valencia. Director.** Programa de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona. e-mail: jarolramon@unipamplona.edu.co. ORCID: 0000-0002-4929-8544

Entidad

Ciudadela Universitaria. Km1 Via Bucaramanga, Norte de Santander, Colombia.
Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140, Norte de Santander, Colombia.
mariaisabelmolina0408@gmail.com

Recibido: 02/02/2026 / Aceptado: 26/06/2026

Resumen

El cambio climático plantea desafíos significativos para la gestión de los recursos hídricos, particularmente a escala local, donde las estructuras de gobernanza deben adaptarse a una variabilidad e incertidumbre creciente. Este artículo presenta el desarrollo y la validación de AquaClima, una plataforma digital diseñada para fortalecer la adaptación al cambio climático y la gobernanza del agua en fuentes abastecedoras locales. Desarrollada en Google Sites, la plataforma incorpora dos niveles de navegación para atender a usuarios con diferentes niveles de formación educativa. AquaClima integra cuatro componentes principales: una sección de formación con ocho módulos sobre cambio climático y gobernanza del agua; herramientas prácticas que incluyen una calculadora de huella de carbono (AquaHuellas), una calculadora de huella hídrica (AquaFoorprint) y un instrumento de percepción ambiental; y una biblioteca digital. Las herramientas fueron validadas mediante un estudio de caso en la microcuenca Urengue Blonay, demostrando su aplicabilidad en contextos con escasez de datos. AquaClima aborda brechas críticas en la gobernanza del agua a nivel local al proporcionar recursos

digitales accesibles y adaptables que tienden un puente entre el conocimiento técnico y la participación comunitaria, contribuyendo al campo de la educación hídrica digital y apoyando la gestión climáticamente resiliente del agua a nivel local.

Palabras clave: adaptación al cambio climático, gobernanza del agua, herramienta digital, plataforma educativa, gestión rural del agua, fortalecimiento de capacidades.

Abstract

Climate change poses significant challenges for water resource management, particularly at the local level, where governance structures must adapt to increasing variability and uncertainty. This article presents the development and validation of AquaClima, a digital platform designed to strengthen climate change adaptation and water governance in local water supply systems. Developed on Google Sites, the platform incorporates two levels of navigation to accommodate users with different educational backgrounds. AquaClima integrates four main components: a training section with eight modules on climate change and water governance; practical tools, including a carbon footprint calculator (Aquahuellas), a water footprint calculator (Aqua Footprint), and an environmental perception survey; and a digital library. The tools were validated through a case study in the Urengue Blonay micro-watershed, demonstrating their applicability in contexts with limited data. AquaClima addresses critical gaps in local water governance by providing accessible and adaptable digital resources that bridge the gap between technical knowledge and community participation, contributing to the field of digital water education and supporting climate-resilient water management at the local level.

Keywords: climate change adaptation, water governance, digital tool, educational platform, rural water management, capacity building.

1. INTRODUCCIÓN

La gobernanza del agua enfrenta nuevos desafíos ante los efectos del cambio climático, que se reflejan en una mayor variabilidad hidrológica, un aumento en la frecuencia de eventos extremos y cambios en los patrones cambiantes de disponibilidad del agua (InnWater Project, 2024). Estos cambios afectan desproporcionadamente a las fuentes de abastecimiento locales, especialmente en áreas rurales donde la infraestructura suele ser limitada y las comunidades dependen directamente de los recursos hídricos locales para actividades domésticas, agrícolas y productivas. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) proyecta que el cambio climático intensificará la escasez de agua

en muchas regiones, alterará los regímenes de caudales y degradará la calidad del agua, creando necesidades urgentes de enfoques de gobernanza (IPCC, 2022).

