

**Portal Web geográfico para apoyar la planificación del recurso
hídrico en La Unión, Valle del Cauca**

Fabiana Jaramillo Urdinola

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director:

M.Sc. Omar Castrillón Osorio

Línea de Investigación

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2024

Agradecimientos

A mi familia por su apoyo incondicional, principalmente a mi hermana, a mi mamá y a mi tía Claudia.

A mi compañero Kevin Varón por su ayuda, dedicación y por creer siempre en mí.

*A Mónica Andrea Rivera por su guía y conocimiento,
y finalmente a mi amiga Lina Marcela Arciniegas por su paciencia y ayuda.*

Resumen

En este trabajo, se ha creado un portal web geográfico con el propósito de respaldar la planificación del recurso hídrico en el municipio de La Unión. La información geográfica necesaria se recopiló de diversas entidades y plataformas, siendo posteriormente analizada mediante una metodología construida a partir de la revisión bibliográfica. Esta metodología se basa en el Análisis Multicriterio, en la cual se seleccionaron criterios para identificar áreas de importancia estratégica en la conservación del recurso hídrico.

Los resultados de este análisis se presentan en salidas cartográficas generadas mediante el uso de herramientas de Información Geográfica, conformando una galería de mapas disponible en el portal web. Esta galería facilita a los responsables de la toma de decisiones y a la comunidad en general el reconocimiento de zonas que requieren priorización en la aplicación de estrategias eficaces de conservación. La información resultante puede ser descargada, lo que simplifica su análisis y revisión por parte de los interesados.

Palabras clave: Recurso hídrico, Sistemas de Información Geográfica, Portal Web, ArcGIS

Abstract

In this work, a geographic web portal has been developed to support water resource planning in the municipality of La Unión. Geographic information was collected from various entities and platforms, and subsequently analyzed through a methodology constructed based on a literature review, grounded in Multicriteria Analysis. Criteria were selected to identify areas of strategic importance for water resource conservation, and the results were cartographic outputs developed using Geographic Information tools, generating a gallery of maps available on the web portal. This facilitates decision-makers and the community at large in recognizing areas where effective conservation strategies should be prioritized. The resulting information is available for download, simplifying its analysis and review.

Keywords: Water resource, Geographic Information Systems, Web portal, ArcGIS

Contenido

Pág.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN	10
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.3 JUSTIFICACIÓN	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. ANTECEDENTES	18
4. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL	25
5. REFERENTE TEÓRICO	29
5.1 PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	29
5.2 ÁREAS DE IMPORTANCIA ESTRATÉGICA PARA LA CONSERVACIÓN	31
5.3 ANÁLISIS MULTICRITERIO	32
5.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y ANÁLISIS MULTICRITERIO	33
5.4.1 ArcGIS Hub	34
6. METODOLOGÍA	36
6.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	37
6.2 ENFOQUE METODOLÓGICO	38
6.3 PROCEDIMIENTO	39
6.3.1 Fase 1. Revisión del estado del arte	39
6.3.1.1 Actividad 1. Revisión bibliográfica	40
6.3.1.2 Actividad 2. Proposición de métodos y herramientas a usar	40
6.3.2 Fase 2. Recopilación de la información	47
6.3.2.1 Actividad 1. Recopilación de la información primaria	47
6.3.2.2 Actividad 2. Recopilación de la información secundaria.....	48
6.3.2.3 Actividad 3. Ajuste y revisión de la información.....	48
6.3.2.4 Actividad 4. Relacionamiento de la información geográfica con los criterios seleccionados	49
6.3.3 Fase 3. Análisis de la información y generación de salidas cartográficas.....	49
6.3.3.1 Actividad 1. Aplicación de los criterios.....	50
6.3.3.2 Actividad 2. Identificación de las áreas de importancia estratégica.....	61
6.3.3.3 Actividad 3. Diseño de salidas cartográficas	62
6.3.4 Fase 4. Implementación de un portal web como herramienta de planificación	62
6.3.4.1 Actividad 1. Creación de la galería de mapas	63
6.3.4.2 Actividad 3. Creación del portal web en ArcGIS Hub	66

6.3.4.3	Actividad 4. Socialización del portal web con actores sociales	67
7.	RESULTADOS	68
7.1	REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	68
7.1.2	Resultado de la revisión bibliográfica	68
7.1.3	Métodos y herramientas a usar.....	71
7.2	RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN	73
7.2.1	INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA	73
7.2.2	AJUSTE Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN	76
7.3	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y GENERACIÓN DE SALIDAS CARTOGRÁFICAS	77
7.3.1	APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS	77
7.3.2	ÁREAS DE IMPORTANCIA ESTRATÉGICA	87
7.4	PORTAL WEB GEOGRÁFICO.....	88
8.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
9.	CONCLUSIONES	94
10.	RECOMENDACIONES	96
11.	REFERENCIAS.....	99

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1	36
Figura 2	38
Figura 3	50
Figura 4	51
Figura 5	52
Figura 6	52
Figura 7	53
Figura 8	54
Figura 9	55
Figura 10	56
Figura 11	56
Figura 12	57
Figura 13	58
Figura 14	59
Figura 15	59
Figura 16	60
Figura 17	61
Figura 18	64
Figura 19	64
Figura 20	65
Figura 21	67
Figura 22	77
Figura 23	78
Figura 24	79
Figura 25	81
Figura 26	82
Figura 27	83
Figura 28	85
Figura 29	86
Figura 30	87
Figura 31	88
Figura 32	89
Figura 33	90
Figura 34	91
Figura 35	91
Figura 36	92

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1	41
Tabla 2	42
Tabla 3	43
Tabla 4	44
Tabla 5	44
Tabla 6	45
Tabla 7	46
Tabla 8	46
Tabla 9	49
Tabla 10	69
Tabla 11	72
Tabla 12	74

Lista de símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>CVC</i>	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
<i>RUT</i>	Roldanillo, La Unión, Toro
<i>ODS</i>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<i>SARA BRUT</i>	Sistema de Abastecimiento Regional de Agua Potable
<i>ONU</i>	Organización de las Naciones Unidas
<i>PGAR</i>	Plan de Gestión Ambiental Regional
<i>POMCA</i>	Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
<i>PORH</i>	Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico
<i>EMC</i>	Evaluación Multicriterio
<i>IGAC</i>	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
<i>RNSC</i>	Reservas Naturales de la Sociedad Civil
<i>PSA</i>	Pago por Servicios Ambientales

1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación

En el siguiente apartado se aborda la problemática relacionada con la planificación del recurso hídrico en el municipio de la Unión, Valle del Cauca, donde la disminución de calidad y cantidad del agua son problemas evidentes; la dependencia del abastecimiento hídrico de fuentes externas y las presiones ambientales agravantes plantean la necesidad de incluir la hidrología en la planificación municipal, utilizando herramientas que enmarquen diferentes aspectos, como los Sistemas de Información Geográfica.

1.1 Descripción del área problemática

Según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de 2021, se estima que el 80% del total de aguas residuales industriales y municipales se vierte al medio ambiente sin tratamiento previo. Cerca del 45% de la población mundial, carece de acceso a instalaciones de saneamiento seguras y según evaluaciones independientes, para el año 2030, el mundo enfrentará un déficit global de agua del 40%.

Los principales desafíos para América Latina y El Caribe, se relacionan con cuatro variables que se encuentran asociados a la seguridad hídrica: acceso de la población al agua potable

y saneamiento, conservación de cuerpos de agua, desarrollo productivo sostenible y control de riesgos relacionados con sequías e inundaciones (**Estévez Valencia, Herrera Ascencio, & Tiribocch, 2019**).

En Colombia, más del 80% de los asentamientos urbanos de los municipios se abastecen de fuentes muy pequeñas, de baja capacidad de regulación como: arroyos, quebradas, riachuelos, entre otros, sin sistemas de almacenamiento, por lo que una buena parte de la población y su abastecimiento de agua es altamente vulnerable (Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, 2010).

Dentro de la planificación del recurso hídrico es fundamental reconocer el sistema hídrico, para esto los sistemas de información geográficos apoyan de tal modo que permiten la recopilación y el análisis de los datos.

El presente trabajo se centra en el municipio de La Unión, Valle del Cauca, ubicado sobre la ribera occidental del río Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central. La topografía del municipio presenta una zona montañosa y otra plana, esta condición hace que algunas de las fuentes que nacen en la zona alta desemboquen al río Cauca o en su defecto al canal interceptor del distrito de riego RUT. En cuanto a la dimensión hidrológica, se destacan las quebradas El Jordán, La Sonora, El Rincón, El Salto, por ser abastecedoras del acueducto municipal (Proagua, 2014), las cuales presentan un índice de escasez significativo con altas probabilidades de sequía y tendencia a pérdida de la calidad debido a la presión antrópica (Marin Arango, 2019).

