



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE POSGRADOS

AGUA Y CIUDAD: HACIA UNA POLÍTICA INTEGRAL Y SOSTENIBLE DEL
RECURSO HÍDRICO EN CUENCA – ECUADOR

WATER AND CITY: TOWARDS AN INTEGRAL AND SUSTAINABLE WATER
RESOURCE IN CUENCA - ECUADOR

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para
optar por el título de Máster en Filosofía, Política y Economía.

Autores:

Carmen del Rosario Íñiguez Cárdenas

Julie Anabel Jama López

Quito – Ecuador

2024

RESUMEN

La escasez del recurso hídrico es un problema cuyas consecuencias se están viviendo hoy en día en la ciudad de Cuenca- Ecuador y en todo el país. En la presente investigación se hace una revisión bibliográfica sobre la demanda para conocer el consumo de los hogares; sobre la oferta del recurso hídrico para ver si las fuentes hídricas siguen produciendo la misma calidad y cantidad de agua; respondiendo a la pregunta ¿Cuáles son las causas subyacentes de la falta del recurso hídrico en la ciudad de Cuenca, Ecuador? Ya que no existen políticas públicas que permitan solucionar el problema, es imperativa una gestión desde la administración pública que sea más efectiva, innovadora y sostenible; por lo que se propone un “Plan de gestión para el cuidado de las fuentes hídricas”, el cual contiene 3 secciones: Innovación, tecnológico y administrativo/normativo; ya que una mala gestión disminuirá la calidad y la cantidad de agua.

Palabras claves: Agua, El Cajas, Cuenca Ecuador, Escasez de Agua, Sostenible

ABSTRACT

The scarcity of water is a problem whose consequences are being experienced today in the city of Cuenca- Ecuador and throughout the country. In this research, a literature review is carried out on the demand to know household consumption; on the supply of water to see if water sources continue to produce the same quality and quantity of water. Answering the question: What are the underlying causes of the lack of water resources in the city of Cuenca, Ecuador? Since, there are no public policies that allow solving the problem, we consider It's imperative the management from public administration that is more effective, innovative and sustainable; Therefore, a “Management Plan for the care of water sources” is proposed, which contains 3 sections: Innovation, technological and administrative/regulatory; since poor management will reduce the quality and quantity of water.

Key words: Water, El Cajas, Cuenca Ecuador, Water Scarcity, sustainable

Contenido

AGUA Y CIUDAD: HACIA UNA POLÍTICA INTEGRAL Y SOSTENIBLE DEL RECURSO HÍDRICO EN CUENCA - ECUADOR	1
INTRODUCCIÓN	1
MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	3
Escasez del agua	3
Agua Potable en la ciudad de Cuenca	4
Estrés Hídrico	5
Sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico	6
Ecosistema	7
El agua y los ecosistemas ecuatorianos	7
Impactos antropogénicos en las fuentes hídricas	8
Políticas públicas del agua	9
METODOLOGÍA	9
Diseño de la Investigación:	11
a) Análisis de Datos de la Oferta, Demanda y Afectación de las Fuentes Hídricas:	11
b) Plan de Intervención de Acuerdo a los Resultados Obtenidos:	11
Métodos de Análisis:	12
Consideraciones Éticas:	12
RESULTADOS	12
Análisis de la Oferta y Demanda	12
Oferta.....	12
Demanda.....	16
Análisis de las causas subyacentes del déficit proyectado de agua.....	21
Propuestas y soluciones para una gestión más efectiva, innovadora y sostenible del agua para Cuenca	21
Vacíos de conocimiento y direcciones futuras de investigación	28
CONCLUSIONES	28

AGUA Y CIUDAD: HACIA UNA POLÍTICA INTEGRAL Y SOSTENIBLE DEL RECURSO HÍDRICO EN CUENCA – ECUADOR

WATER AND CITY: TOWARDS AN INTEGRAL AND SUSTAINABLE WATER RESOURCE IN CUENCA - ECUADOR

INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de agua, sin duda hablamos de vida. El agua contaminada y/o la falta de la misma ha matado más personas que todas las guerras juntas (El País, 2010). El acceso al agua potable y el saneamiento es imprescindible para la vida y un derecho humano básico (Naciones Unidas, 2024).

El suministro y gestión del agua potable son elementos vitales para el desarrollo sostenible y el bienestar de cualquier comunidad (Naciones Unidas, 2024). En el contexto de Cuenca, Ecuador, un área conocida por su riqueza natural y crecimiento demográfico, la cuestión del agua se convierte en un tema de vital importancia. La presente investigación se enfoca en explorar la situación actual de los recursos hídricos en la ciudad de Cuenca y proponer estrategias para una gestión integral y sostenible.

La ciudad de Cuenca, reconocida por su patrimonio cultural y belleza natural, enfrenta desafíos significativos en relación con la gestión de sus recursos hídricos. Según los Planes Maestros de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA-EP), se proyecta un déficit en el suministro de agua para el año 2030. Este déficit, calculado en 350 litros por segundo (Deutsche Zusammenarbeit, 2016), plantea serias interrogantes sobre la capacidad de la ciudad para satisfacer las demandas presentes y futuras de agua potable y caudales ecológicos.

Ante este escenario, surge la pregunta central que guiará nuestra investigación: ¿Cuáles son las causas subyacentes de la falta de los recursos hídricos en la ciudad de Cuenca, Ecuador y qué podemos hacer para contrarrestar la situación? Para abordar esta pregunta, nos enfocaremos en analizar los patrones de consumo de agua en los

diferentes sectores de la ciudad y revisar el comportamiento de las fuentes hídricas mediante un análisis sistemático de bibliografía sobre el comportamiento de los páramos y del Parque Nacional Cajas, de donde se abastece de agua la ciudad de Cuenca, para así identificar los factores que contribuyen al déficit proyectado y explorar posibles soluciones para una gestión más efectiva y sostenible del agua.

Partiendo de la premisa de que existe una gestión deficiente de los recursos hídricos en Cuenca, sostenemos que esta situación se debe a una combinación de factores, que incluyen la falta de políticas integrales, la creciente demanda de agua debido al crecimiento demográfico y económico, y el ineficiente cuidado de las fuentes hídricas, encargadas de proveer el agua para la ciudad.

La gestión insostenible del recurso hídrico pone en riesgo la calidad de vida en Cuenca. La sobreexplotación, falta de cuidado y gestión de fuentes no solo afecta el suministro de agua para consumo humano, riego y caudales ecológicos, sino también la biodiversidad y la salud del ecosistema (Wiese, 2022).

La crisis hídrica es una amenaza directa para mantener la sostenibilidad de nuestra ciudad y del país, durante el mes de abril de 2024 el Ecuador sintió los estragos de la falta de agua en la ciudad, ya que el 38% de la energía que se consume en el país se produce en la zona del austro, en la cuenca del Paute. El sector energético enfrenta una de las más graves crisis de los últimos años, por lo que el Presidente de la República mediante Decreto 226, suspendió la jornada laboral por los días 18 y 19 de abril y posterior a ello, se dieron apagones de hasta 8 horas diarias, durante la siguiente semana generando de esta manera millonarias pérdidas económicas a más de una disminución en la calidad de vida de los ecuatorianos. Al momento de la redacción de este documento los apagones están suspendidos durante la siguiente semana, sin tener claro el panorama que vivirá el país luego de ello, ya que depende exclusivamente de la lluvia en el sector de estudio.

Es por ello que la intervención debe iniciarse ahora mismo para evitar consecuencias irreversibles en el futuro. La planificación e implementación de medidas correctivas son fundamentales ya que la situación que vive el Ecuador, en cuanto a los apagones, indican que la falta de agua no ha esperado el año 2030, sino que actualmente se están viviendo

las consecuencias.

El tiempo impone la necesidad de acciones inmediatas para planificar, implementar y evaluar las estrategias que contrarresten la brecha entre oferta y demanda, por lo tanto, identificar oportunidades para intervenir tempranamente es vital para asegurar que nuestras acciones sean efectivas.

Este trabajo se organiza en torno a tres ejes principales. En primer lugar, realizaremos un análisis detallado de los patrones de consumo de agua en los diferentes sectores de la ciudad, con el fin de identificar los principales demandantes de agua y sus necesidades específicas, se analizará aspectos como el crecimiento demográfico, la expansión urbana, En segundo lugar, examinaremos el comportamiento de las fuentes hídricas durante el transcurso del tiempo. Finalmente, propondremos estrategias y políticas para una gestión más integral y sostenible de los recursos hídricos en Cuenca, abordando tanto los aspectos técnicos como los sociales y políticos.

MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

Una de las ventajas que tiene el agua es que su estudio puede ser realizado de manera multidisciplinar (Martínez, 2017), la gestión sostenible de los recursos hídricos es crucial debido a su impacto en el bienestar humano, la economía y el medio ambiente. Basados en literatura científica y académica publicada por instituciones de trascendencia, se realiza una revisión teórica que permita explicar los conceptos que utilizaremos en el desarrollo del Proyecto de Titulación.

Escasez del agua

Tres de cada diez es el promedio de personas en el mundo que carecen del acceso al agua potable y para el 2050 se estima que la sequía, la desertificación o escasez crónica del recurso hídrico afecte al 25% de la población mundial. (Ethic.es, 2019).

Por esto, el hombre debe tomar conciencia de la importancia del líquido vital y procurar su preservación, conservación y protección, pues a pesar que el 75% del planeta está cubierto por agua, apenas el 2% es agua dulce y el 1,5% es apta para el consumo humano. (Cedeño, 2023).