Ante este escenario, las empresas de servicios públicos de agua y las instituciones locales encargadas de gestión del agua deben priorizar la adaptación climática mediante la adopción de enfoques de planificación a largo plazo y la implementación de estrategias de adecuación (De Bernardy & Annesi, 2025). Sin embargo, la adaptación efectiva al clima en el sector hídrico requiere más que soluciones técnicas: exige estructuras de gobernanza que sean, integradas, inclusivas y adaptativas. Este proceso debe desarrollarse en diferentes escalas, desde los marcos de gestión

internacionales hasta los sistemas de gestión comunitarios locales (Yanez Moretta, 2023)

Uno de los principales obstáculos para fortalecer la gobernanza del agua en nivel local es la brecha entre el conocimiento técnico y la capacidad comunitaria. Si bien la comprensión científica de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos ha avanzado significativamente, este conocimiento a menudo permanece inaccesible para los actores locales que gestionan los abastecimientos de agua. Las plataformas digitales han surgido como herramientas prometedoras para cerrar la brecha, ofreciendo oportunidades para el fortalecimiento de capacidades, el intercambio de conocimientos y la toma de decisiones participativa (IWRM Dashboard, 2025). El proyecto InnWater, desarrolló un entorno de aprendizaje que combina conocimiento científico, herramientas probadas en campo y recursos de capacitación en un formato modular y accesible para apoyar la innovación en la gobernanza del agua en Europa (InnWater Project, 2024). De manera similar, el Tablero GIRH de Libia proporciona un centro en línea que conecta el conocimiento relacionado con el agua, módulos de aprendizaje y redes de expertos para fortalecer la gobernanza del agua (IWRM Dashboard, 2025).

A pesar del creciente reconocimiento de la importancia de las plataformas digitales para la adaptación climática y la gobernanza del agua, pocas herramientas han sido diseñadas específicamente para abordar las necesidades de las fuentes de abastecimiento locales en contextos rurales con escasez de datos. Las plataformas existentes a menudo se dirigen a empresas de servicios públicos urbanos o a formuladores de políticas a

nivel nacional, dejando a las comunidades rurales con acceso limitado a recursos relevantes. Además, muchas herramientas disponibles requieren una experiencia técnica significativa para su implementación, creando barreras para comunidades con capacidad institucional limitada.

En respuesta a estas necesidades, este estudio presenta el desarrollo y la validación de AquaClima, una plataforma digital diseñada para incorporar consideraciones de adaptación al cambio climático y gobernanza del agua en la gestión de fuentes de abastecimiento locales. La plataforma fue diseñada específicamente para ser accesible a usuarios con diferentes niveles de formación educativa, reconociendo que la gobernanza del agua requiere la participación de diversos actores, incluidos miembros de la comunidad con educación formal limitada. Los objetivos específicos de esta investigación fueron: (1) desarrollar una plataforma digital fácil de usar para la educación en cambio climático y gobernanza del agua; (2) crear herramientas prácticas para evaluar impactos ambientales a nivel local, incluidas calculadoras de huella de carbono e hídrica; y (3) validar estas herramientas mediante su aplicación en un contexto de microcuenca rural.ificar los pasos y procedimientos que se deben realizar para redactar un artículo de revisión.

2. METODOLOGIA

El presente estudio empleó un enfoque mixto que combinó la investigación basada en diseño con la validación cuantitativa. La investigación se realizó en tres fases: (1) diseño y desarrollo de la plataforma, (2)

construcción y validación de herramientas y (3) implementación piloto. La fase de diseño se centró en crear una plataforma digital utilizando Google Sites, elegida por su accesibilidad, facilidad de uso y capacidad para integrar diversos recursos digitales sin requerir habilidades avanzadas de programación así como se muestra en la figura 1 (Abdullah & Hajar, 2025). Este enfoque de plataforma se alinea con las prácticas emergentes en la educación hídrica digital, que enfatizan la accesibilidad y relevancia a través de elementos interactivos y multimedia (Digital Water Education, 2025).

Figura 1. Fases de la metodología



Fuente: Elaboración propia

Desarrollo de la plataforma

La plataforma fue construida utilizando Google Sites, que ofrece ventajas en términos de accesibilidad, disponibilidad y facilidad de consulta (Capulino Soria, 2023). El proceso de diseño siguió un enfoque centrado en el usuario, organizando el contenido en dos niveles de navegación: Nivel 1 para usuarios sin formación profesional o con educación básica, utilizando un lenguaje introductorio y ejemplos cotidianos; y Nivel 2 para usuarios con formación técnica o académica, ofreciendo contenido conceptual más profundo y abordando aspectos técnicos, normativos y estratégicos de la gestión del agua.