El municipio pertenece a la cuenca hidrográfica RUT, un área que comprende a las unidades hidrográficas de las corrientes naturales superficiales de Roldanillo, La Unión y Toro (Contraloría Departamental del Valle del Cauca, 2011). El municipio obtiene aproximadamente el 80% del agua para abastecimiento de la represa Guacas SARA BRUT, ubicado en el municipio de Bolívar, Valle del Cauca, el otro 20% es abastecido por los acueductos rurales, los cuales se surten principalmente de fuentes hídricas que no nacen en el municipio, por lo tanto, se hace necesaria la planificación del recurso hídrico; sin embargo, hay agravante y es la ausencia de la información geográfica que limita el conocimiento del sistema hídrico superficial.

1.2 Formulación del problema

El agua es sin duda uno de los recursos más importantes para el sostenimiento de la vida en la Tierra y para el desarrollo de las diferentes actividades del ser humano. Es común escuchar que debe cuidarse, que su disponibilidad es limitada, sin embargo, en la actualidad sigue siendo un tema de preocupación mayor, prueba de ello, es su inmersión dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) donde se establece «garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos».

Por esta razón, surge la necesidad de reconocer la importancia de la hidrología dentro de la estructura ecológica principal en distintos niveles territoriales, abarcando desde la escala global hasta la local, con un enfoque particular en los municipios y los planes de desarrollo. Es crucial destacar que la planificación de los recursos hídricos se lleva a cabo desde las cuencas hidrográficas. En este proceso, resulta fundamental examinar diversos aspectos, tales como la ubicación de los nacimientos de las fuentes hídricas, las áreas de recarga de acuíferos, las franjas

hídricas en torno a los cuerpos de agua, así como los humedales, lagos, lagunas, entre otros elementos.

Esta evaluación detallada permite identificar las presiones que afectan a los recursos hídricos, facilitando la toma de decisiones precisa para la conservación de este vital recurso.

En la actualidad, se encuentra una considerable cantidad de información, aunque parte de ella está desactualizada y proviene de diversas organizaciones, tanto públicas como privadas. Sin embargo, su accesibilidad se ve restringida debido a la diversidad de formatos en los que se presenta (Ordóñez Córdoba , 2009). Esta disparidad dificulta el aprovechamiento eficiente de los datos, obligando a los investigadores a comenzar desde cero al emprender la recopilación de información. Esto genera un inconveniente adicional, ya que limita la utilización efectiva de estos recursos a los funcionarios encargados de tomar decisiones relacionadas con la preservación del recurso hídrico. Por este motivo, en este proyecto se plantea la consolidación de información geográfica y su análisis con el fin de presentarla a través de un portal web accesible para diversos usuarios. Este portal permitirá la visualización, descarga y generación de nuevos productos a partir de datos relevantes, tales como las áreas de expansión de la frontera agropecuaria, el crecimiento urbano, los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, las ubicaciones de las bocatomas, entre otros, permitiendo reconocer las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico.

Por lo anterior, se propone como pregunta de investigación:

¿Es posible mediante un portal web geográfico apoyar la planificación del recurso hídrico en el municipio de La Unión, Valle del Cauca?

1.3 Justificación

Para generar estrategias y acciones que estén encaminadas a conservar y proteger los recursos naturales, es necesario conocer sus dinámicas y comportamientos dentro del territorio mediante el monitoreo, la gestión y la planificación.

En el caso de la gestión recurso hídrico se hace fundamental identificar las acciones, actividades e intereses que afectan su disponibilidad y calidad, para de esta manera lograr tomar decisiones que aseguren la permanencia de este a las futuras generaciones.

Las comunidades rurales son las principales afectadas por la poca disponibilidad de agua potable, esto debido a las presiones que se han acrecentado en los últimos años y que han disminuido la cantidad y la calidad del recurso hídrico, generando una expropiación del agua y pérdida de soberanía hídrica.

En la actualidad, se llevan a cabo diversos estudios, principalmente a escala de cuencas hidrográficas, con el fin de analizar la disponibilidad de agua, teniendo en cuenta tanto la oferta como la demanda. Sin embargo, se enfrenta a un desafío significativo en ciertos territorios, como es el caso del municipio de La Unión. La carencia de registros hidroclimatológicos suficientes y la falta de información adecuada constituyen obstáculos importantes para llevar a cabo un

análisis preciso en la planificación del recurso hídrico. Además, las estaciones meteorológicas existentes no proporcionan información de fácil acceso, ya que no hay una base de datos consolidada que almacene los datos ni esté disponible para otras instituciones. Esta falta de acceso impide la utilización efectiva de la información, lo que a su vez dificulta la toma de decisiones informadas sobre el estado actual y el comportamiento del agua en el territorio.

En consecuencia, la falta de datos precisos sobre la oferta y demanda del recurso hídrico requiere la implementación de medidas integrales que aborden todos los procesos relacionados con el agua en el territorio como un sistema interconectado, de esta manera, será posible obtener una visión completa y precisa de la situación, permitiendo una gestión más efectiva y sostenible de la oferta hídrica.

En varias investigaciones, se emplean datos para calcular variables como la demanda, la oferta y la calidad del agua, sin embargo, se presta poca atención a las presiones y los puntos donde ocurren impactos directos; es en estos lugares específicos donde resulta crucial actuar para prevenir la escasez y el deterioro del recurso hídrico, fortaleciendo así la gestión y la planificación integral en torno a él.

Para identificar estas presiones o criterios a tener en cuenta que afectan el recurso hídrico, se plantea la implementación de un Sistema de Información Geográfico que contenga: datos de precipitación, información topográfica (modelos digitales de elevación), caudales, usos del suelo, calidad del agua, infraestructura hídrica, datos de vulnerabilidad y riesgo, entre otros, que permitan a los usuarios finales la toma de decisiones informadas.

La identificación de estos datos a través de un SIG permitirá tomar decisiones acertadas, ya que se podrán analizar diversos parámetros relacionados con el recurso hídrico. Esto, a su vez, contribuirá con la planificación del territorio, beneficiando a la comunidad y mejorando su calidad de vida, al mismo tiempo que se protege la biodiversidad.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Implementar un portal Web Geográfico usando ArcGIS Hub como apoyo para la planificación del recurso hídrico, en el municipio de La Unión, Valle del Cauca

2.2 Objetivos específicos

Revisar las metodologías clave en el estado del arte para impulsar el desarrollo del proyecto

Recopilar y organizar la información geoespacial como insumo para la planificación del recurso hídrico

Analizar espacialmente la información para identificar zonas clave en la conservación del recurso hídrico, generando salidas cartográficas disponibles en un portal web geográfico para la planificación y seguimiento del recurso

Crear un portal web como herramienta para la consulta de la ciudadanía de las zonas de conservación del recurso hídrico que facilite la toma decisiones

3. Antecedentes

Reconocer el estado de las cuencas hidrográficas y comprender la situación del recurso hídrico en los territorios es fundamental para tomar decisiones adecuadas en la planificación. Sin embargo, para generar estrategias y acciones efectivas orientadas a la conservación y protección de los recursos naturales, es necesario contar con un conocimiento profundo de sus dinámicas y comportamientos en el territorio. Esto se logra mediante un proceso continuo de monitoreo y gestión (Hernandez, Lopez, & Moya, 2019). El monitoreo sistemático de las cuencas hidrográficas y del recurso hídrico proporciona información actualizada y precisa sobre su calidad, cantidad y distribución espacial, permite identificar tendencias, detectar problemas y evaluar el impacto de las actividades humanas en el entorno hídrico.

La gestión adecuada del recurso hídrico implica tomar decisiones informadas y basadas en evidencia; mediante la recolección y análisis de datos, se puede evaluar la disponibilidad y demanda de agua, identificar áreas críticas que requieren medidas de conservación, establecer prioridades de uso y distribución equitativa, y promover prácticas sostenibles de gestión del agua. Además, la gestión eficiente implica la coordinación entre diferentes actores y la implementación de medidas preventivas y de mitigación para preservar la calidad y disponibilidad del agua a largo plazo.

Para garantizar el desarrollo sostenible del territorio y una correcta gestión de los recursos naturales es fundamental el uso de herramientas específicas que ayuden a gestionar, planificar y

tomar decisiones informadas (Conti Giménez, Cabezón Gonzales, & Rendas da Silva, 2010), en este caso, los Sistemas de información Geográficos.

Dentro del ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se destacan las herramientas web, las cuales desempeñan un papel fundamental en la democratización de la información geográfica. Comúnmente, la información se encuentra en formatos análogos, desarticulada y de difícil acceso. En este contexto, Arenas Quiñones, Gómez Santamaría y Isaza Rengifo (2017) proponen el desarrollo de una aplicación web SIG que facilite la gestión de concesiones de agua superficial en el Valle del Cauca.