En términos hidrológicos, el agua se encuentra en constante movimiento a través del ciclo hidrológico, que comprende procesos como la evaporación, la condensación, la precipitación, la escorrentía superficial, la infiltración y la recarga de acuíferos (Gleick, 1998). Este ciclo garantiza la disponibilidad de agua dulce en la superficie terrestre, pero su distribución y calidad varían ampliamente según la región geográfica y las actividades humanas.

Dada su importancia para la vida y el desarrollo humano, la gestión adecuada del agua se ha convertido en un desafío crucial en el siglo XXI, especialmente en el contexto de la urbanización rápida, el cambio climático y la degradación ambiental (UNESCO, 2009). La escasez de agua, la contaminación y los conflictos por el acceso al agua son problemas cada vez más urgentes que requieren soluciones innovadoras y políticas públicas efectivas para garantizar la seguridad hídrica y la sostenibilidad a largo plazo.

Agua Potable en la ciudad de Cuenca

En la actualidad, ETAPA EP es la encargada de gestionar, administrar, operar y mantener el sistema cuencano de agua potable. La ciudad de Cuenca cuenta con un Sistema de Abastecimiento de agua desde 1940, el cual por el crecimiento de la población y de las necesidades de consumo tanto domésticas como industriales permanentemente ha sido ampliado permitiendo garantizar un servicio adecuado con parámetros de cobertura superior al 98%, cantidad, calidad, continuidad y presiones acordes a las normas nacionales. (ETAPA, 2024)

Según la ordenanza que regula la organización y funcionamiento de ETAPA, en los temas relacionados con el agua le corresponde: (i) controlar y proteger las fuentes y cursos de agua de agua de utilización actual y potencial, así como los cuerpos receptores naturales y artificiales; y (ii) ejecutar políticas ambientales y programas de acción, dirigidos a proteger y cuidar los recursos hídricos y las fuentes de abastecimiento de agua del cantón e impulsar programas de saneamiento ambiental. Es decir, ETAPA debe prestar los servicios dentro de una concepción integral de todo el ciclo hidrológico y con una visión a largo plazo, en la cual se considere el agua desde su nacimiento, durante su tratamiento, su utilización y su devolución al ecosistema. (Jouravlev & United Nations. Economic

Commission for Latin America and the Caribbean. División de Recursos Naturales e Infraestructura., 2003)

Las políticas y estrategias de gestión del agua deben basarse en un enfoque integrado que considere no solo los aspectos técnicos y económicos, sino también los sociales, culturales y ambientales. Esto implica adoptar medidas para proteger los ecosistemas acuáticos, promover prácticas de uso eficiente del agua, fomentar la reutilización y reciclaje de aguas residuales, y garantizar el acceso equitativo al agua potable y saneamiento básico para todos los ciudadanos (Barlow & Clarke, 2002).

Estrés Hídrico

El estrés hídrico se refiere a la situación en la que la demanda de agua excede la disponibilidad (oferta) de recursos hídricos renovables en una determinada región o área geográfica (Hanasaki et al., 2013). Se caracteriza por la escasez de agua, tanto en términos de cantidad como de calidad, y puede manifestarse a través de la reducción de caudales en ríos, la disminución del nivel de los acuíferos y la degradación de ecosistemas acuáticos debido a la sobreexplotación y contaminación de fuentes de agua.

Esto puede darse debido a diversos factores, que van desde el crecimiento demográfico y económico hasta los cambios en los patrones de precipitación y el aumento de la urbanización.

El aumento de la demanda de agua, impulsado por el crecimiento poblacional y la expansión de actividades económicas, ejerce una presión significativa sobre los recursos hídricos disponibles en la región. Además, el cambio climático está provocando alteraciones en los patrones de precipitación, lo que afecta la recarga de acuíferos y la disponibilidad de agua superficial (Ruiz et al., 2008). Estos cambios climáticos, junto con fenómenos antrópicos como la deforestación, la contaminación ambiental causada por la minería, el turismo, entre otros, también contribuyen a la pérdida de la capacidad de retención de agua del suelo, lo que agrava aún más la escasez de agua. En el contexto de Cuenca, Ecuador, según datos de la misma ETAPA EP, para el año 2030 se prevé exista estrés hídrico.

El estrés hídrico a más de afectar el suministro de agua para uso humano, agrícola e industrial, tiene graves repercusiones en los ecosistemas acuáticos y terrestres. La reducción de los caudales de los ríos, la disminución del nivel de los acuíferos y la degradación de los ecosistemas acuáticos son algunas de las consecuencias directas del estrés hídrico (UNESCO, 2009).

Sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico

En el contexto de la gestión del agua, la sostenibilidad se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades actuales de la población sin comprometer la disponibilidad de recursos hídricos para las generaciones futuras (UNESCO, 2015). Implica adoptar prácticas y políticas que promuevan la conservación de los recursos hídricos, el uso eficiente del agua y la protección de los ecosistemas acuáticos, garantizando al mismo tiempo un acceso equitativo y justo al agua para todos los sectores de la sociedad (Bartram et al., 2015).

En la declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible, adoptada en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente “El Desarrollo en la Perspectiva en el Siglo XXI” (Dublín, Irlanda, 26 al 31 de enero de 1992), se señala que dado “que el agua es indispensable para la vida, la gestión eficaz de los recursos hídricos requiere un enfoque integrado que concilie el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas naturales. La gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero” y que la “entidad geográfica más apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos es la cuenca fluvial”. (Jouravlev & United Nations. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. División de Recursos Naturales e Infraestructura., 2003)

La gestión sostenible de los recursos hídricos requiere una combinación de enfoques técnicos, económicos, sociales y políticos, así como la participación activa de diversos actores, incluyendo gobiernos, comunidades locales, empresas y organizaciones de la sociedad civil (UN-Water, 2018). Al abordar los desafíos de la gestión del agua desde una perspectiva de sostenibilidad, se busca asegurar la viabilidad a largo plazo de los

sistemas de agua y garantizar el bienestar humano y ambiental en las zonas urbanas y rurales.

Ecosistema

Se refiere a un sistema complejo compuesto por comunidades biológicas interdependientes y los factores abióticos con los que interactúan entre sí, como el agua, el suelo, la luz solar y el clima (Chapin et al., 2002). Los ecosistemas acuáticos, como ríos, lagos, humedales y océanos, son especialmente relevantes en el contexto de la gestión del agua, ya que proporcionan hábitats para una amplia variedad de especies acuáticas, regulan el ciclo del agua y brindan servicios ecosistémicos vitales, como la purificación del agua y la mitigación de inundaciones (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Los ecosistemas acuáticos son sistemas dinámicos y delicados que pueden ser afectados por una variedad de factores, incluyendo la contaminación, la alteración del hábitat, el cambio climático y la sobreexplotación de recursos. La protección y conservación de los ecosistemas acuáticos son fundamentales para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos y el bienestar humano a largo plazo (Dudgeon et al., 2006).

El agua y los ecosistemas ecuatorianos

Ecuador reconoce la estrecha relación agua y ecosistema, por lo que la preservación de ambos es la garantía de un planeta equilibrado y de un sistema social más coherente y sustentable. Este país posee ecosistemas acuáticos y terrestres vitales para el planeta tierra. (Maldonado-Cruz, 2023)

Actualmente, en todas las naciones hay ecosistemas amenazados por distintos factores: deforestación, contaminación, crecimiento poblacional, urbanismos improvisados y actividades económicas que incrementan continuamente la problemática ambiental. (Maldonado-Cruz, 2023) y la ciudad de Cuenca no es la excepción.

Los páramos, un ejemplo de ecosistema, son áreas de gran importancia para el abastecimiento de agua de la ciudad de Cuenca. Situados a una altitud de 3300 metros sobre el nivel del mar, estos ecosistemas representan aproximadamente el 7% del territorio ecuatoriano y son vitales para el origen de la mayoría de los ríos del país. Los

páramos son sistemas extremadamente sensibles, y cualquier alteración en sus ciclos vitales puede tener consecuencias significativas. Se destaca la reciprocidad necesaria entre el agua y el ecosistema para mantener el ciclo del agua de manera adecuada. Además, es fundamental reconocer la importancia de la conciencia social humana para preservar y no perturbar el equilibrio de estos ecosistemas (Maldonado-Cruz, 2023)

Impactos antropogénicos en las fuentes hídricas

En el caso de la ciudad de Cuenca, la falta de control en la frontera agrícola, la transformación de los páramos en áreas de pastizal, (Ministerio del Ambiente, 2018), la minería metálica (Salazar, 2020), actividades turísticas sin el respectivo control del impacto ambiental (El Expreso, 2023) en las zonas de recargas hídricas son los principales impactos negativos antropogénicos.

Es claro que los cambios en el uso de la tierra (páramos deforestados, agricultura, forestación con pinos, pastoreo intensivo, entre otros) afectan negativamente el suministro de agua de los páramos, sin embargo, los resultados de la investigación difícilmente permiten derivar conocimientos genéricos que puedan aplicarse de manera rigurosa a cuencas no estudiadas, como es el caso de la cuenca del Machángara, significando esto un vacío en la literatura ya que, el conocimiento disponible aún no permite ampliar los hallazgos obtenidos en microescala a mesoescala y macroescala. (Célleri, 2009)

En Ecuador y otros países andinos, la presión demográfica sobre los recursos y la demanda de recursos y servicios hídricos aguas abajo seguirán creciendo y probablemente se verán cada vez más afectadas por el cambio climático (Ruiz et al., 2008). La explotación descontrolada de los páramos de gran altitud ha llevado a la pérdida irreversible de ecosistemas vitales para el suministro de agua. La falta de conocimiento hidrológico dificulta la formulación de estrategias efectivas para mitigar estos impactos. Es esencial controlar los procesos del ciclo del agua para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos en estas regiones. (Célleri, 2009).