La estructura de la plataforma se organizó en cuatro secciones principales: (1) Formación, que comprende ocho módulos temáticos con contenido introductorio, guías informativas, videos explicativos y actividades evaluativas; (2) Herramientas, que incluyen instrumentos de huella de carbono, huella hídrica y percepción ambiental; (3) Biblioteca, organizada en cinco categorías temáticas con acceso a repositorios digitales; y (4) Resultados, que proporciona salidas de las herramientas de evaluación.

Desarrollo de Herramientas

Herramienta de huella de carbono (Aguahuellas): el proceso de desarrollo inicio con una revisión sistemática de la literatura en bases de datos como Scielo, Science Direct, Scopus y Google Académico para identificar metodologías para el cálculo de la huella de carbono en contextos rurales. La herramienta fue desarrollada utilizando Microsoft Excel con programación en Visual Basic para implementar macros que permitan la navegación del menú y la gestión de bases de datos. Las referencias metodológicas incluyeron el Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a nivel Comunitario (GPC), ampliamente reconocido y basado en gran medida en las directrices del IPCC de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Soda et al. 2013; Babativa & Gonzales, 2020; Hurtado, 2021). La herramienta incorporó estrategias de recolección de datos primarios a través de encuestas, apropiadas dadas las características de la población de estudio y las restricciones geográficas de las áreas de estudio.

Herramienta de huella hídrica (Aqua Footprint):

Esta herramienta fue desarrollada siguiendo una metodología de tres fases. La Fase 1 (Formulación) implicó una revisión exhaustiva de la literatura nacional e internacional para identificar metodologías de cálculo aplicables a contextos rurales, construyendo un marco conceptual y metodológico que definió los componentes de la huella hídrica (azul, verde y gris), los alcances sectoriales y los parámetros de medición más relevantes (Mora & Sánchez, 2023). La Fase 2 (Elaboración) implicó el desarrollo de la herramienta digital en Microsoft Excel con macros de Visual Basic, diseñando una interfaz fácil de usar con secciones de contextualización, registro de usuarios, módulos sectoriales y una página final de resultados con salidas gráficas y numéricas. La Fase 3 (Verificación) aplicó la herramienta en un caso de estudio real para validar su funcionamiento, evaluar la coherencia de los resultados y confirmar su adaptabilidad a diversos contextos rurales.

La herramienta se organizó en ocho módulos sectoriales: agrícola, pecuario, doméstico, industrial, servicios, hidrocarburos, minero y energético. Cada módulo incorporó metodologías específicas para el cálculo del consumo directo, adaptadas a las fuentes de información disponibles:

- **Agrícola:** se plantearon tres metodologías: (1) estimación por requerimiento de riego y evapotranspiración basada en el manual de la FAO; (2) medición de caudales en la red de riego; y (3) uso de factores obtenidos de la literatura para

cultivos representativos de Colombia (Perfetti et al., 2013).

- **Pecuario:** se contemplaron tres enfoques: (1) medición de caudales en cada punto de suministro de agua, (2) medición directa del caudal en la red de distribución incorporando cantidad y calidad de aguas residuales; y (3) uso de valores de consumo establecidos en la literatura especializada (Instituto Nacional de Estadística, 2022).
- **Doméstico:** se plantearon metodologías: (1) medición de caudales en cada punto de uso dentro de las viviendas; (2) aforo de caudales en la red de distribución; y (3) uso de consumos establecidos por corporaciones regionales de Colombia.
- **Industrial:** Se propusieron dos metodologías: (1) aplicación de un balance hídrico considerando el volumen total de agua utilizada y el agua residual producida; y (2) uso de factores obtenidos de la literatura.
- **Servicios:** el cálculo se basó en las dotaciones de consumo establecidas en el Título B del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Colombia).
- **Hidrocarburos:** se aplicó la metodología propuesta por el IDEAM para Colombia, enfocada en determinar la

huella hídrica azul asociada a los procesos de exploración.

- *Minero*: se emplearon dos metodologías principales: (1) la establecida por la Unidad de Planeación Minero energética (UPME); y (2) la metodología definida por el IDEAM para estudios de agua en Colombia.
- *Energético*: la metodología se basó en estimar la evaporación de agua en embalses para generación hidroeléctrica y la cantidad de agua necesaria para procesos térmicos en generación termoeléctrica.

Cada módulo incluyó instrucciones detalladas para evitar la doble contabilización y especificó los contaminantes hídricos evaluados para el cálculo de la huella gris, indicando las fuentes de emisión o vertimiento que los generan.