En su investigación, resaltan que la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) ha implementado en la última década un Sistema de Información Ambiental Corporativo denominado GEOCVC. Este sistema tiene como objetivo principal crear una línea base espacial (geográfica) de los recursos naturales, permitiendo el análisis y modelado de la información de las cuencas hidrográficas. GEOCVC se ha convertido en un instrumento invaluable para la planificación de los recursos naturales, incluida la gestión integrada del recurso hídrico.

En el proyecto en cuestión, gran parte de la información utilizada proviene de este Geovisor. Arenas Quiñones, Gómez Santamaría y Isaza Rengifo (2017) utilizaron este sistema para complementar su proyecto de concesiones de aguas, logrando que la Corporación cuente por primera vez con una estructura de datos espacial para almacenar la información correspondiente a las concesiones de agua superficial en el territorio, de acuerdo con los estándares actuales.

Del mismo modo, Ramírez et al. (2014) proponen en su investigación el desarrollo de una herramienta de Sistemas de Información Geográfica web. El objetivo principal es proporcionar información de fácil acceso sobre el estado de los recursos naturales en una cuenca específica. Esta herramienta implementa perfiles que permiten tanto la consulta de información como la publicación de nuevos datos y la administración de la información.

Los resultados obtenidos indican que la herramienta web es efectiva para respaldar la toma de decisiones, promoviendo la conservación y el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico. La herramienta facilita la captura, georreferenciación y análisis de información pertinente. Estos hallazgos subrayan la importancia de aplicar el uso de estos sistemas no solo en la cuenca estudiada, sino también en otras regiones y unidades territoriales de Colombia.

Para priorizar las áreas a intervenir dentro de la gestión del recurso hídrico, Sánchez, et al., (2011) proponen un Análisis Multicriterio como método, donde identificaron los usuarios del agua, por medio de generación de información primaria y revisión de información secundaria, posteriormente digitalizaron la información a través de un SIG, donde con ayuda de diferentes criterios priorizaron las áreas de manejo de la calidad y cantidad del agua, obteniendo como resultados que las diferentes actividades de la comunidad ejercen en diferentes medidas presión sobre el agua, lo cual origina cambios en las condiciones de esta, determinando que en el área de estudio no existen causas naturales de deterioro de la calidad del agua, es decir, son generados por presiones antropogénicas.

Del mismo modo, Erazo, (2019) en su investigación hace referencia a la aplicación de los SIG en la gestión del recurso hídrico mediante el procesamiento de datos geográficos con la

finalidad de visualizar la información de la cuenca que permita facilitar la planificación de esta, obteniendo como resultado la creación de un geovisor que permite analizar diversas variables, encontrando como limitante la necesidad de seguir actualizando la información y comprobando en campo los datos, por esto, reconoce que es fundamental que estos procesos hagan parte de la planificación territorial y no queden ajenos a la comunidad.

Los Sistemas de Información Geográficos son una de las herramientas más utilizadas al momento de monitorear y planificar el uso de los recursos naturales; en el caso del recurso hídrico, la literatura más reciente se enfoca principalmente en la evaluación de eventos como la sequía, las inundaciones y la disponibilidad del agua, teniendo en cuenta la afectación del cambio climático, como lo mencionan Topçu y Güvel (2021) las herramientas SIG contribuyen al análisis y evaluación del riesgo de sequía con la capacidad de mapear cambios espaciales y temporales.

Así mismo, se ha demostrado la utilidad de los SIG para la evaluación y el monitoreo de los recursos hídricos encaminado al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, donde se enfatiza también en las aplicaciones desde la calidad, cantidad, disponibilidad, evaluación y gestión del agua (Dube, Shekede, & Massari, 2022).

Quiroz, Escobar, Martinez, Betancur, & Massone, (2007) analizaron un proyecto en América Latina, sobre la creación de un Sistema de Información Geográfico, donde el primer paso para la elaboración de este SIG consistió en recopilar datos e información relacionada con el recurso hídrico en la zona de estudio, complementando esto con visitas a diferentes parcelas de

la zona, confirmando que la toma de datos en campo y con la comunidad es fundamental. Posteriormente, clasificaron los datos según distintos parámetros como precipitación, temperatura, humedad, caudales superficiales, análisis fisicoquímicos del agua, captaciones, niveles freáticos, contenido isotópico del agua y material fotográfico, además analizaron diversos materiales cartográficos, con la finalidad de diseñar una GEODATABASE. Para representar las tablas, atributos y relaciones de los datos, utilizaron un modelo entidad-relación, lo cual les permitió obtener una plataforma sólida y completa para la gestión y planificación del recurso hídrico en la zona de estudio.

Otro caso de estudio es el desarrollado por Contreras Uribe, Godinez, Caro Becerra, & Preciado Quiroz, donde a través un Sistema de Información Geográfico determinaron los lugares más adecuados para situar cada una de las actividades propuestas en la ordenación del territorio, teniendo en cuenta variables como: precipitación, evaporación, temperatura, relieve, entre otros, donde fue fundamental contar con un marco retrospectivo de 80 años, con la finalidad de determinar la tendencia del sistema ambiental de la zona de estudio. Las variables elegidas, fueron seleccionadas para ofrecer información sobre la cantidad y calidad del recurso agua, tales como: superficies de las actividades productivas; distribución de la población, crecimiento poblacional entre otras. Para sistematizar la información utilizaron diferentes softwares que les permitieron observar la problemática de la cuenca respecto a la escases de agua, obteniendo mapas claros y presentaciones visuales que reflejaron el grado de sobreexplotación a la cual ha sido sometido el acuífero.

Finalmente, el SIG diseñado permitió a los autores, el análisis de los datos, la visualización, despliegue y consulta, la delimitación de polígonos de las zonas vulnerables a las

inundaciones y desastres naturales, proponiendo la creación de una interfaz para que los usuarios finales puedan consultar por si mismos el propio SIG según sus necesidades.

Por otro lado, en cuanto a la identificación de las áreas para la conservación, el uso del análisis multicriterio, permite la correlación de diferentes criterios, tal como lo hicieron Mendoza, y otros (2008) donde la aplicación de dicha metodología les permitió identificar los municipios y subcuencas de mayor prioridad para la aplicación de determinadas políticas ambientales, de igual manera

En Colombia, se ha hablado sobre la implementación de los sistemas de información geográfica que orienten temas como el ordenamiento y la planeación territorial y que a partir de ellos se contruya una base más sólida para definir el futuro de poblaciones y lugares, en cuanto a la distribución espacial de las personas, los recursos, la disposición de espacios geográficos, las estructuras y los distritos económicos y políticos, entre otros. De ahí se ha generalizado el tema de los SIG en el ordenamiento territorial, denominado SIG-OTN, siendo un elemento capaz de conducir a la administración pública para que tome las mejores decisiones frente a las condiciones del lugar en donde se desarrollan (Gutierrez y Urrego, 2011).

Los SIG en Colombia relacionados con la gestión del recurso hídrico, se han implementado con mayor extensión en proyectos de acueductos urbanos, identificación de zonas de riesgo por inundaciones y escasez, entre otros. Calixto (2017) realizó la construcción de un Modelo de las zonas susceptibles a inundaciones, resaltando que los SIG permiten tomar

decisiones para el ordenamiento territorial y para la gestión del riesgo, usando variables y datos geomorfológicos, sobre elevación, suelos, pendiente, entre otros.

4. Referente normativo y legal

En lo que respecta a la normatividad internacional del recurso hídrico, las Naciones Unidas han abordado durante mucho tiempo la crisis mundial asociada con el insuficiente abastecimiento de agua y la creciente demanda para satisfacer las necesidades humanas, comerciales y agrícolas. Destacan eventos significativos como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua (1977), el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental (1981-1990), la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (1992), y la Cumbre para la Tierra (1992), todos enfocados en la gestión del recurso hídrico.

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se destaca el objetivo seis que busca garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, así como el saneamiento para todos (Naciones Unidas, 2018).

En relación con la normativa nacional, la Constitución Política de Colombia consagra derechos y obligaciones para proteger los recursos y asegurar un medio ambiente sano. Asigna competencias a diferentes entes estatales para llevar a cabo tareas de administración, planeación, prevención y defensa del medio ambiente. Es relevante el Artículo 79 que establece: "Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano... es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines".

Por medio del Decreto - Ley 2811 de 1974 se expide el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual define normas generales y detalla los medios para el desarrollo de la Política Ambiental y se proclama el ambiente como un bien común, estableciendo que el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo.