Políticas públicas del agua

El artículo 12 de la Constitución de la República de Ecuador (2008) señala que: “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable [...] constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”. (CRE, 2008), además, el texto constitucional desarrolla una triple dimensionalidad, dado que la Constitución ecuatoriana hace referencia al agua como un derecho (art. 3 numeral 1) como un servicio público (art. 314) y como parte de los sectores estratégicos (art. 313). (Cedeño, 2023)

La Constitución otorga a su vez a los Municipios, catorce competencias de carácter exclusivo, entre ellas como servicios públicos: El Agua Potable, el alcantarillado y la depuración de las aguas residuales; el manejo de desechos sólidos; y el saneamiento ambiental. (Martínez, 2017).

A nivel local, la ciudad de Cuenca cuenta con regulaciones específicas para la gestión del agua, incluyendo ordenanzas municipales y políticas sectoriales implementadas por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP). Estas normativas abordan aspectos como la calidad del agua, el tratamiento de aguas residuales, la protección de fuentes de agua y la promoción del uso eficiente del recurso hídrico en la ciudad (ETAPA EP, 2020).

Además de las leyes y regulaciones, existen instituciones relevantes encargadas de la gestión del agua en el país, como el Ministerio del Ambiente y Agua, la Secretaría Nacional del Agua y la Agencia de Regulación y Control del Agua. Estas entidades tienen la responsabilidad de formular políticas, coordinar acciones y supervisar el cumplimiento de las normativas relacionadas con el agua a nivel nacional y local (Ministerio del Ambiente y Agua, 2019).

METODOLOGÍA

Para responder a la pregunta de investigación planteada: ¿Cuáles son las causas subyacentes de la falta del recurso hídrico en la ciudad de Cuenca, Ecuador?, vamos a analizar qué está pasando con la **oferta** y la **demand**a, contrastándolas se determinará en qué momento se da el desbalance y se planteará la solución en función de los

resultados anteriores.

Para analizar que les está pasando a los ecosistemas que conforman las fuentes hídricas, nos preguntamos ¿Siguen produciendo la misma cantidad y calidad de agua o presentan algún cambio significativo?, para ello, se ha realizado la revisión bibliográfica de publicaciones realizadas por varios investigadores mayoritariamente cuencanos, además hemos obtenido la colaboración de la Ing. Ana Elizabeth Ochoa Sánchez, PhD., Docente-Investigadora, Gerente del Proyecto de Gestión sostenible del agua bajo el cambio climático en el Sur del Ecuador Manejo Sostenible del Agua para Cuenca bajo escenarios de Cambio Climático (SWACH) quienes se encuentran trabajando junto a diferentes instituciones, como la Municipalidad de Cuenca, ETAPA-EP, Universidad de Cuenca y Universidad del Azuay, para garantizar un suministro seguro de agua potable para la ciudad. Con lo anteriormente expuesto, hemos obtenido artículos científicos y datos actualizados que permiten responder la pregunta planteada sobre la capacidad de las fuentes hídricas.

También se tuvo acceso a diálogos con docentes del Programa para el Manejo del Agua y Suelo PROMAS, que tiene como misión ser un Centro de Innovación Científica y Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Cuenca, para contribuir al manejo sostenible del agua y del suelo mediante la generación de conocimiento científico, la capacitación y la extensión incorporando nueva tecnología y adaptando metodologías que permita dar soluciones integrales en equilibrio ambiental y con responsabilidad social. (Universidad de Cuenca, 2024) así como a los artículos por ellos publicados.

Por otro lado, para el estudio de la **demanda**, es decir, para entender, ¿Cómo se ha comportado el consumo de agua en los hogares?, ¿Hay algún patrón de consumo y éste se encuentra dentro de los estándares de la OMS y/o la Norma Hidrosanitaria del Ecuador, NHE?, hemos obtenido datos por parte del programa SWACH, quienes como se indicó anteriormente, mantienen una cooperación interinstitucional con ETAPA EP, empresa que tiene toda la información sobre el consumo de agua de los habitantes de la ciudad de Cuenca, datos que fueron proporcionados a SWACH, quienes a través de uno de los estudiantes de la Maestría en Matemáticas Aplicada en su trabajo de graduación con el tema SEGMENTACIÓN DE USUARIOS POR CONSUMO DE AGUA POTABLE, MEDIANTE TÉCNICAS DE CLUSTERING, tabularon los datos

entregados por ETAPA EP, aportando a este trabajo con la información necesaria para su realización.

En resumen, la metodología de la presente investigación se enmarca dentro de un enfoque no experimental que se basa en una revisión sistemática de la literatura existente sobre el tema de la gestión del agua y su sostenibilidad en nuestra región de estudio. Esta elección se debe principalmente a que los datos solicitados a ETAPA EP no han sido entregados hasta la redacción final del mismo y la necesidad de comprender a fondo los diversos aspectos del problema que estamos investigando.

Diseño de la Investigación:

Nuestro diseño de investigación consta de dos etapas claramente definidas:

a) Análisis de Datos de la Oferta, Demanda y Afectación de las Fuentes Hídricas:

En esta primera etapa, analizaremos la literatura científica y técnica disponible sobre la oferta y demanda de recursos hídricos en nuestra región. Para ello además, hemos contactado a docentes investigadores de la Universidad de Cuenca y del Azuay, de SWACH y PROMAS, quienes han colaborado con las investigaciones actualizadas sobre temas relacionados con el agua de Cuenca, el Parque Nacional Cajas, Los Páramos Andinos, y datos tabulados entregados por ETAPA EP, hemos entrevistado a autoridades de ETAPA EP y a varios integrantes del Cabildo del Agua, colectivo que busca preservar el recurso hídrico en la ciudad a través de una contraloría constante a la gestión del líquido vital. De esta manera se han recopilado datos sobre la disponibilidad de agua, calidad de las fuentes, patrones de consumo, impactos ambientales y sociales de la gestión del agua.

b) Plan de Intervención de Acuerdo a los Resultados Obtenidos:

Una vez completado el análisis de datos, se procederá a desarrollar un plan de intervención basado en los resultados obtenidos de la revisión de la literatura. Este plan contendrá recomendaciones específicas y acciones concretas que permitan abordar los desafíos identificados en relación con la gestión del agua y su sostenibilidad en la región de estudio.

Métodos de Análisis:

Para analizar nuestros datos, utilizaremos técnicas de revisión sistemática de la literatura. Esto implica identificar, seleccionar y resumir información relevante de una amplia variedad de fuentes bibliográficas. Vamos a emplear herramientas y criterios específicos para evaluar la calidad y relevancia de los estudios que incluyamos en nuestra revisión, asegurándonos así de obtener hallazgos fiables y válidos.

Consideraciones Éticas:

Durante todo nuestro proceso de investigación, nos comprometemos a observar los principios éticos fundamentales. Esto incluye respetar la propiedad intelectual, ser honestos en nuestra labor académica y presentar nuestros resultados de manera transparente. Nos aseguraremos de reconocer adecuadamente las fuentes que consultemos y evitaremos cualquier forma de plagio o mala práctica científica. Además, protegeremos la confidencialidad de la información que recopilemos y preservaremos la privacidad de los autores y participantes citados en nuestra revisión de la literatura.

RESULTADOS

Análisis de la Oferta y Demanda

Oferta

Como se mencionó anteriormente, para éste análisis, se tiene la siguiente revisión sistemática de literatura existente sobre la hidrología de los páramos en Ecuador, que nos permitirá entender el comportamiento de las fuentes hídricas (oferta).

La ciudad de Cuenca para el año 2.030 deberá considerar una demanda de agua para consumo humano, riego y caudales ecológicos de 5.959 litros por segundo, para la dotación del agua potable se cuenta actualmente con cuatro principales áreas de aporte cuyas fuentes de abastecimiento son las subcuencas de los cuatro ríos de Cuenca, la oferta se encuentra distribuida como se indica en la Tabla N°1:

Fuente de agua	Porcentaje
Río Machángara	60%
Río Yanuncay	18%
Río Tomebamba	18%
Río Culebrillas	4%

Tabla 1: Distribución de las fuentes de agua. *Elaboración propia*

Fuente: ETAPA EP, (2023)

Del diagnóstico realizado en los ecosistemas que forman parte de las subcuencas hidrográficas mencionadas en la Tabla 1, se obtiene composición que se presenta en la Tabla N°2:

Ecosistema	Porcentaje
Páramo con humedales y bosque nativo	85%
Bosque Andino	10%
Pastizales	3,40%
Lagunas	1,30%
Zonas degradadas	0,20%
Plantaciones	0,10%

Tabla 2: Composición de ecosistemas en las subcuencas hidrográficas de Cuenca.

Elaboración propia

Fuente: ETAPA EP, (2023)

Los páramos, las punas y las jalcas son los ecosistemas dominados por pajonales en la región andina. Estos son los principales proveedores de servicios ecosistémicos hídricos que requieren conservación y restauración para garantizar la seguridad hídrica de los países andinos. La literatura científica destaca la importancia de los pajonales para facilitar la infiltración de agua al suelo, reducir los procesos erosivos y favorecer el rendimiento y la regulación hídrica mediante la recarga de reservorios de agua subsuperficial y subterránea (Célleri, et al., 2023).

Considerando la altitud y las condiciones naturales del páramo, sus recursos acuíferos desempeñan un papel fundamental en la provisión y control del suministro de agua para diversos usos, como el consumo residencial, la industria, la agricultura y el ocio, además de ser importantes para la generación de energía hidroeléctrica (Buytaert et al., 2006a; Célleri & Feyen, 2009).