Herramienta de percepción ambiental: este instrumento consistió en un cuestionario estructurado compuesto por 22 preguntas agrupadas en tres componentes temáticos: (1) caracterización socioeconómica de los participantes (edad, género, nivel educativo, ocupación, composición del hogar); (2) evaluación del conocimiento sobre el cambio climático, sus causas, fuentes de información, efectos y posibles impactos sobre la salud, los animales y la economía (9 preguntas); y (3) evaluación de las actitudes y percepciones sobre los impactos del cambio climático en el territorio (10 preguntas). Se elaboró un manual de uso para guiar la implementación del instrumento, la estructura del cuestionario, las recomendaciones para la aplicación de las encuestas y los procedimientos básicos

para el procesamiento de la información obtenida.

Proceso de Validación

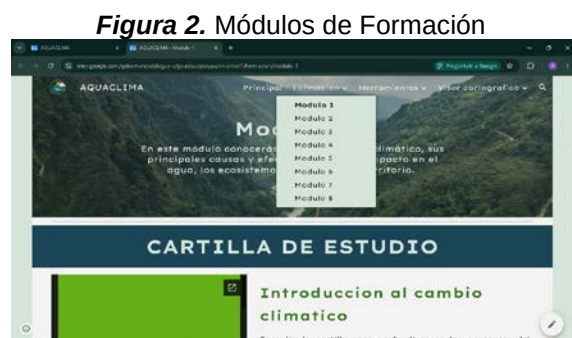
La validación de la plataforma web educativa AquaClima se realizó mediante una encuesta de satisfacción aplicada a tres grupos de usuarios participantes en el proceso de formación. El primer grupo estuvo conformado por estudiantes de grado undécimo de la Institución Educativa El Diamante, quienes evaluaron la utilidad de la plataforma como herramienta de aprendizaje en temas relacionados con el agua, el cambio climático, la biodiversidad y el territorio. El segundo grupo correspondió a estudiantes del programa Técnico en Sistemas del SENA, quienes valoraron aspectos asociados a la navegación, funcionalidad y experiencia de usuario. Finalmente, se realizó una prueba piloto con tres profesionales del área ambiental para evaluar la pertinencia de los contenidos técnicos y especializados de la plataforma, orientados a la gobernanza del agua y el cambio climático

3. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Estructura de la plataforma y organización del contenido

Aquaclima fue desarrollada exitosamente como una plataforma digital funcional organizada en cuatro componentes principales, con contenido estructurado según dos niveles de navegación basados en la educación y experiencia del usuario. La plataforma logró su objetivo de proporcionar información accesible para diversos usuarios mientras mantiene profundidad técnica para audiencias especializadas.

La sección de formación fue organizada en ocho módulos temáticos (ver figura 2) que abordan: introducción al cambio climático; cambio climático y biodiversidad; efecto invernadero; estrategias de adaptación y mitigación; cambio climático y agricultura; efectos de la deforestación; implicaciones para la salud humana; y ordenamiento de cuencas hidrográficas. Cada módulo siguió una estructura consistente: introducción descriptiva del tema y objetivos de aprendizaje; guía informativa con conceptos y definiciones estructuradas adaptadas al nivel del usuario; video explicativo que refuerza el contenido con ejemplos prácticos; y actividades evaluativas para verificar la comprensión. Los videos fueron producidos en dos versiones: el Nivel 1 utilizó lenguaje simple y contextualizado con ejemplos cotidianos, mientras que el Nivel 2 incorporó terminología técnica y marcos normativos.



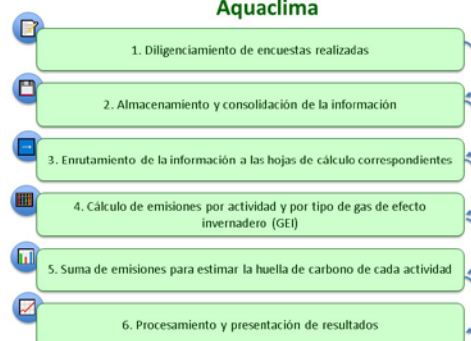
Fuente: Elaboración propia

Herramienta de huella de carbono

La calculadora de huella de carbono Aquahuellas fue desarrollada siguiendo una secuencia lógica que comienza con el diligenciamiento de encuestas, continúa con la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y concluye con la visualización de resultados. Se elaboró una guía de uso que proporciona

instrucciones paso a paso para la recolección y procesamiento de información, incluyendo explicaciones de cálculo específicas por sector, recomendaciones para evitar la doble contabilización, especificación de los gases de efecto invernadero estimados por alcance y las fuentes de emisión correspondiente. La herramienta abordó exitosamente la necesidad identificada de una metodología de huella de carbono aplicable localmente, con estrategias de recolección de datos primarios apropiadas para las restricciones geográficas del área de estudio y las características de la población (ver figura 3).