Posteriormente, a través de la ley 99 de 1993 se crea el Ministerio del Medio Ambiente, encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, donde se relacionan funciones como la conservación de cuencas, además, en su artículo 111 se establece la adquisición de áreas de interés para acueductos municipales, donde se declara como áreas de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de los recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales (Cardona Gallego, Marín Marín, Morales Gonzalez, & Zapata Suarez, 2003)

La Ley 152 de 1994 establece las directrices para los Planes de Desarrollo Municipal. En su Artículo 3, se aborda como principio general la sustentabilidad ambiental. En este contexto, la norma establece que los planes de desarrollo deben incorporar en sus estrategias, programas y proyectos criterios que permitan la implementación de acciones orientadas a asegurar una oferta ambiental adecuada para las generaciones presentes y futuras.

El Decreto 1541 de 1978 y el Decreto 1594 de 1984 orientan los procesos de planificación administración y ordenamiento del recurso hídrico, donde se menciona la conservación de las aguas y sus cauces, con la finalidad de asegurar la preservación y protección del recurso.

En la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) (2009) se establece que, en términos generales, se evidencia que existe una afectación de la calidad del recurso hídrico, por lo que se hace necesario disponer de información con mayor cobertura, continuidad y resolución para hacer un diagnóstico más focalizado en el tiempo y en el espacio. Para lograr tal propósito es necesario fortalecer las redes de monitoreo de la calidad del recurso hídrico e integrar la información generada por otras entidades, tales como: autoridades ambientales, enfatizando que los Planes de Ordenamiento Territorial deben ser asesorados por los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) para apoyar la planificación del recurso hídrico, planteando como línea de acción: Promover y apoyar procesos nacionales, regionales y locales para la protección, conservación y restauración de los ecosistemas clave para la regulación de la oferta hídrica.

A nivel departamental, la Política Pública Departamental de Ambiente y Gestión Integral del Recurso Hídrico del Valle del Cauca 2017 – 2027 tiene como uno de sus objetivos garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, articulada al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica.

Por su parte, el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (2015) dispone en su Artículo 24 la adquisición de áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua al acueducto urbano, trabajando conjuntamente para la protección de zonas donde se ubican las bocatomas, declarando de interés público estas áreas.

5. Referente teórico

En este apartado se presentan los conceptos teóricos asociados al problema de investigación propuesto en el presente proyecto, con la finalidad de establecer límites y las bases teóricas para el desarrollo del portal web, haciendo uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como apoyo para la toma de decisiones de planificación asociadas al recurso hídrico.

5.1 Planificación del recurso hídrico

En la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico la gestión se divide en cuatro grupos: planificación, administración, seguimiento, monitoreo y manejo de conflictos. La planificación del recurso hídrico, según la normatividad colombiana debe ser elaborada por las autoridades ambientales a través de instrumentos como el Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR), el plan de acción, los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), resaltando la importancia de asesorar y concertar los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios, ya que estos, a través de otros instrumentos, planifican el manejo de los recursos hídricos.

Bajo esta perspectiva, la planificación se define como una serie de estrategias derivadas del análisis, dirigidas a alcanzar objetivos predefinidos por y para un grupo relativamente grande de actores que dependen y comparten un mismo recurso y territorio (Guzmán Arias & Calvo Alvarado, 2013).

Uno de los principales problemas que tienen los municipios al momento de planificar es la baja capacidad de las administraciones para definir la información necesaria, producirla, manipularla y actualizarla (Molina, López, & Villegas, 2005), lo cual es necesario ya que esto permite a los tomadores de decisiones establecer prioridades de atención frente a un objetivo en particular.

Como alternativa a la problemática expuesta anteriormente, se destacan procesos realizados por lagunas de las autoridades ambientales donde se articula la información a través de herramientas como los sistemas de información geográfica, lo que les ha permitido adelantar la elaboración de modelos y el seguimiento de variables de calidad y cantidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010).

Por lo anterior, las administraciones municipales, las autoridades ambientales y las demás instituciones competentes deben trabajar de manera articulada por la gestión del recurso hídrico, donde los municipios como integrantes del Sistema Nacional Ambiental, deben desarrollar planes, programas y proyectos generales y sectoriales para la gestión integral del recurso hídrico, articulados con los planes de desarrollo regional y nacional.

Esta estrategia de articulación llevará a dinamizar el proceso de planificación del recurso hídrico, partiendo de la necesidad de contar con información actualizada que permita ajustar los planes, programas y proyectos en los diferentes niveles territoriales, siendo necesario mejorar el conocimiento en aspectos sociales, económicos, cartográficos y ambientales, realizando la articulación de la información a través de herramientas como los sistemas de información

geográficos, que permiten la superposición de coberturas para el análisis espacial de la información.

5.2 Áreas de importancia estratégica para la conservación

En este proyecto, se parte del concepto de áreas de importancia para la conservación del recurso hídrico como un espacio geográfico del territorio donde confluyen atributos ambientales, para la provisión o desarrollo de un determinado servicio (Chávez González, González Guillén, & Hernandez de la Rosa, 2014) en este caso el agua.

Del mismo modo, según la normatividad colombiana, el concepto de áreas de importancia estratégica para el manejo de recursos, son todas las zonas vitales comprendidas dentro de un perímetro, necesarias para el mantenimiento, la protección y el cuidado del agua.

Teniendo en cuenta lo anterior, Marquez (1997) plantea que, todos los ecosistemas cumplen funciones ambientales, sin embargo, existen áreas para cualquier unidad territorial que se seleccione, que ejecutan la mayor parte de ellas. Así, en una cuenca, aunque toda el área aporte agua, habrá zonas donde el porcentaje sea mucho mayor (Márquez, 1997), por lo tanto, es posible identificar las áreas donde se encuentran los elementos fundamentales para el mantenimiento de las funciones y la prestación de bienes y servicios ecosistémicos y ambientales; por ello se les considera áreas estratégicas. Es por esto que, la planificación debe

dirigir sus esfuerzos para establecer criterios que prioricen las áreas de importancia estratégica para la conservación y sostenibilidad del recurso hídrico.

Las administraciones municipales tienen la responsabilidad de adquirir predios para la conservación del recurso hídrico, conforme a lo establecido en la Ley 99 de 1993. Este proceso cuenta con el respaldo técnico de las autoridades ambientales regionales, las cuales, en el ejercicio de sus funciones misionales, buscan orientar estas adquisiciones hacia áreas consideradas óptimas desde el punto de vista técnico y ambiental. El objetivo es garantizar el abastecimiento de los acueductos.

Es precisamente por esta razón que el portal web geográfico se presenta como una herramienta valiosa para respaldar la planificación del recurso hídrico. En este espacio, se proporcionará información detallada sobre las áreas a priorizar, así como otros datos relevantes. Esta plataforma se convierte, entonces, en un recurso esencial para facilitar la toma de decisiones tanto de las instituciones involucradas como de otros actores interesados en el manejo adecuado de este recurso vital.

5.3 Análisis Multicriterio

Para priorizar las áreas estratégicas para la conservación, existen diferentes metodologías tanto cuantitativas como cualitativas, en el caso de esta investigación, se realizó una revisión de diferentes investigaciones, con la finalidad de aplicar una metodología acorde a las necesidades del territorio, teniendo en cuenta los diferentes criterios que permitieran sobreponer información y elegir las áreas más importantes; esta sobreposición de capas, permite el análisis multicriterio.

El Análisis Multicriterio se ha convertido en una herramienta valiosa para lidiar con condiciones multivariadas complejas, facilitando la toma de decisiones para el manejo de los

recursos; para esto, es necesario la identificación y selección de criterios que faciliten determinar la condición del recurso o su estado de sostenibilidad (Sánchez Campos, 2003).

5.4 Sistemas de Información Geográfica y Análisis Multicriterio

El mundo real es representado espacialmente por los SIG como una superposición de capas temáticas que utilizan, en el formato vector, líneas, polígonos y puntos para representar los diferentes elementos de cada capa presentes en un área definida. Los atributos de los elementos de cada capa temática se almacenan en una base de datos. Los formatos ráster y TIN, por su parte, están constituidos por celdas o píxeles en el primer caso, o por triángulos que cubren de manera continua el área de estudio, con un valor asignado a cada celda para la variable de estudio. Un SIG integra las operaciones fundamentales de las bases de datos, tales como las consultas y análisis estadísticos, con los beneficios de visualización y análisis geográfico propios de los mapas, definiendo la topología o relaciones espaciales entre los elementos representados.