Los servicios ecosistémicos hidrológicos del páramo establecen una gran base social para su conservación y gestión sostenible, existen otros usos del páramo – incluida la ganadería extensiva, la agricultura a gran escala (principalmente patatas), la extracción de minerales y la forestación con especies exóticas, afectan su capacidad de proporcionar beneficios hidrológicos para toda la sociedad (Mosquera et al., 2022).

Estos ecosistemas se encuentran afectados por acciones antrópicas como: quemas, talas, caza y pesca indiscriminada, degradación por la presencia de ganado bovino, equino, ovino; en tazas que exceden las capacidades de carga, repercutiendo directamente en la cantidad y calidad de agua para la ciudad de Cuenca y sus centros poblados (ETAPA EP, 2023), además por la minería metálica, construcciones sin tratamientos adecuados de aguas residuales entre otros.

Cualquier intervención antrópica dentro del área de recarga hídrica, a corto, mediano y largo plazo, va a traer consecuencias a la salud de los valores de conservación, siendo la primera consecuencia la **disminución en la calidad y cantidad** de agua que llega a las captaciones de agua para consumo humano. (ETAPA EP, 2018)

El cambio climático antropogénico junto con factores no climáticos (por ejemplo, el cambio en el uso de la tierra) han afectado los sistemas naturales y humanos en la región montañosa de los Andes. Hay más pruebas de cambios en los sistemas hídricos, con una **menor disponibilidad de agua** y un aumento de la frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos (es decir, inundaciones y sequías). Esta región es especialmente vulnerable al cambio climático y enfrenta desafíos para la adaptación debido a recursos y políticas limitados. (Ochoa-Sánchez et al., 2024)

Las actividades humanas han producido cambios en el uso y cobertura del suelo de los pajonales naturales que impactan la provisión de servicios ecosistémicos hídricos, pero no se sabe mucho acerca del tipo o grado de los impactos, ni acerca del impacto hidrológico de prácticas de restauración de los pajonales. (Célleri et al., 2023)

En junio del 2023 se descubrió un botadero de basura clandestino en El Cajas, que encendió las alertas de protección y cuidado ambiental en la zona, evidenciando tres grandes problemáticas que amenazan la conservación del ecosistema y de la cuenca del

río Tomebamba: falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales, manejo deficiente de los desechos y apertura de caminos ilegales. (El Expreso, 2023)

Además en el Parque Nacional Cajas, principal fuente hídrica de la ciudad de Cuenca, existen construcciones ilegales de centros turísticos y de viviendas que representan un problema para la dotación de agua potable. Estas infraestructuras están sobre lugares donde no se puede ejecutar trabajos de alcantarillado, el tratamiento de las aguas residuales no es efectiva y termina convirtiéndose en un foco de infección. Datos de finales del 2024, muestran que desde la Y de Sayausí hasta el mirador Tres Cruces, hay 34 locales de venta de comida, de los cuales el 90 % no cuenta con alcantarillado ni con un sistema efectivo de tratamiento de sus aguas residuales. El exgerente de Agua y Saneamiento de ETAPA, afirmó que por cada edificación de 100 metros cuadrados una persona pierde aproximadamente 600 días de dotación del líquido vital en su domicilio (El Expreso, 2023).

Adicionalmente a este problema se debe sumar la explotación de minería metálica, a marzo del 2018, en el cantón Cuenca, estaban concesionadas para minería 47.314 hectáreas y en trámite otras 22.252, lo que representa el 21,77 % del territorio cantonal. (Salazar, 2020); todo esto a pesar que el 80,9% de 435.936 votantes de la ciudad de Cuenca había rechazado que existiera actividad minera en las zonas de recarga hídrica de los ríos Tarqui, Yanuncay, Tomebamba, Machángara y Norcay, zonas ubicadas en los páramos del cantón Cuenca. (Plan V, 2021)

Las comunidades campesinas de Quimsacocha y Río Blanco, situadas en la Reserva de la Biosfera del macizo del Cajas, que son especialmente vulnerables por su ecosistema de humedales, están amenazadas por la minería. Todas las concesiones mineras en el cantón Cuenca están ubicadas en áreas de páramo designadas como Bosques y Vegetación Protectores desde 1985. La Municipalidad de Cuenca advierte que, de no tomar medidas urgentes, se podría perder hasta el 60% de sus humedales y, por consiguiente, su suministro de agua. (Salazar, 2020)

De acuerdo a los datos obtenidos por los integrantes del cabildo del agua, las regalías y ganancias proyectadas por la actividad minera son mínimas en comparación con los beneficios esperados. Se estima que los proyectos mineros estratégicos, controlados por

multinacionales de diversos países, generarán ingresos totales de 132.432 millones de dólares en las próximas décadas, pero solo una fracción de esa cantidad, aproximadamente 27.486 millones de dólares, se destinarían al Estado ecuatoriano. Además, existe el riesgo de pasivos ambientales significativos, como la acumulación de lodos contaminados y desechos sólidos en escombreras que generan drenaje ácido de mina, según diversas fuentes bibliográficas. (Salazar, 2020)

En los párrafos anteriores se destaca que el 85% de los ecosistemas presentes en las subcuencas hidrográficas que abastecen de agua a la ciudad de Cuenca están compuestos por páramo, humedales y bosque nativo. Se evidencia también, la importancia de estos ecosistemas en la producción del agua potable, así como su fragilidad frente a las actividades humanas. De acuerdo con la ETAPA EP, estas áreas naturales están siendo afectadas por la intervención humana, lo que ha resultado en una disminución evidente tanto en la calidad como en la cantidad de agua disponible a lo largo del tiempo; además hay un sustento sólido de impactos negativos provocados por la mano del hombre, como minería metálica en las zonas de recarga hídrica, aumento de la frontera agrícola, explotación turística sin control entre otros.

Quedando demostrado una clara reducción en la capacidad de las fuentes hídricas (oferta) para mantener un suministro adecuado de agua, con lo que se concluye que ha existido una gestión inadecuada en el cuidado de las zonas de recarga hídrica.

Demanda

En este apartado corresponde analizar los datos del consumo de agua potable en Cuenca, para ello se solicita a la empresa pública municipal de la ciudad (ETAPA EP) las planillas de consumos de agua potable mensuales de todas las acometidas residenciales a las que brinda el servicio, con el fin de calcular un promedio de consumo de agua por instalación residencial existente. Con estos resultados y con los datos de censos de población y vivienda del INEC de donde se obtiene el número de habitantes por vivienda, se obtiene la media aritmética de consumo de agua potable por habitante en 1/habitante/día y se compara con los parámetros establecidos en la legislación.

Para este apartado, se solicitó a ETAPA EP, los datos de los consumos de agua potable de cada uno de los medidores que tienen a cargo de los últimos diez años, sin embargo,

hasta la redacción de este documento no se recibió la misma.

Para realiza el análisis de la demanda, se lo hizo con la colaboración de la Universidad del Azuay y SWACH,,quienes han facilitado el Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Magister en Matemática Aplicada con el tema SEGMENTACIÓN DE USUARIOS POR CONSUMO DE AGUA POTABLE, MEDIANTE TÉCNICAS DE CLUSTERING, del ingeniero Estalin Mejía, el cual está a meses de ese publicado en el repositorio digital de la universidad.

Para realizar el trabajo de titulación mencionado los datos entregados por ETAPA EP corresponden a los consumos de agua potable en m³ de los usuarios de ETAPA EP del histórico de consumos desde el año 2009 al 2023, dicha información fue entregada georeferenciada. Las lecturas son tomadas mensualmente en los medidores mecánicos, ubicados en la ciudad de Cuenca de forma manual, por tal motivo, la información es susceptible a presentar errores tanto mecánicos como humanos, los mismos que han sido detectados previa tabulación de los datos por el autor, obteniendo los siguientes resultados:

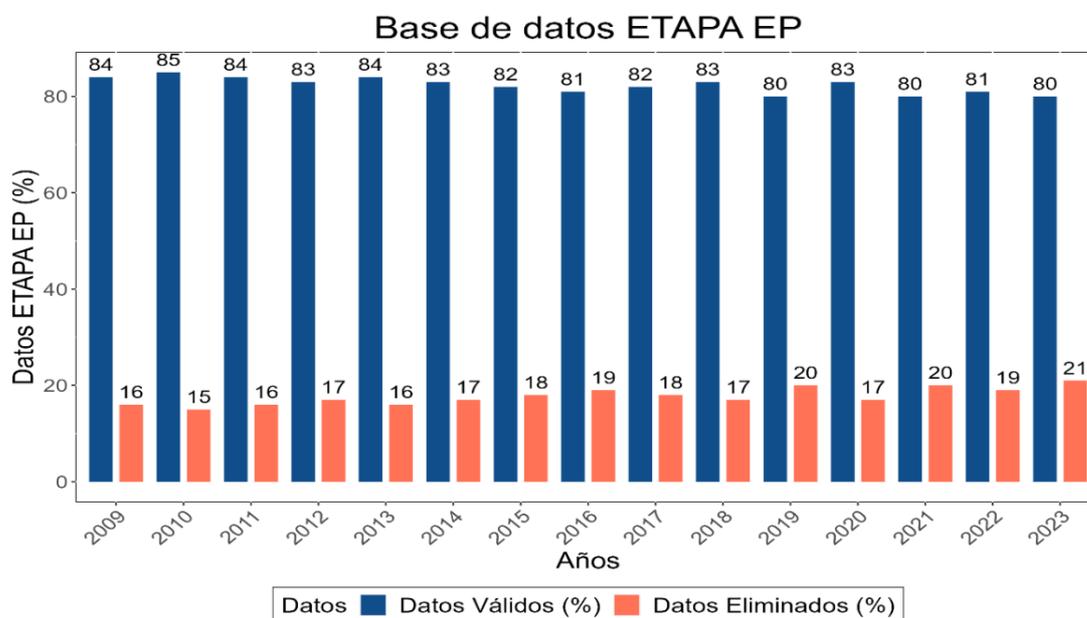


Figura 1: Porcentaje de datos válidos y porcentaje de datos eliminados de cada año.