Figura 3. Funcionamiento de la herramienta
Proceso general del funcionamiento de la herramienta Aquaclima



Fuente: Elaboración propia

Herramienta de huella hídrica

La calculadora de huella hídrica Aqua Footprint (ver figura 4) fue validada exitosamente mediante el estudio de caso en Urengue Blonay. Los resultados demostraron la capacidad de la herramienta para procesar información y ejecutar los cálculos requeridos en múltiples sectores, confirmando su efectividad en el escenario de estudio. El ejercicio de validación identificó mejoras necesarias en los instrumentos de recolección de datos, los criterios de uso y

los módulos de cálculo, optimizando el rendimiento para futuras aplicaciones con contextos similares.

El análisis sectorial reveló que el sector agrícola, utilizando la metodología basada en literatura, calculó las huellas hídricas azul y verde en función de las hectáreas cultivadas. El sector pecuario empleó valores de literatura para el consumo de agua de bebida y mantenimiento de animales. El sector doméstico utilizó la metodología de aforo por vivienda para estimar el consumo real. El sector servicios aplicó metodología de referencia bibliográfica centrada en centros educativos. Los resultados se expresaron en tablas y gráficos que muestran la huella hídrica total con desglose sectorial.

Figura 4. Visualización de la herramienta



Fuente: Elaboración propia

Herramienta de percepción ambiental

El cuestionario de percepción ambiental fue desarrollado y estructurado en tres componentes. El primer componente capturó exitosamente datos socioeconómicos que incluyen rango de edad, género, nivel educativo, ocupación y composición del hogar. El segundo componente evaluó el conocimiento sobre el cambio climático mediante nueve preguntas que abordan causas, fuentes de información, efectos e impactos potenciales. El tercer componente evaluó las actitudes y percepciones sobre los impactos del cambio climático en el

territorio mediante diez preguntas. El manual de usuario que acompaña al instrumento proporciona orientación para su implementación, permitiendo su replicación en diferentes territorios y contribuyendo a la recopilación de información sobre la percepción comunitaria frente al cambio climático y sus impactos.

Biblioteca digital

Se estableció una biblioteca digital organizada en cinco categorías: acuerdos internacionales, acuerdos nacionales, acuerdos locales, documentos de nivel nacional y documentos de nivel regional. Cada categoría funciona como un punto de acceso a un repositorio digital alojado en Google drive donde los usuarios pueden consultar, descargar y revisar documentos según la temática seleccionada (ver figura 5). Esta estructura fue diseñada para fortalecer los procesos de aprendizaje y consulta de los usuarios mediante la disponibilidad de documentos organizados de acuerdo con diferentes niveles y escalas de gestión

Figura 5. Visualización de la biblioteca digital



Fuente: Elaboración propia

Discusión

Aquaclima contribuye al campo emergente de la educación hídrica digital, que

aprovecha las herramientas digitales para mejorar el aprendizaje sobre los recursos hídricos, la gestión del agua y los temas relacionados con el agua (Digital Water Education, 2025). Al ofrecer plataformas en línea accesibles, recursos interactivos y experiencias de aprendizaje estructuradas, la educación hídrica digital se expande más allá de los entornos educativos tradicionales para llegar a audiencias más amplias. AquaClima ejemplifica varios principios clave de la educación hídrica digital: accesibilidad a través de su estructura de contenido de dos niveles, compromiso a través de recursos multimedia y herramientas prácticas, y relevancia a través de ejemplos contextualizados y aplicación local. El uso de Google Sites por parte de la plataforma, aunque no requiere habilidades avanzadas de programación, proporcionó funcionalidad suficiente para crear un recurso educativo integral (Abdullag & Hajar, 2025; Capulino Soria, 2023).