Se representan no sólo elementos evidentes en un área específica, tales como los ríos, vías, lagunas y centros poblados, sino aquellos que muestran cierta característica del terreno, como las curvas de nivel que representan la topografía y las isolíneas usadas para representar datos como temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Juntas, las capas temáticas dan una visión general del municipio; seleccionando diferentes capas, se pueden analizar relaciones particulares entre ellas. Esto facilita enormemente el movimiento entre las diferentes perspectivas, indispensable para los procesos de planificación. (Molina, López, & Villegas, 2005)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son utilizados en diversos campos de evaluación, sobre todo en la conservación de los recursos naturales y la planificación, permitiendo capturar, cargar y almacenar datos geográficos para ser usados en análisis y modelamientos con el fin de obtener resultados y el despliegue de nueva información ((Sánchez Campos, 2003).

En cuanto a las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC), bajo Sistemas de Información Geográfica, se basan en la evaluación de un conjunto de alternativas apoyadas en una serie de criterios que se hayan considerado pertinentes en la evaluación (Espinosa Guzman & Romero Rodriguez, 2019)

5.4.1 ArcGIS Hub

Existen diversas herramientas SIG que facilitan la toma de decisiones y respaldan la planificación de los recursos naturales. Entre los softwares más reconocidos, destaca ArcGIS de ESRI, que ofrece una amplia gama de herramientas, incluyendo ArcGIS Hub.

ArcGIS Hub se presenta como una plataforma de participación basada en la nube, diseñada para que las organizaciones trabajen de manera más eficiente con sus comunidades. Permite la agregación de recursos y la iniciación de conversaciones tanto con el público interno como externo sobre proyectos, temas u objetivos específicos. Esta herramienta proporciona el respaldo tecnológico necesario para implementar políticas de "Gobierno Abierto", no solo facilitando la difusión de datos abiertos, sino también fomentando la participación activa de los ciudadanos en los proyectos.

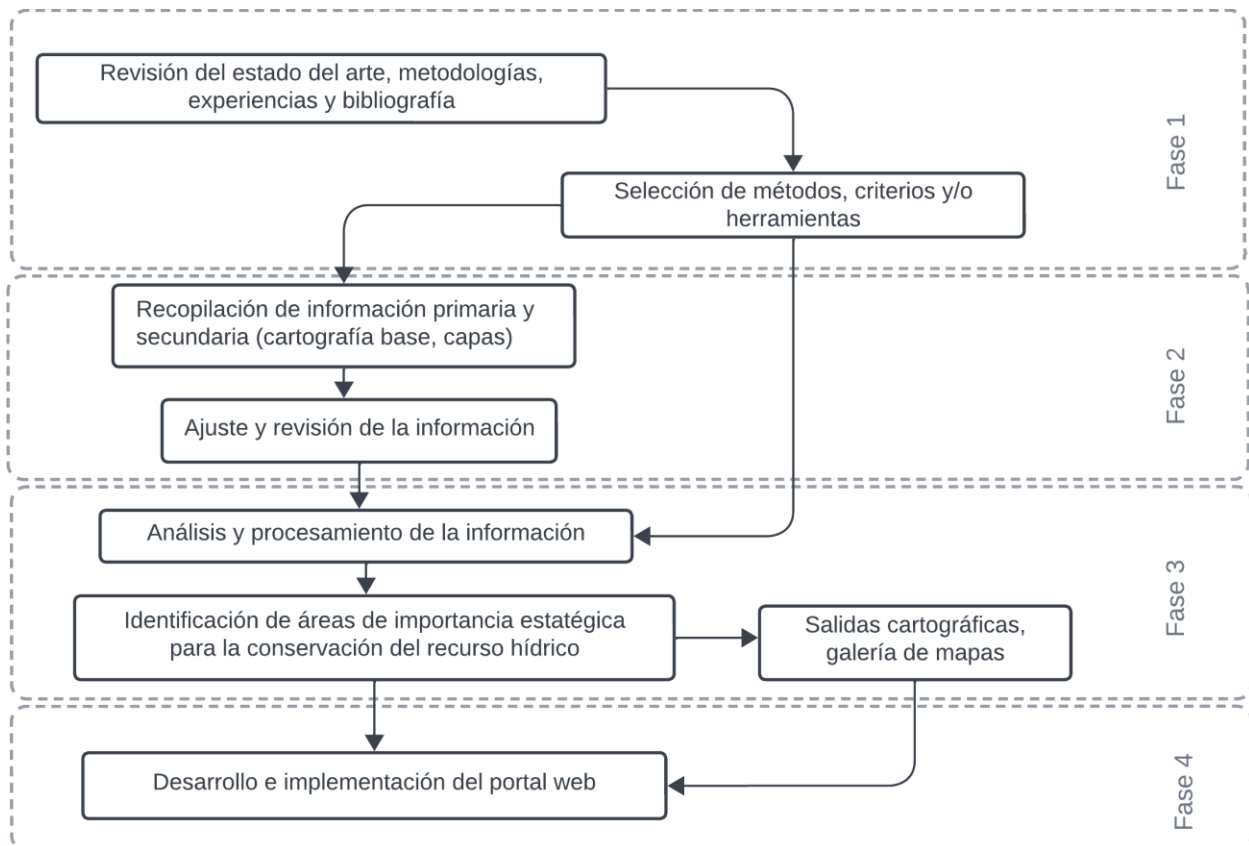
ArcGIS Hub capacita a las administraciones para llevar a cabo estrategias de colaboración con la ciudadanía de manera rápida y efectiva. Proporciona plantillas configurables y personalizables que incluyen páginas web, aplicaciones (encuestas, Story Maps, entre otros), gráficos, infografías, y más. Estas herramientas permiten la interacción directa con los ciudadanos, brindándoles la oportunidad de involucrarse de manera significativa en el proceso de toma de decisiones (López Fernández, 2017).

6. Metodología

La metodología propuesta para desarrollar e implementar el portal web se divide en cuatro fases, cada una de las cuales engloba diversas actividades conducentes a alcanzar el objetivo general. Estas fases abarcan desde la revisión bibliográfica y la recopilación de información, hasta el análisis espacial, la creación de una galería de mapas y, finalmente, la implementación del portal web. Este último tiene como finalidad respaldar la planificación del recurso hídrico, como se ilustra en la figura 1.

Figura 1

Fases de la metodología

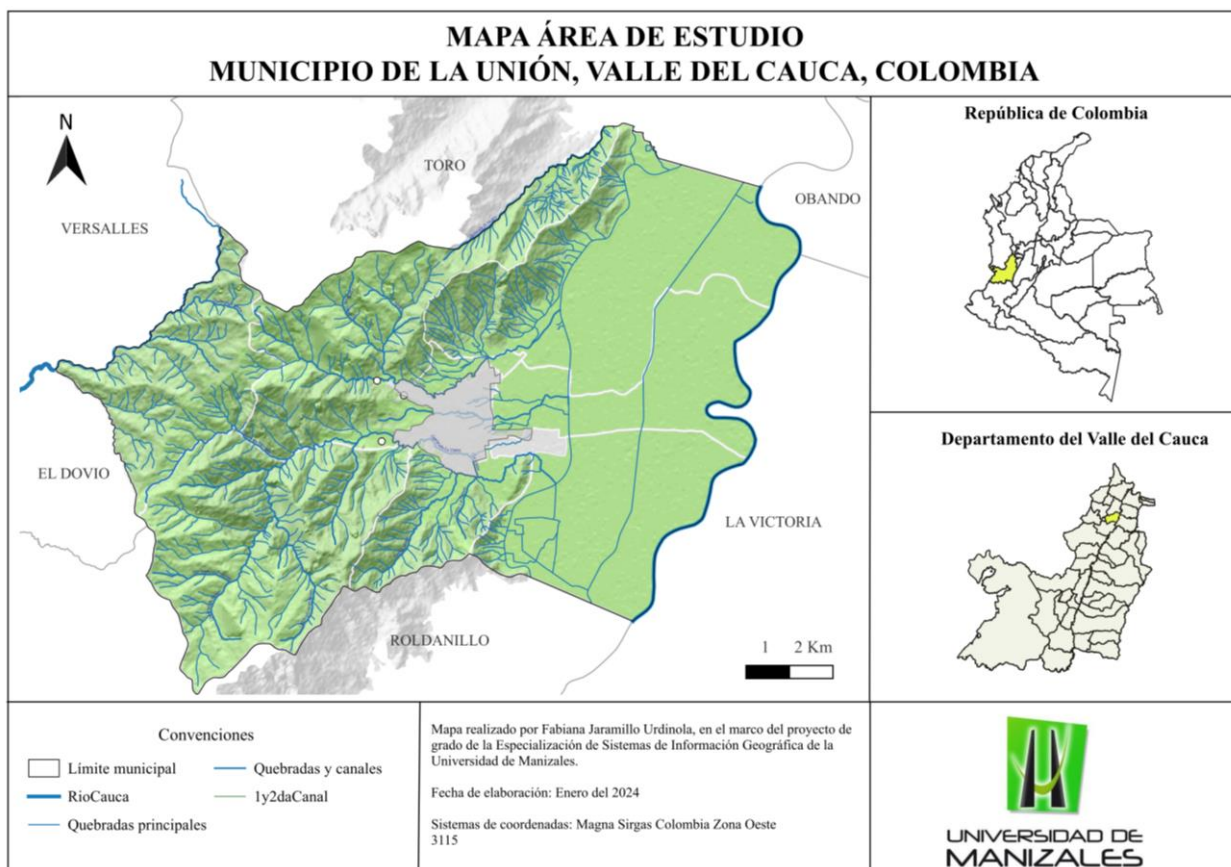


Fuente: propia

6.1 Descripción de la zona de estudio

El trabajo se desarrolló en el municipio de La Unión, departamento del Valle del Cauca ubicado sobre la ribera occidental del río Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central (Figura 2).