Fuente: Mejía Estalin

A continuación, se puede observar el número de usuarios de agua potable de la ciudad

de Cuenca válidos totales, en el transcurso del tiempo:

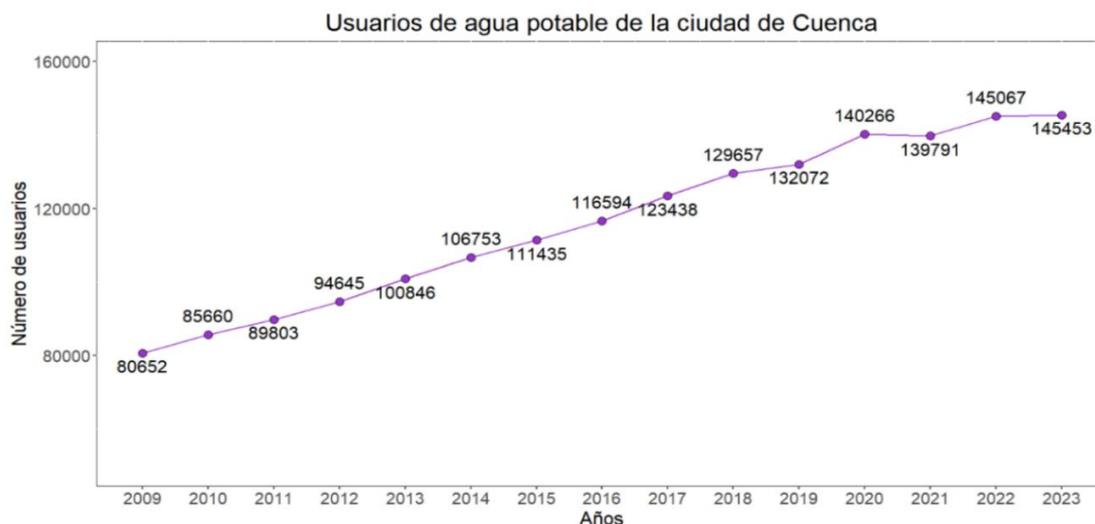


Figura 2: Usuarios de agua potable de la ciudad de Cuenca considerados aptos para el estudio. Elaboración Estalin Mejía

Fuente: ETAPA EP, (2023)

Se observa un crecimiento acelerado de la ciudad de Cuenca en el número de habitantes, mostrando un incremento de 64.801 usuarios a lo largo de los años de estudio.

Es decir, sobre el 80% en promedio de datos válidos. Con ese porcentaje de datos válidos se ha procedido a dividir en cinco grupos de consumo de la siguiente manera:

Rango	Tipo de consumo
0-14	Residencial 1 (Consumo Bajo)
>14-32	Residencial 2 (Consumo Medio)
>32-51	Residencial 3 (Consumo Alto)
>51-380	Comercial 1
>380-1322	Comercial 2
>1322	Industrial

Tabla 3: Rangos de consumo de agua potable para la ciudad de Cuenca.

Fuente: Mejía Estalin

Podemos observar que hay 3 grupo de consumo tipo residencial, que se encuentra

distribuido de la siguiente manera:

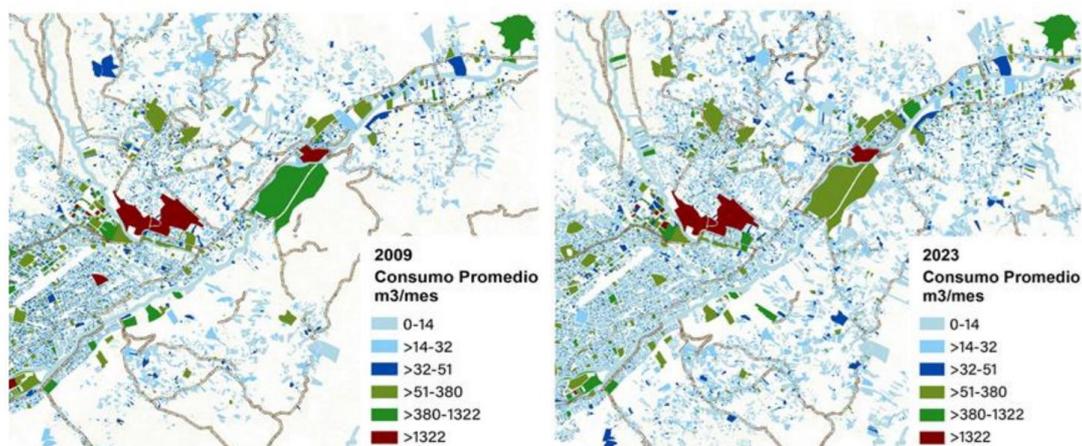


Figura 3: Segmentos de mapas de la ciudad de Cuenca (2009-2023).

Fuente: Rodas Verónica, Mejía Estalin

El consumo predominante está entre 0-32 metros cúbicos por conexión domiciliar. Considerando los datos del INEC: en comparación a 2010, más hogares han optado por vivir en departamentos (24,9%); asimismo, el tamaño de estos hogares se redujo de 3,7 a 3,2 miembros, podemos obtener un promedio de 3,45 habitantes por hogar.

Considerando 16 metros cúbicos como promedio de consumo, para el número de habitantes por hogar tenemos: 4,67 m³/habitante/mes, esto corresponde a 154,59 l/h/d.

Ahora vamos a revisar la variación histórica de consumo del grupo número 1:

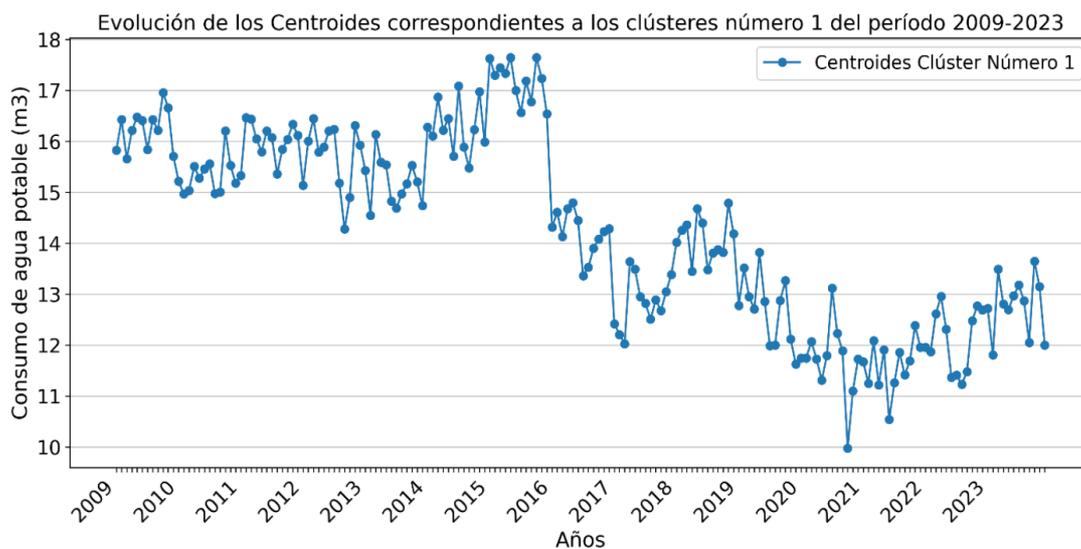


Figura 4: Evolución de centroides para el clúster 1 asociado al enfoque de clusterización por años.

Fuente: Mejía Estalin

Se puede observar que existe una disminución en el consumo de agua marcada en el año 2016, esto podría atribuirse a las políticas económicas establecidas por la ETAPA EP en el año 2015, modificando el tarifario con un aumento del 100% al metro cúbico de agua, pasando de USD 0.20 a 0.40 centavos de dólar (El Comercio, 2015).

Como conclusión se observa que desde el año 2009 hasta el 2023 ha disminuido el consumo de 16 a 12 metros cúbicos de consumo mensual por hogar, esto es un 25%.

Esto muestra por una parte el acelerado crecimiento demográfico de la ciudad, que denota en el incremento de usuarios, sin embargo, también presenta una disminución en el consumo de agua potable por habitante por día; este consumo ha pasado de 250 litros/habitante/día a 160 litros/habitante/día. Según Etapa, el consumo de agua promedio por persona en Cuenca es de 160 litros al día. (Primicias, 2023), esto indica el compromiso de los cuencanos con el uso sostenido del recurso hídrico.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la dotación óptima de agua con el fin de suplir todas las necesidades básicas de consumo e higiene, para no tener efectos en la salud, debería ser superior a 100 litros/habitante/día (OMS, 2006). Por otro lado, la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 establece que la dotación para una vivienda debe

ser entre 200 a 350 litro/habitante/día, reflejando un rango muy amplio, lo cual impide la existencia de un control de consumo (NHE, 2011). En base a los datos se establece que el consumo de agua por habitante por día es de 150 litros lo cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la OMS y NHE. Al analizar el histórico, se observa que el consumo por habitante por día ha disminuido con el paso del tiempo, lo cual demuestra una cultura de uso responsable del recurso hídrico. Comparando el crecimiento en el número de abonados con la proyección de población que tenía el INEC se determina que está dentro de los parámetros.