El enfoque de la plataforma se alinea con experiencias internacionales en plataforma digitales de gobernanza del agua. El Entorno de Aprendizaje en InnWater, por ejemplo, combina conocimiento científico, herramientas probadas en campo y recursos de capacitación en un formato modular, accesible y adaptable (InnWater Project, 2024). De manera similar, el Tablero GIRH en Libia proporciona módulos de aprendizaje electrónico y bibliotecas de recursos para apoyar el fortalecimiento de capacidades en gobernanza del agua (IWRM Dashboard, 2025). Aquaclima extiende estos enfoques al abordar específicamente las fuentes de abastecimiento locales en contextos con escasez de datos e incorporar herramientas de evaluación prácticas que

tienden un puente entre la educación y la acción.

Por otra parte, el desarrollo de herramientas prácticas para la aplicación local aborda una brecha crítica en la gestión rural del agua. Mientras que otras investigaciones han explorado la gobernanza de empresas de servicios públicos de agua para la resiliencia climática y enfoques de gestión comunitaria del agua, pocas herramientas han sido diseñadas específicamente para que las comunidades locales evalúen sus propios impactos ambientales. La validación de la herramienta Aqua Footprint mediante verificación de cálculo manual confirma su confiabilidad y proporciona un modelo para aplicaciones similares en otros contextos. La flexibilidad metodológica incorporada en la herramienta ofreciendo múltiples enfoques de cálculo basados en la disponibilidad e datos resultó esencial para el contexto rural con escasez de datos, donde la infraestructura de medición directa era limitada.

La herramienta de percepción ambiental añade una dimensión cualitativa al enfoque de evaluación, reconociendo que la gobernanza del agua requiere comprender el conocimiento, las actitudes y los comportamientos de la comunidad relacionados con el cambio climático. Esto se alinea con los marcos de gobernanza que enfatizan enfoques inclusivos y participativos para la gestión del agua. La integración de datos de percepción con herramientas de evaluación cuantitativa proporciona una imagen más completa de los desafíos y oportunidades de la gobernanza del agua en zonas locales.

Es por esto que, AquaClima contribuye a la adaptación al cambio climático mediante el fortalecimiento de la capacidad local

para la gobernanza del agua. La adaptación al cambio climático en el sector hídrico requiere fortalecer las estructuras de gobernanza, mejorar la disponibilidad de información y desarrollar la capacidad institucional. Al proporcionar educación accesible y herramientas prácticas, AquaClima aborda los tres requisitos. La estructura de dos niveles de la plataforma asegura que el conocimiento técnico se comunique efectivamente a audiencias diversas, mientras que las herramientas prácticas permiten a las comunidades evaluar sus impactos ambientales e identificar áreas de mejora.

La plataforma también apoya la integración de consideraciones de cambio climático en la gestión local del agua, respondiendo a los llamados a enfoques de gobernanza que sean multinivel, integrados, inclusivos y adaptativos. Al conectar marcos internacionales, nacionales y locales a través de su sección de biblioteca. AquaClima ayuda a los usuarios a comprender el contexto de gobernanza multiescala de la gestión del agua mientras proporciona herramientas para la acción local.

Finalmente, se debe reconocerse varias limitaciones. Primero, la validación de la plataforma se centró principalmente en la herramienta de huella hídrica, con una evaluación menos extensa de los componentes educativos y de percepción. Segundo, la validación del estudio de caso, aunque demuestra la aplicación práctica, se limitó a una sola microcuenca rural, y Tercero, la dependencia de la plataforma en Google Sites, aunque proporciona ventajas de accesibilidad, puede plantear preocupaciones sobre la privacidad de los datos y la sostenibilidad a largo plazo. Por último, la naturaleza digital de la plataforma supone cierto nivel

de alfabetización digital y acceso a internet, que puede no estar totalmente disponible en áreas rurales.

La investigación futura debería extender la validación de los componentes educativos y de percepción, examinar la efectividad de la plataforma en diversos contextos geográficos y socioeconómicos, y explorar métodos para el acceso sin conexión en áreas con conectividad limitada. Además, la integración de la plataforma con tecnologías emergentes como aplicaciones móviles e inteligencia artificial podría mejorar su accesibilidad y capacidades analíticas (Digital Water Education, 2025). El desarrollo de mecanismos para la retroalimentación de los usuarios y la actualización de contenidos también apoyaría la evolución de la plataforma como un recurso dinámico y centrado en la comunidad.