El municipio pertenece a la cuenca hidrográfica RUT, un área que comprende a las unidades hidrográficas de las corrientes naturales superficiales de Roldanillo, La Unión y Toro (Contraloría Departamental del Valle del Cauca, 2011). El municipio obtiene aproximadamente el 80% del agua para abastecimiento de la represa Guacas SARA BRUT, ubicado en el municipio de Bolívar, Valle del Cauca, el otro 20% es abastecido por los acueductos rurales, los cuales se surten principalmente de fuentes hídricas que no nacen en el municipio, por lo tanto, se hace necesaria la planificación del recurso hídrico; sin embargo, hay un agravante y es la ausencia de la información geográfica que limita el conocimiento del sistema hídrico superficial.

Figura 2*Área de estudio*

Fuente: propia a partir de información de la CVC, Alcaldía municipal y el IGAC

6.2 Enfoque metodológico

La metodología utilizada en el presente trabajo es de tipo cuantitativa, la cual, permitió la correlación de diferentes variables y criterios, con el fin de identificar las áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico y la generación de salidas cartográficas disponibles en un portal web, convirtiéndose en una herramienta para facilitar la planificación territorial en relación con el agua superficial del municipio. Para identificar las áreas críticas para

la conservación del recurso hídrico, se emplean métodos cuantitativos con el objetivo de minimizar la incertidumbre y la inconsistencia de los resultados, como señalan Chávez González, González Guillén y Hernández de la Rosa (2014). Este enfoque se fundamenta en la revisión exhaustiva de metodologías y experiencias previas de investigadores en el campo, lo que posibilita la definición de criterios para la selección de áreas estratégicas de importancia para la conservación del recurso hídrico.

Las salidas cartográficas generadas se presentan en un portal web desarrollado mediante la herramienta ArcGIS Hub. Este portal facilita la visualización, descarga y análisis de datos relacionados con el recurso hídrico. Estas funcionalidades están diseñadas para estar accesibles a la comunidad en general, con el propósito de promover la comprensión del sistema hídrico y respaldar la planificación del recurso hídrico.

6.3 Procedimiento

6.3.1 Fase 1. Revisión del estado del arte

Con la finalidad de usar una metodología acorde a las necesidades del municipio para apoyar la gestión del recurso hídrico superficial, se hizo necesaria la revisión bibliográfica de métodos, experiencias y normativas que permitieran la identificación de áreas de importancia para la conservación del recurso hídrico.

6.3.1.1 Actividad 1. Revisión bibliográfica

En este punto, se revisaron diferentes informes, artículos científicos, trabajos de grado y metodologías aplicadas que permitieron la construcción de una metodología para la identificación de las áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico, teniendo en cuenta las normativas vigentes, útiles para ser aplicadas en el municipio de La Unión. Esto se elaboró a partir de una matriz que permitió revisar cada uno de ellos y comparar sus ventajas y desventajas.

6.3.1.2 Actividad 2. Proposición de métodos y herramientas a usar

A partir de la revisión bibliográfica se eligió el Análisis Multicriterio como el método a usar para la identificación de las áreas; además se eligieron los criterios, variables y parámetros necesarios para calificar las zonas. A cada criterio se le asignó un valor en la ponderación y cada uno de estos se dividió en diferentes parámetros según su revisión, asignando un valor de 1 a 5 para su valoración, siendo 1 el valor esperado para las zonas de conservación y 5 el menos óptimo.

Descripción de los criterios:

Uso actual del suelo: La capacidad de recarga y escurrimiento superficial en una cuenca depende en gran medida de la cobertura vegetal del suelo y del uso que se le da a este (Sánchez Campos, 2003), por lo tanto, es importante priorizar las zonas que tienen mayor influencia en la alteración de la calidad natural del agua. A este criterio se le asignó un valor de 10%, teniendo en

cuenta que este es determinante para priorizar las áreas de importancia estratégica que deben ser atendidas. Este criterio fue denominado como excluyente, ya que las zonas en las que hay usos de suelo no aptas para la conservación como: vías, zonas urbanizadas y zonas industriales no podrán ser tenidas en cuenta, por lo tanto, tendrán un valor de “Restringido” si no es apta y de 5 si es apta (Tabla 1).

Tabla 1

Listado de usos del suelo aptos y no aptos

Código	Uso del suelo	Apto/No Apto
11110	Zona Urbana	No apto
11210	Zona Urbana discontinua	No apto
11220	Construcción rural dispersa	No apto
11221	Unidad residencial y/o condominio	No apto
20000	Otros usos	No apto
21100	Carreteras	No apto
21310	Centro educativo	No apto
21520	Vivero	No apto
22110	Parcelaciones y/o edificaciones campestres	No apto
22140	Canchas múltiples	No apto
22150	Parques y arbóreos urbanos	Apto
23210	Extracción de materiales de cantera	No apto
24110	Otras asociaciones de cultivos	Apto
24120	Avícola	No apto
24220	Otras zonas comerciales	No apto
24310	Zona industrial	No apto
31120	Cultivo limpio	Apto
31210	Cultivo semibosque	Apto
31320	Cultivo semilimpio	Apto
32110	Arbustal y matorral denso alto de tierra firme	Apto
32210	Arbustal y matorral abierto alto de tierra firme	Apto
32300	Cultivo limpio y/o semilimpio	Apto
33110	Herbazal natural denso no arbolado	Apto
33210	Herbazal natural abierto rocoso	Apto

34110	Misceláneo de superficies naturales	Apto
34120	Cultivo limpio	Apto
35110	Cultivo limpio	Apto
35210	Cultivo denso	Apto
41110	Recuperación	Apto
41210	Aprovechamiento sostenible	Apto
41310	Conservación	Apto
42110	Conservación	Apto
42210	Conservación	Apto
42310	Tierras eriales	Apto
42420	Conservación	Apto
42430	Recuperación	Apto
43120	Almacenamiento para uso agrícola e industrial	No apto
43210	Conservación	Apto
43220	Transporte y pesca artesanal	No apto

Fuente: propia

Erosión: Este criterio se tuvo en cuenta ya que la erosión tiene afectación sobre el arrastre de alto contenido de material sólido en las fuentes hídricas, por tal motivo, las áreas con mayor erosión, combinadas con otras variables como pendiente y cercanía a las fuentes hídricas, deben ser priorizadas para su conservación y mantener en óptimas condiciones el recurso hídrico, es decir que las zonas con mayor erosión tendrán un mayor valor. A este criterio se le asignó un valor de 5% (Tabla 2).

Tabla 2.

Parámetro y ponderación del criterio Erosión

Parámetro	Ponderación
Ligero y Natural	5
Moderado	3
Severo	2
Muy severo	1

Fuente: propia

Conflicto uso del suelo: Este criterio corresponde a las discrepancias entre el uso actual y el uso que debería tener el suelo, de acuerdo a las restricciones ambientales y potencialidades evaluadas por la autoridad ambiental, en este caso, la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca), se le dio asignó un valor de 10% y se dio un valor más alto a las zonas con conflictos mayores con la finalidad de priorizar la conservación de las áreas donde debería existir otro uso del suelo (Tabla 3).

Tabla 3

Parámetro y ponderación del criterio Uso del suelo

Parámetro	Ponderación
Alto	1
Moderado	2
Sin Conflicto	3
Zona Urbana	5

Fuente: propia

Proximidad a áreas protegidas: Este criterio se tuvo en cuenta siguiendo los lineamientos donde se establece que las áreas protegidas continúan apoyando la creación de corredores biológicos que aumentan la oferta de servicios ecosistémicos, entre estos, el recurso hídrico. Por tal motivo, las áreas más cercanas a áreas protegidas ya creadas en el municipio serán priorizadas, teniendo un valor de 20% (Tabla 4.)