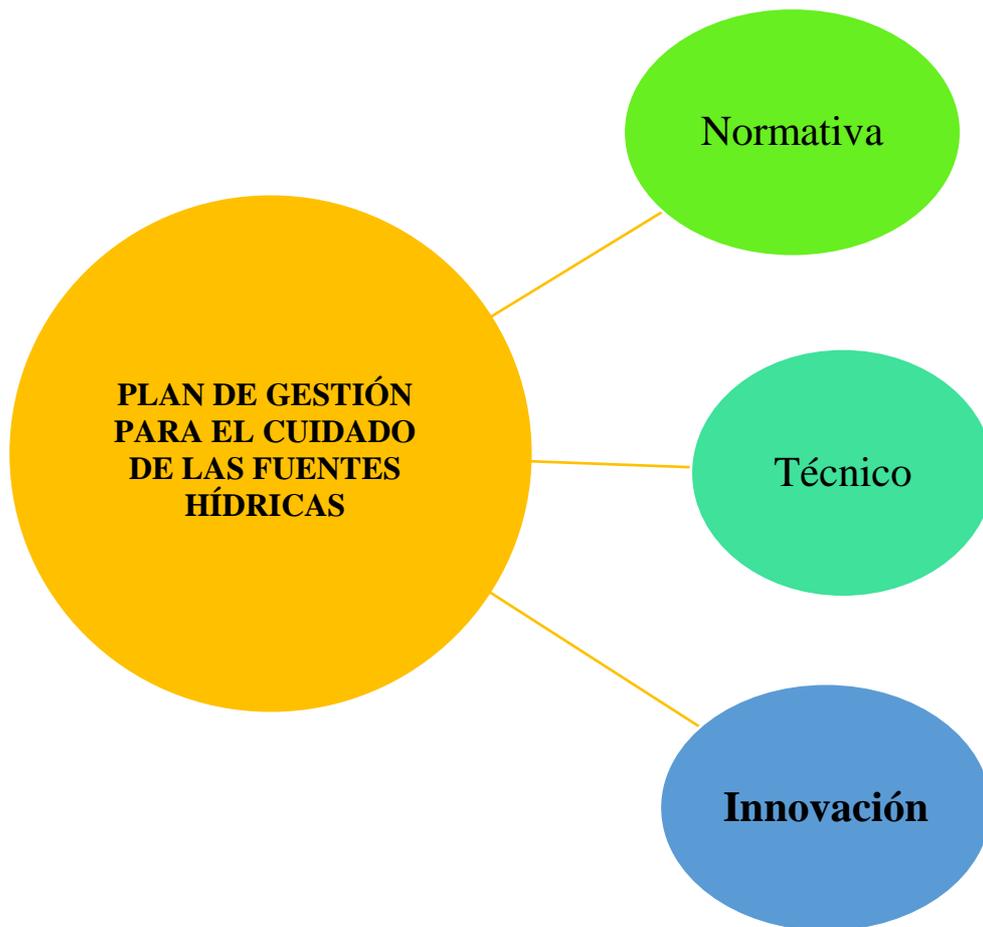
Análisis de las causas subyacentes del déficit proyectado de agua

Por lo expuesto anteriormente, se puede evidenciar que la ineficiente gestión en el cuidado de las fuentes hídricas ha hecho que desmejore la calidad y cantidad de agua para Cuenca, esto de la mano con el crecimiento demográfico acelerado sobre todo hasta el año 2020.

Al analizar el estado del arte, se ha podido encontrar una serie de investigaciones en el ámbito técnico, donde se realizan análisis de las cuencas, se estudian metodologías para reducir el consumo de agua en hogares, reciclaje del agua en fábricas, esfuerzos conjuntos entre ETAPA EP, las Universidades de Cuenca, SWACH, el PROMAS, FONAPA, investigación y activismo por parte del Colectivo Cabild o del Agua y más organizaciones de otras índoles, sin embargo, el ente encargado de proteger y mantener las fuentes hídricas es la administración pública, los tomadores de decisiones y a pesar de ello no se ha encontrado propuestas de políticas públicas que permitan solucionar el problema.

Propuestas y soluciones para una gestión más efectiva, innovadora y sostenible del agua para Cuenca

Esta sección se centra en presentar soluciones concretas y factibles para abordar los problemas identificados en el marco teórico y los resultados de la investigación. Sería fundamental destacar la importancia de la acción inmediata y coordinada para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los recursos hídricos en Cuenca.



*Figura 5: Componentes del Plan de Gestión para el cuidado de Fuentes Hídricas.
Elaboración propia*

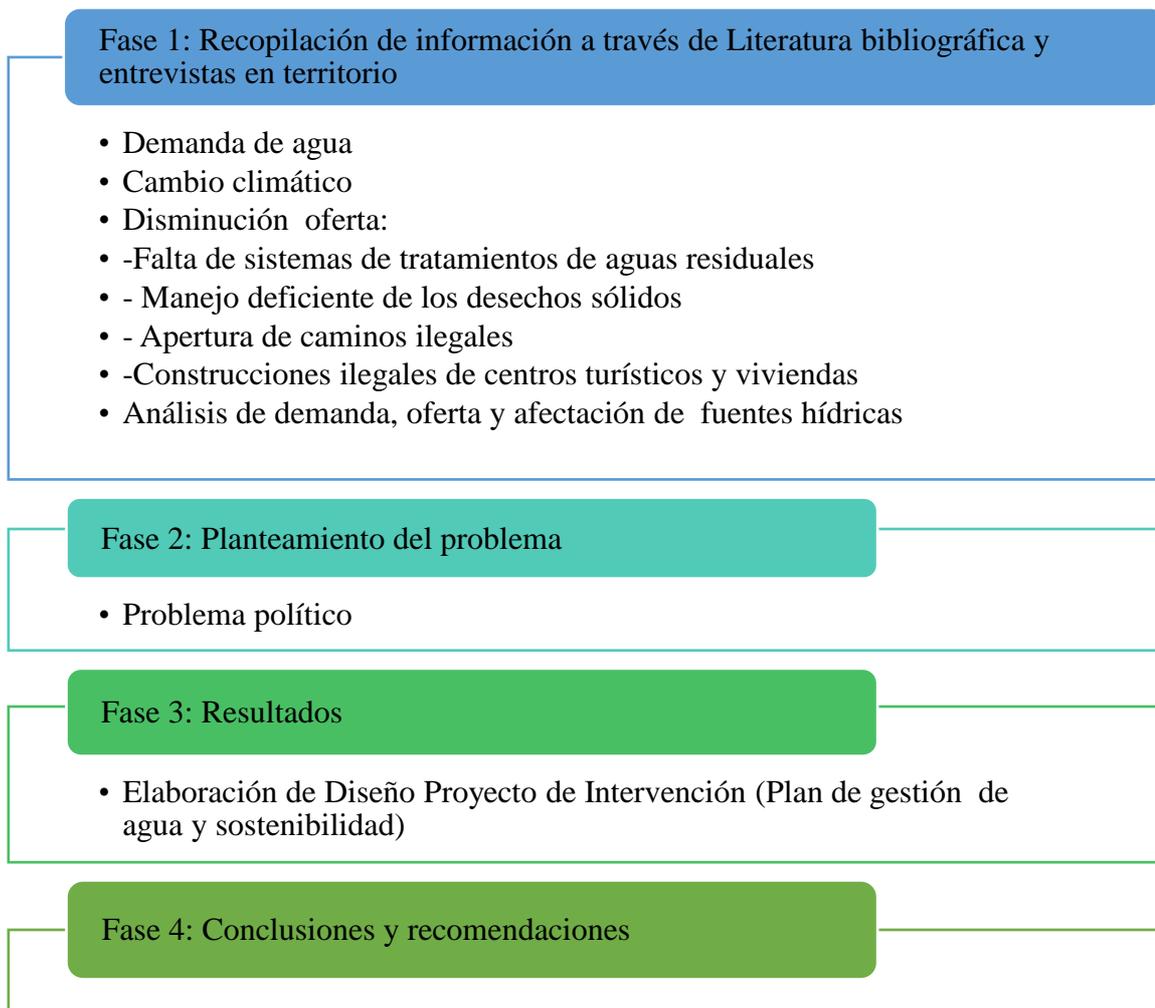


Ilustración 1: Metodología de la investigación realizada

Para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico que proviene de El Cajas, se propone un Plan de Gestión de Agua y Sostenibilidad, que garantice el cuidado de las fuentes hídricas a corto, mediano y largo plazo. Dicho plan se divide en 3 categorías, las cuales son: Administrativa, Innovación y Técnico. Se debe considerar que para que el plan sea efectivo se debe involucrar al gobierno local, la academia, la empresa privada y a la sociedad civil; ya que son los involucrados en el uso del agua, así como en su conservación. A continuación se presentan detalles del proyecto:

Técnico

- Monitoreo y control de la contaminación de fuentes de agua superficiales y subterráneas. La prevención es clave para mitigar daños mayores en las fuentes hídricas, así como la disminución de la oferta.
- Control de la frontera agrícola, es decir, no otorgar más permisos para ganadería, continuar con la compra de terrenos para así ir disminuyendo el impacto negativo causado por el ganado.