4. CONCLUSIONES

Esta investigación desarrolló y validó exitosamente AquaClima, una plataforma digital para integrar la adaptación al cambio climático y la gobernanza del agua en fuentes de abastecimiento locales. La plataforma aborda brechas críticas en la gobernanza del agua local al proporcionar recursos digitales accesibles y adaptables que tienden un puente entre el conocimiento técnico y la participación comunitaria. Las herramientas desarrolladas dentro de la plataforma, particularmente las calculadoras de huella de carbono e hídrica, demuestran aplicabilidad práctica en contextos rurales con escasez hídrica y destacó oportunidades para la mejora continua.

AquaClima contribuye al creciente cambio de educación hídrica digital al ofrecer un

modelo para plataformas digitales accesibles, participativas y orientadas a la acción que apoyan la gestión climáticamente resiliente del agua a nivel local. Al fortalecer la capacidad para la gobernanza del agua, la plataforma apoya a las comunidades en la adaptación al cambio climático y la gestión sostenible de sus recursos hídricos. La investigación futura debería extender la validación a través de diversos contextos y explorar oportunidades para la integración tecnológica y el compromiso comunitario.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su más sincero agradecimiento a la comunidad de la microcuenca Urengue Blonay y a la Institución Educativa El Diamante por su invaluable participación y disposición durante el proceso de validación de la plataforma AquaClima. De igual manera, se reconoce el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y de los profesionales del área ambiental que contribuyeron con sus valiosos comentarios y sugerencias para el fortalecimiento de los contenidos técnicos de la plataforma. Adicionalmente se reconoce el trabajo de los miembros de la comunidad que, con su participación activa, hicieron posible este trabajo, demostrando que la ciencia y el conocimiento compartido son las bases para una gestión del agua más justa, participativa y resiliente frente al cambio climático

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, M. N., & Hajar, S. M. (2025). Development of Google Sites Web-Based Learning Media in the Water Cycle of Grade V Elementary School. At-Tasyrih: Jurnal Pendidikan dan Hukum Islam, 10(2), 538-544.
- Ángel, P. (2024). Cálculo de huella de carbono en contextos rurales a escala local. Universidad Nacional de Colombia.
- Babativa, C. A., & González, L. F. (2020). Metodologías para el cálculo de huella de carbono en sistemas productivos rurales [Tesis de pregrado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Capulino Soria, M. P. (2023). Creación de contenidos digitales con Google Sites. Mediateca de EducaMadrid. <https://mediateca.educa.madrid.org>
- De Bernardi, C., & Annesi, N. (2025). On the role of water utility governance for climate resilience: A Corporate Social Responsibility Directive approach. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178456>
- Digital Water Education. (2025). Sustainability Directory. En Digital Water Education. <https://digitalwater.education/sustainability-directory>
- Hurtado, J. (2021). Guía metodológica para la estimación de huella de carbono en comunidades rurales. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- InnWater Project. (2024a). Learning Environment for Water Governance Innovation. Office International de l'Eau (OiEau).
- InnWater Project. (2024b). A Space for Learning, Testing and Transforming Governance. Office International de l'Eau (OiEau).
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press.
- IWRM Dashboard. (2025). Integrated Water Resources Management

- Dashboard: A National Platform for Smarter, Inclusive Water Governance. UNDP Libya.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (s.f.). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título B. <https://minvivienda.gov.co>
- Mora, J., & Sánchez, K. (2023). Propuesta metodológica integral para el cálculo de la huella hídrica a escala de microcuenca rural. Repositorio Institucional Universidad de La Salle.
- Perfetti, J. J., Fernández, M., & Rodríguez, A. (2022). Consumo de agua por sector productivo en Colombia: bases para la gestión hídrica. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 18(3), 145-162.
- World Bank. (2010). *Climate Change Adaptation in Europe and Central Asia: Water Management*. World Bank Publications.
- Yáñez Moretta, P. (2023). Water co-management between public and community actors as a tool for adaptation to global climate change. *La Granja*, 38(1), 15-32. <https://doi.org/10.17163/lgr.n38.2023.02>