Adicionalmente, las autoridades ambientales buscan integrar el tema de biodiversidad a las áreas de adquisición para la conservación del recurso hídrico, como elemento que pudiese ser coincidente con la localización de áreas con algún tipo de figura de conservación, tales como reservas naturales, parques naturales y reservas naturales de la sociedad civil, propiciando con ello el establecimiento de posibles corredores biológicos que conlleven a generar mayores servicios ecosistémicos para la región (Proagua, 2014).

Tabla 4

Parámetro y ponderación del criterio Áreas protegidas

Parámetro	Ponderación
0-50 metros	1
51-100	2
100-200	3
200-500	4
>501 metros	5

Fuente: propia

Proximidad a cuerpos de agua: Las áreas cercanas a cuerpos de agua deben ser priorizadas con la finalidad de conservar este recurso, por tal motivo, a este criterio se le asignó una ponderación de 15%, siendo uno de los criterios más importantes. Se estableció un valor más alto a las zonas cercanas a cuerpos de agua tales como: humedales, ríos, quebradas, lagos, lagunas y reservorios de agua (Tabla 5).

Tabla 5

Parámetro y ponderación del criterio Proximidad a Cuerpos de agua

Parámetro	Ponderación
0-30 metros	1
31-90	2
91-200	3
201-500	4
>501 metros	5

Fuente: propia

Proximidad a fuentes hídricas abastecedoras: Este criterio fue fundamental en el análisis, especialmente considerando que la priorización tiene como objetivo principal la preservación de las fuentes hídricas. Por lo tanto, es esencial tener en cuenta las abastecedoras de los acueductos para asegurar el acceso al agua de la población. Además, la normativa destaca la importancia de conservar las rondas hídricas como medida crucial para preservar este recurso vital. Este criterio tuvo una ponderación de 35% (Tabla 6).

Tabla 6

Parámetro y ponderación del criterio Proximidad a Fuentes Hídricas Abastecedoras

Parámetro	Ponderación
0-15	1
15-30	2
30-100	3
100-200	4
>200	5

Fuente: propia

Ecosistema: Este criterio se tuvo en cuenta ya que el ecosistema contiene datos como: precipitación, altura y temperatura media, de tal manera se priorizaron según los datos del bosque seco tropical (Alvarado Solano & Otero Ospina, 2015); es importante reconocer que aunque todos los ecosistemas son fundamentales en el sostenimiento de la vida, algunos de ellos se priorizan en la entrega de ciertos servicios ecosistémicos, es por esto, que se dio un valor más alto a los ecosistemas con mayor influencia sobre la oferta del recurso hídrico (Tabla 7). Es por esto, que se revisaron los datos de cada ecosistema y se les asignó un valor (Tabla 8). A este criterio se le asignó una ponderación de 15%.

Tabla 7

Ecosistemas y datos de precipitación, altura y temperatura

Ecosistema	Precipitación Media Anual (mm/año)	Temperatura media C	Rango altitudinal (ms.n.m)
Bosque frío húmedo en montana fluvio-gravitacional	1000-2000	10 - 24	1800-2100
Bosque cálido seco en planicie aluvial	900-1500	>24	<1000
Arbustales y matorrales medio muy seco en montana fluvio-gravitacional	1000	18-24	1000-2000
Bosque cálido seco en lomerío fluvio-lacustre	1200-2000	28	900-1000
Bosque cálido seco en piedemonte aluvial	900-1350	28	900-1000

Fuente: propia basado en datos del Geovisor de la CVC

Tabla 8

Parámetro y ponderación del criterio Ecosistema

Parámetro	Ponderación
Bosque frío húmedo en montaña fluvio-gravitacional	1
Bosque cálido seco en planicie aluvial	2
Arbustales y matorrales medio muy seco en montaña fluvio-gravitacional	3
Bosque cálido seco en lomerío fluvio-lacustre	4
Bosque cálido seco en piedemonte aluvial	5

Fuente: propia

6.3.2 Fase 2. Recopilación de la información

Teniendo en cuenta los resultados de la fase anterior, se recurrió a recopilar la información necesaria para llevar al cabo el método para la identificación de las áreas, relacionando cada criterio con una capa o *feature class*, recopilado; además, la información seleccionada fue usada también para la elaboración de las salidas cartográficas que alimentaron la galería de mapas, útiles para apoyar la planificación en el municipio de La Unión. Para lograr esto se realizaron las siguientes actividades:

6.3.2.1 Actividad 1. Recopilación de la información primaria

Se recopiló la información primaria a través de recorridos a las fuentes hídricas, con la finalidad de obtener información de la ubicación espacial de puntos de importancia como bocatomas, cajas repartidoras, plantas de tratamiento, entre otros, haciendo uso de un dispositivo

GPS; del mismo modo se capturaron fotografías con la finalidad de apoyar la elaboración de las salidas cartográficas y el portal web.

6.3.2.2 Actividad 2. Recopilación de la información secundaria

Se realizó la recopilación de datos geográficos proporcionados por la Corporación Autónoma Regional del Valle (CVC) mediante la descarga de datos del portal GeoCVC, obteniendo datos en diferentes formatos (Shape File -SHP, File Geodatabase – GDB, GeoJSON); por otro lado, se recurrió a la Alcaldía Municipal, donde algunos de los datos se encontraban en formato digital y otros en físico.

6.3.2.3 Actividad 3. Ajuste y revisión de la información

Se llevó a cabo la revisión de cada archivo, enfocándose en aspectos como atributos, precisión temática y topológica. Esta evaluación se realizó mediante la visualización de los metadatos de las capas, cuando aplicaba, con el propósito de comprender la información contenida en cada una. Además, se cargaron las capas en ArcGIS Pro, exportándolas cuando fue necesario y mejorando el nombre de cada una para facilitar el reconocimiento de su contenido sin tener que abrirlas cada vez que fueran usadas.

Adicionalmente, se realizaron ajustes en las tablas de atributos, asegurando incluir la información necesaria. Posteriormente, se procedió a revisar los archivos en ArcGIS con el objetivo de establecer un Sistema de Coordenadas consistente, en este caso, el Sistema de

Referencia MAGNA-SIRGAS, adoptado por el IGAC. También se llevó a cabo un análisis de la calidad de los datos antes de convertirlos al formato SHP (Shapefile).

6.3.2.4 Actividad 4. Relacionamiento de la información geográfica con los criterios seleccionados

Cada una de las capas o Feature Class recopiladas fueron relacionadas con el criterio correspondiente con la finalidad de facilitar el trabajo en el software.

Tabla 9

Criterios y capas asociadas

Criterio	Capas asociadas
Uso actual del suelo	Cobertura_Uso_suelo
Erosión	Erosion
Conflicto uso del suelo	UsoPot_ZonFor_conf
Proximidad a áreas protegidas	RNSC, Area_Protegida, Predios_Art_111, Ley_Segunda_1959_Reservas
Proximidad a cuerpos de agua (quebradas, rios)	riosycanales, Drenaje, Cuerpo_Agua
Proximidad a las fuentes hídricas abastecedoras	riosycanales, Drenaje
Ecosistema	Ecosistema_Resumido

Fuente: propia

6.3.3 Fase 3. Análisis de la información y generación de salidas cartográficas

En esta fase se analizó la información recopilada en las actividades anteriores, con la finalidad de reconocer los sitios estratégicos para conservar el recurso hídrico, mediante la

aplicación del método creado y los criterios seleccionados, a través del software ArcGIS Pro, permitiendo la generación de salidas cartográficas útiles para la planificación del recurso hídrico.

6.3.3.1 Actividad 1. Aplicación de los criterios

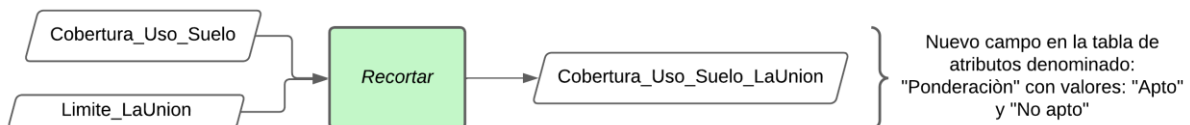
En esta actividad se revisaron los criterios y se aplicaron por medio del software ArcGIS pro, mediante diferentes herramientas, según las necesidades de cada uno de los criterios de la siguiente manera:

Uso actual del suelo:

Para aplicar este criterio, se llevó a cabo un proceso en dos pasos. En primer lugar, se procedió a recortar la capa correspondiente a las coberturas del uso del suelo departamental utilizando como referencia el límite municipal. Este procedimiento se realizó con el objetivo de concentrarnos exclusivamente en la información del municipio (Figura 3).

Figura 3.