Normativa

- Establecer el reglamento que falta al Plan del Uso de Gestión del Suelo (PUGS) sobre las regulaciones de los negocios en El Cajas en toda la zona de recarga hídrica.
- Monitoreo y evaluación continua del estado de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las construcciones que se encuentran en El Cajas.
- Tener una postura firme y hacer respetar la decisión de la consulta popular de “no” a la minería metálica en El Cajas. La minería está contaminando las fuentes de recarga hídrica de El Cajas, lo que causa que se disminuya la calidad y cantidad de la oferta del recurso y por ende la sostenibilidad motivo por el cual en Cuenca la ciudadanía se opuso a la minería.
- Controlar minería legal, ilegal, en pequeña y gran escala en las zonas de recarga hídrica y poder así evitar la contaminación al agua

Innovación

- Transparentar la información en las planillas de agua y en una web de acceso público, los caudales de los ríos y las fuentes hídricas, para conocer así el ingreso a las plantas de forma mensual. Lo que facilita un control ciudadano, así como investigaciones nacionales e internacionales que benefician al buen uso del recurso (Innovación Digital).
- Construcción de un embalse para garantizar el líquido vital en las sequías (mediano plazo) y que además se pueda generar energía limpia que reemplace a la línea de negocios de la telefonía que tenía ETAPA. Si se une o complementan los servicios ofrecidos por Etapa como son el agua y tiene como socio estratégico la empresa de luz, se puede obtener ingresos que ayuden a la inversión en nuevas tecnologías y en el control y adquisición de terrenos en El Cajas .
- Que esta energía se pueda unir a la red nacional y ser distribuida para todo Cuenca o el país si es necesario, pudiendo llegar incluso a exportar en un futuro.
- El cambio del giro del negocio de la ETAPA EP, es urgente ya que las telecomunicaciones hace varios años han llevado a la empresa a pérdidas, en este momento histórico del país en donde la falta del recurso hídrico compromete el sector estratégico como es la energía eléctrica, la empresa que maneja el agua de los cuencanos debe innovar urgentemente.

Ilustración 2: Plan de Gestión para el cuidado de Fuentes Hídricas

En la propuesta técnica debemos mencionar que actualmente ETAPA EP cuenta con una Red hidrometeorológica, un Radar de medición de lluvias, y un sistema de Monitoreo ecohidrología y Monitoreo de la integridad ecológica de los ríos de Cuenca, (ETAPA EP, 2023) sin embargo, no han sido modernizados. Por lo que se propone en primer lugar que estas estaciones sean revisadas, que los resultados que arrojen sean en línea, que los datos se tabulen con inteligencia artificial y se distribuyan en una plataforma de libre acceso creada por ETAPA EP. Estos costos, no demandan muchos recursos que incluso se pueden gestionar con cooperación internacional para el desarrollo.

Para el control de la frontera agrícola, ETAPA EP mantiene un programa de compra de hectáreas de páramos y bosques protectores en las partes altas de las subcuencas hidrográficas que abastecen de agua a Cuenca, llegando a la actualidad a un total de 19.734 hectáreas (ETAPA, 2023). Sin embargo, esta medida tampoco ha sido suficiente por lo cual se propone que sea ETAPA EP el ente sancionador a todos los particulares que incumplan la normativa en el Parque Nacional Cajas.

Dentro de la propuesta de actualización de la normativa, se debe dar prioridad en el concejo cantonal de Cuenca la creación de las regulaciones faltantes, así como la revisión de las sanciones a quienes infringen la normativa en el área protegida del Cajas.

Por otro lado, en cuanto a la minería metálica en las zonas de recarga hídrica, es obligación de las autoridades de turno hacer respetar la decisión ciudadana, mas aún considerando que mediante convenios suscritos con la Autoridad Ministerial, desde el año 2000, la administración, manejo, regulación y control corresponden a la I. Municipalidad de Cuenca la cual delegó a la Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Saneamiento Ambiental de Cuenca ETAPA EP (ETAPA EP, 2023). A pesar de ello las autoridades han tenido una actitud tibia y han sido los comuneros quienes expulsaron a las grandes mineras y controlan que tampoco se de la minería ilegal. Hay que considerar que esta decisión no consiste en un perjuicio económico para la ciudad, ya que las regalías no cubren ni el pasivo ambiental que nos deja esta actividad. Los tomadores de decisión deben lanzar una campaña urgente de concientización para que

entre todos se realice una contraloría ciudadana que permita hacer cumplir la voluntad de los cuencanos, expresada en la consulta popular.

En el punto de innovación en la generación de energía limpia se ha revisado bibliografía, encontrando una propuesta innovadora en turbinas eco amigables, que no atrapan peces, energía limpia con cero emisión de CO2 y a bajo costo, este sistema denominado turbolent, podría ser la solución, o bien desde la academia y con los convenios interinstitucionales ETAPA EP, debe generar investigación para crear un mecanismo similar.



Figura 6: *Gráfico de Turbulent*

Fuente: *Turbulent*

Considerando que el tema económico ha sido el supuesto limitante para la correcta preservación de las fuentes hídricas, este cambio del giro de negocio en ETAPA EP, podría ser la solución a todos los problemas presentados, ya que al generar el recurso hidroeléctrico e incorporarlo a la red nacional, se estaría generando un ingreso económico considerable que debe ser utilizado en garantizar el recurso hídrico tanto para consumo de los cuencanos como para generación de energía eléctrica para los ecuatorianos.

Para desarrollar el plan que se ha expuesto en esta sección es necesario dejar establecida una metodología de cómo se llevará a cabo.

- I. Mesas de trabajo con la utilización de herramientas como bottom up que permite ir construyendo con los actores, mientras se realiza el trabajo en territorio
- II. Trabajo con la academia quien ha tabulado la información y a la fecha de entrega de este proyecto tiene iniciados varios estudios
- III. Reuniones de socialización con todos los stakeholders, usuarios de los diferentes grupos: residencial, comercial e industrial, dueños de los paradores turísticos

ubicados antes de la captación de agua de las plantas potabilizadoras, fundaciones que actualmente aportan con fondos para los estudios e implementación de planes, organizaciones, asociaciones y colectivos de defensa del agua, academia, autoridades de ETAPA EP, alcalde y concejales de Cuenca.

- IV. Redacción del plan dirigido para ETAPA EP que es la empresa que implementaría, pero sobre todo socializado con las autoridades de turno que son los tomadores de decisión.

Para finalizar, se presenta un cuadro en donde se clasifica a las actividades propuestas en el plan de acuerdo a la urgencia con que deben ejecutarse.

TIPO	MEDIDA	PLAZO
TÉCNICO	•Monitoreo y control de la contaminación de fuentes de agua superficiales y subterráneas.	CORTO
	•Control de la frontera agrícola, es decir, no otorgar más permisos para ganadería.	CORTO
	•Continuar con la compra de terrenos.	MEDIANO
NORMATIVA	•Establecer el reglamento que falta al Plan del Uso de Gestión del Suelo (PUGS) sobre las regulaciones de los negocios en El Cajas en toda la zona de recarga hídrica.	CORTO
	•Monitoreo y evaluación continua del estado de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las construcciones que se encuentran en El Cajas.	CORTO
	•Postura firme y hacer respetar la decisión de la consulta popular de “no” a la minería metálica en El Cajas.	CORTO
	•Controlar minería legal, ilegal, en pequeña y gran escala en las zonas de recarga hídrica.	CORTO
INTERVENCIÓN	•Transparentar la información en las planillas de agua y en una web de acceso público.	CORTO
	•Construcción de un embalse para garantizar el líquido vital en las sequías (mediano plazo).	MEDIANO
	•Que esta energía se pueda unir a la red nacional.	MEDIANO
	•Cambio del giro del negocio de la ETAPA EP.	MEDIANO

Tabla 4: Temporalidad de las actividades propuestas en el Plan de Gestión para el cuidado de las Fuentes Hídricas.

Fuente: Propia

Vacíos de conocimiento y direcciones futuras de investigación

El conocimiento interdisciplinario es necesario para lograr una gestión sostenible de los recursos naturales. Sin embargo, la investigación todavía se desarrolla a menudo de manera exclusivamente disciplinaria, lo que obstaculiza la capacidad de abordar las cuestiones ambientales de manera integral (Mosquera, et.al., (2023)

El limitado conocimiento de la ecohidrología (relaciones e interacciones entre procesos hidrológicos y ecológicos) de los pajonales andinos, especialmente en condiciones de degradación, fragmentación y conversión, obstaculiza los esfuerzos de varias instituciones interesadas en la gestión sostenible de estos ecosistemas, como las empresas de agua que requieren proporcionar un suministro de agua confiable a los usuarios aguas abajo. (Mosquera, et. Al, 2022).

A más de los vacíos e temas técnico, hace falta un estudio político y económico del manejo del recurso hídrico en la ETAPA EP, durante las varias administraciones se conoce a esta empresa como la caja chica de los gobiernos de turno, es decir usan indiscriminadamente los recursos para conciertos, eventos, fiestas de la ciudad o para publicitarse las autoridades de turno y no se ha realizado un estudio sobre la influencia de las autoridades de turno en la empresa municipal y sobre todo en la gestión del agua.

CONCLUSIONES

Después de analizar el estado actual y los datos histórico relacionados con el cuidado y gestión de las fuentes hídricas en Cuenca, se concluye que la falta de una gestión eficiente ha resultado en una disminución tanto en la calidad como en la cantidad de agua disponible para la ciudad. Este problema se ve agravado por el rápido crecimiento demográfico experimentado, especialmente hasta el año 2020.

Impacto del crecimiento demográfico: El crecimiento acelerado de la población, especialmente hasta el año 2020, ha ejercido una presión considerable sobre los recursos hídricos disponibles en Cuenca, haciendo urgente una gestión adecuada y sostenible del agua.

Degradación de la calidad del agua: La falta de medidas efectivas para preservar la calidad del agua está causando una seria contaminación del recurso hídrico, lo que representa una amenaza para la salud pública y el medio ambiente.

Disminución de la cantidad de agua disponible: La contaminación de las fuentes hídricas han provocado una reducción en la cantidad de agua disponible para abastecer las necesidades de la ciudad, lo que plantea desafíos significativos para el suministro de agua potable.

Importancia de una gestión integral: Para abordar estos desafíos de manera efectiva, es fundamental adoptar un enfoque integral que considere aspectos técnicos, legales, innovadores y de participación ciudadana en la gestión y preservación de los recursos hídricos.

Necesidad de acciones urgentes: Ante la urgencia de la situación, es imperativo implementar medidas concretas y coordinadas que permitan revertir la degradación de las fuentes hídricas y garantizar un suministro sostenible de agua para las generaciones futuras.

En resumen, las conclusiones del proyecto resaltan la importancia crítica de una gestión responsable y sostenible del agua en Cuenca, así como la necesidad de tomar acciones inmediatas para enfrentar los desafíos actuales y futuros relacionados con este recurso vital.

Los estudios que abordan directamente el uso, el acceso y la gobernanza del agua en las comunidades de páramo siguen siendo limitados. Confiamos en que este resumen integral de diversas disciplinas se convierta en un punto de referencia para promover el diálogo entre individuos y organizaciones comprometidos con la gestión sostenible de los recursos naturales del páramo, tanto desde una perspectiva interdisciplinaria como transdisciplinaria.

REFERENCIAS

- Barlow, M., & Clarke, T. (2002). *Blue Gold: The Fight to Stop the Corporate Theft of the World's Water*. New York: The New Press.
- Bartram, J., Baum, R., Coclanis, P., Gute, D., Kay, D., Lenton, R., et al. (2015). Global Monitoring of Water Supply and Sanitation: History, Methods and Future Challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(9), 11359–11386. <https://doi.org/10.3390/ijerph120911359>
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., Hofstede, R., 2006a. *Impacto humano en la hidrología de los páramos andinos*. *Reseñas de Ciencias de la Tierra*. Vol 79, pag. 53–72. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.002>.
- Cedeño, P. (2023). *El agua en el Ecuador y su marco legal*. Quito: Editorial Legis.
- Cedeño Castillo, C., & Esteves-Fajardo, Z. (2023). *El acceso al agua en Ecuador: Impacto y posibles soluciones*. *CIENCIAMATRIA*, 9(1), 496-507. <https://doi.org/10.35381/cm.v9i1.1077>
- Célleri, R. (2009). *Los ecosistemas de páramo como reguladores del recurso hídrico*. Quito: Abya-Yala.
- Célleri, R., Feyen, J., 2009. "La Hidrología de los Ecosistemas Andinos Tropicales: Importancia, Estado del Conocimiento y Perspectivas", *Investigación y Desarrollo de Montaña*, 29(4), 350-355. <https://doi.org/10.1659/mrd.00007>.
- Célleri, R., Crespo, P., Mosquera, G., Ochoa-Sánchez, A., Pesántez, J. (2023). *Hidrología de los páramos en el Ecuador*. DOI:10.18272/usfqpress.71.c259.
- Chapin III, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (2002). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. New York: Springer.
- Constitución de la República de Ecuador [CRE]. Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008 (Ecuador). <https://bit.ly/2B93igI>

- Deutsche Zusammenarbeit. (2016). La implementación de la Nueva Agenda Urbana. Experiencias y aportes desde América Latina. Quito: GIZ.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., et al. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(2), 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- El Expreso. (18 de noviembre de 2023). *El Cajas sufre el impacto de la creciente oferta turística y de la contaminación*. <https://www.expreso.ec/actualidad/cajas-sufre-impacto-creciente-oferta-turistica-contaminacion-179787.html>
- El Mercurio. (9 de marzo de 2020). *En 2030 habrá escasez de agua en Cuenca*. <https://elmercurio.com.ec/2020/03/09/en-2030-habra-escasez-de-agua-en-cuenca/>
- El País. (22 de marzo de 2010). El agua contaminada causa más muertos que cualquier guerra. El País, pág. 3. Obtenido de https://elpais.com/sociedad/2010/03/22/actualidad/1269212403_850215.html
- ETAPA EP, Ministerio de Ambiente. (2018). *Actualización del Plan de manejo del Parque Nacional Cajas*.
- ETAPA EP. (2018). *Conservación de recursos naturales y protección de fuentes de agua en áreas de recarga hídrica*.
- ETAPA EP. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cuenca*. <http://www.etapa.net.ec/index.php/etapa/pdot>
- ETAPA EP. (2023). *Conservación y manejo de áreas protegidas municipales*. <https://www.etapa.net.ec/gestion-ambiental/conservacion-y-manejo-de-areas-protegidas-municipales/>
- Ethic.es. (2019). *Agua dulce, el nuevo oro líquido*. Recuperado de <https://ethic.es/2019/03/agua-dulce-nuevo-oro-liquido/>

- Gleick, P. H. (1998). *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington, DC: Island Press.
- Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y., et al. (2013). A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways – Part 1: Water use. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(7), 2375–2391. <https://doi.org/10.5194/hess-17-2375-2013>
- Jouravlev, Andrei., & United Nations. Economic Commission for Latin America and the Caribbean. División de Recursos Naturales e Infraestructura. (2003). *Los municipios y la gestión de los recursos hídricos*. CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura.
- Maldonado-Cruz, J. (2023). *Ecosistemas acuáticos en Ecuador*. Quito: Ediciones Ecos.
- Martínez, E. (2017). *Los Municipios ecuatorianos y la prestación de servicios básicos*. Guayaquil: Editorial Universidad de Guayaquil.
- Mejía, E., Rodas, V., (2024). *Segmentación De Usuarios Por Consumo De Agua Potable, Mediante Técnicas De Clustering*.
- MIDUVI, Norma Hidrosanitaria NHE agua, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Ecuador Std., 2011. Available: <https://goo.gl/YdmRda>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2019). *Ministerio del Ambiente y Agua*. <https://www.ambiente.gob.ec/>
- Mosquera, G.M., Marín, F., Stern, M., Bonnesoeur, V., Ochoa-Tocachi, B.F., RománDañobeytia, F., Crespo, P., 2022. *Avances en la comprensión de la hidrología de los pastizales andinos de altura bajo cambios de uso del suelo*. *Ciencia del Medio Ambiente Total*. 804, 150112. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.150112>.

Mosquera, G., Marín, F., Stern, M., Bonnesoeur, V., Ochoa-Tocachi, B., Román-Dañobeytia, F. (2022). *Servicios ecosistémicos hídricos de los pajonales altoandinos: ¿Qué sabemos?* DOI:10.13140/RG.2.2.30298.21443.

Mosquera G., Hofstede, Bremer, L., Asbjornsen H., Carabajo-Hidalgo A., Célleri R., Crespo P., Esquivel-Hernández G., Feyen J., Manosalvas R., Marín F., Mena-Vásquez P., Montenegro-Díaz P., Ochoa-Sánchez A., Pesántez J., Riveros-Iregui D., Suárez E. (25, mayo,2023). Frontiers in páramo water resources research: A multidisciplinary assessment. *Science of the Total Environment*. Vol. 892 (2023) 164373. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164373>

Naciones Unidas. (10 de Marzo de 2024). *Naciones Unidas, Derechos Humanos. Obtenido de El ACNUDH y los derechos al agua y al saneamiento*. <https://www.ohchr.org/es/water-and-sanitation#:~:text=Los%20derechos%20humanos%20al%20agua%20y%20al%20saneamiento%20son%20esenciales,camino%20hacia%20el%20desarrollo%20sostenible>.

Naciones Unidas. (10 de Marzo de 2024). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Ochoa-Sánchez, A., Crespo, P., Willems, P., Célleri, R., Guzmán, P., Alvarado-Carrión, M., Ochoa, J., García, J., Núñez, S., Rodas, V., Guerrero, R., Marín, MA, y Sánchez, G.: *Gestión sostenible del agua en el sur del Ecuador: disponibilidad de agua bajo el cambio climático y estrategias de adaptación.*, Asamblea General EGU 2024, Viena, Austria, 14 –19 de abril de 2024, EGU24-3204, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-3204>, 2024.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Directrices de la OMS para la Calidad del Agua Potable*. OMS.

- Plan V, (18, abril, 2021). *Cuenca: el voto popular que pone en jaque a la minería a gran escala*. <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/cuenca-el-voto-popular-que-pone-jaque-la-mineria-gran-escala>
- Primicias, (29, noviembre, 2023). *Precio del agua en Cuenca aumentará en 2024, por ajuste del subsidio*. [https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/precio-agua-cuenca-etapa-subsidio/#:~:text=Seg%C3%BAn%20Etapa%2C%20el%20consumo%20de,las%20Naciones%20Unidas%20\(ONU\).](https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/precio-agua-cuenca-etapa-subsidio/#:~:text=Seg%C3%BAn%20Etapa%2C%20el%20consumo%20de,las%20Naciones%20Unidas%20(ONU).)
- Ruiz, D., Buytaert, W., Ramírez, M., Bièvre, B., Célleri, R., & Feyen, J. (2008). Estimation of the water balance components of tropical Andean catchments using remote sensing and in situ observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12(4), 1065–1075. <https://doi.org/10.5194/hess-12-1065-2008>
- Salazar, A. (15 de diciembre de 2020). La disputa por el agua en Cuenca, Ecuador. *Agenda Pública*. <https://agendapublica.es/noticia/16674/disputa-agua-cuenca-ecuador>
- UNESCO. (2009). *Water in a Changing World: The United Nations World Water Development Report 3*. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris: UNESCO.
- Universidad de Cuenca. (mayo de 2024). PROMAS. <https://www2.ucuenca.edu.ec/ingenieria/departamentos/departamento-ingenieria-civil/promas>
- UN-Water. (2018). *Integrated Monitoring Guide for Sustainable Development Goal 6 on Water and Sanitation*. Geneva: UN-Water.
- Wiese, M. (Dirección). (2022). *This Stolen Country of Mine* [Película].