Proceso de aplicación del criterio uso actual del suelo



Fuente: propia

Posteriormente, se introdujo un nuevo campo en la tabla de atributos llamado "Ponderación" a través de la calculadora de campos, esto con el fin de determinar las zonas aptas y no aptas del municipio. Se empleó un código en lenguaje Python (Figura 4) basado en las acciones realizadas en la actividad número 2. Este enfoque permitió definir claramente las áreas que cumplen con los criterios establecidos y las que no.

Figura 4

Código uso del suelo

```
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '11220' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '11221' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '20000' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '21100' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '21310' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '21520' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '22110' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '22140' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '23210' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '24120' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '24220' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '24310' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '24220' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '11110' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '11210' else (  
'No apto' if str(!COD_USO25!) == '43220' else 'Apto'))))))))))))
```

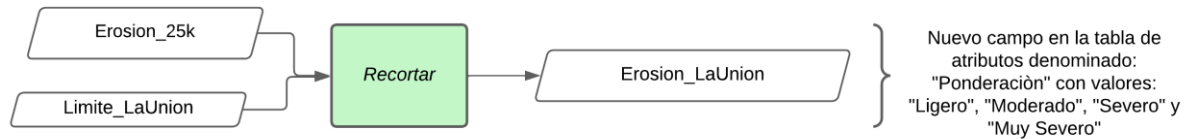
Fuente: propia

Erosión:

Para aplicar este criterio, se inició utilizando la herramienta recortar para definir la extensión de la erosión presente en el municipio. Luego, se procedió a editar la tabla de atributos, introduciendo dos nuevos campos denominados "Parámetro" y "Ponderación" (Figura 5).

Figura 5

Proceso de aplicación del criterio Erosión

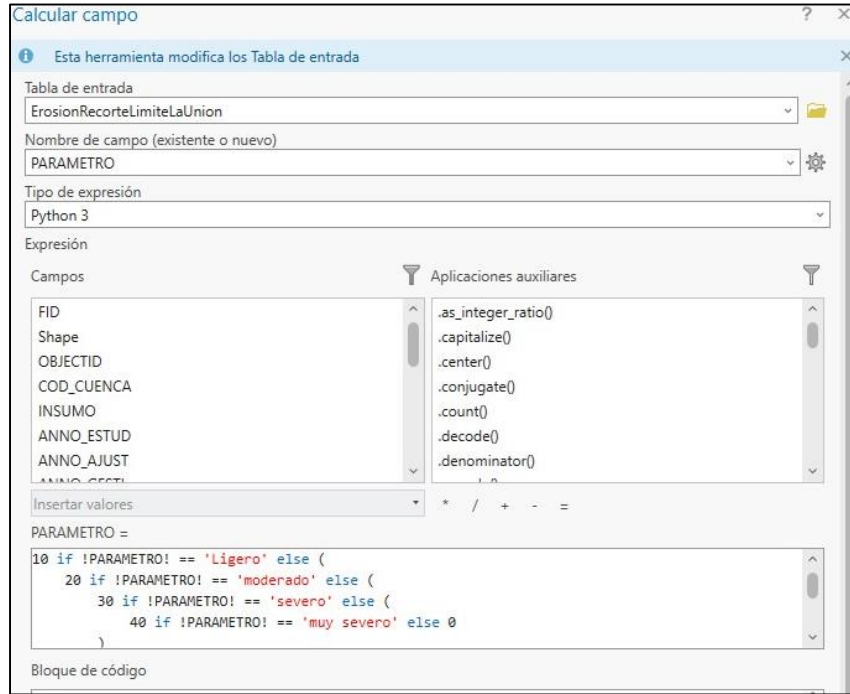


Fuente: propia

En este proceso, se consideró el grado de erosión observado, asignándole valores como "Ligero", "Moderado", "Severo" y "Muy Severo", según corresponda. Esta clasificación permitió una evaluación más detallada de la magnitud de la erosión en diferentes áreas del municipio, se realizó a través de la calculadora de campo, con el código Python donde se relacionó el grado de erosión con el campo GRADO_EROS que contenía los valores de erosión (Figura 6).

Figura 6

Aplicación código erosión



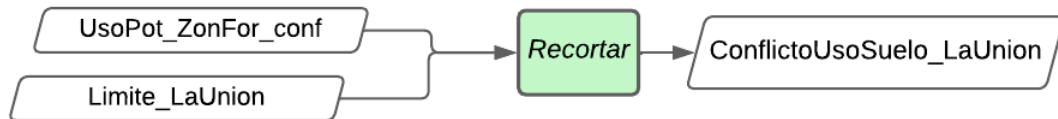
Fuente: propia

Conflicto uso del suelo:

Para la aplicación de este criterio, se inició utilizando la herramienta *recortar* para definir la extensión del conflicto de uso del suelo presente en el municipio (Figura 7).

Figura 7

Proceso de aplicación del criterio conflicto uso del suelo



Fuente: propia

Seguido a esto se dio un valor a cada uno de los parámetros en la tabla de atributos, según la información presenten en el campo GRADO_CONF de la capa (Figura 8)

Figura 8

Tabla de atributos uso del suelo

GRADO_CONF
Alto
Alto
Alto
Alto
Alto
Alto
Alto
Alto
Alto
Alto
Alto
Alto
Sin Conflicto

Fuente: propia

Proximidad a áreas protegidas:

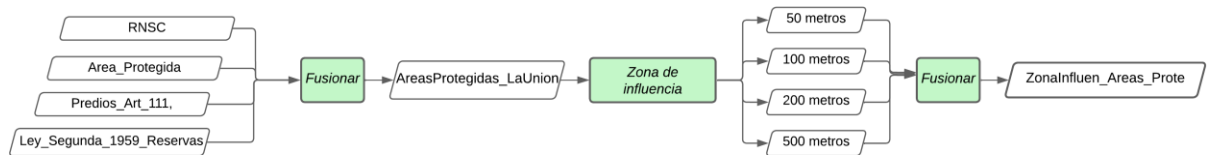
El primer paso se realizó con la herramienta *Fusionar*, donde se unieron las capas que contenían información sobre las áreas protegidas de: la Ley segunda de 1959, ubicada en la parte alta del municipio, el Distrito de Manejo Integrado (DRMI) RUT Nativos, las Reservas

Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) y los predios adquiridos bajo el artículo 111 de la ley 99 de 1993 (Figura 9).

Posteriormente se aplicó la herramienta *Zona de Influencia* para seleccionar las áreas, según su distancia y asignar un valor. Para este criterio, se eligió la distancia de las áreas protegidas como el parámetro, con los valores asignados en la revisión metodológica, obteniendo cada una de las distancias (Figura 10). Seguidamente, estas capas resultantes se unieron con la herramienta “fusionar”, obteniendo una capa de las zonas de influencia de las áreas protegidas.

Figura 9

Proceso de aplicación del criterio Proximidad a áreas protegidas







Fuente: propia

Posteriormente, en la tabla de atributos se creó el campo “ponderación”, donde se asignó un valor a cada una de las zonas de influencia, tal como se ve en la figura 10.

Figura 10

Campo ponderación del criterio proximidad a áreas protegidas

Campo:  Agregar  Calcular		Selección:  Seleccionar por atributos  Zoom a				
	OBJECTID *	Shape *	AREA	Shape_Length	Shape_Area	Ponderacion
1	1	Polígono	48412284.484069	59435.363015	48412284.484069	5
2	2	Polígono	48505339.410072	102112.565064	48505339.410072	1
3	3	Polígono	3681806.450891	149761.730216	3681806.450891	2
4	4	Polígono	6380297.129688	132259.854908	6380297.129688	3
5	5	Polígono	13779045.725581	96382.236388	13779045.725581	4

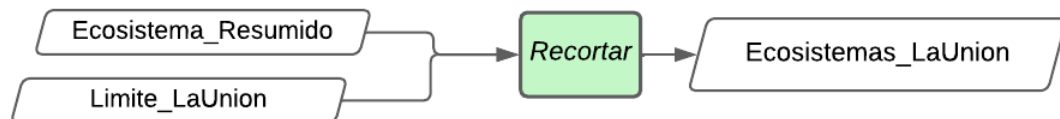
Fuente: propia

Ecosistema

Para este criterio se usó primero la herramienta *recortar*, con el límite municipal, con la finalidad de trabajar únicamente con los ecosistemas presentes en el municipio (Figura 11), posteriormente se asignó un valor en la tabla de atributos en la columna creada: “ponderación”; como se muestra en la figura 12.

Figura 11

Procedimiento aplicación criterio Ecosistema



Fuente: propia

Figura 12*Campo ponderación del criterio Ecosistema*

NOM_ECOSIS	ZONA	ANNO_ECO_E	ANNO_ECO_A	ANNO_ECO_G	SHAPE_Leng	SHAPE_Area	Ponderacion
Arbustales y matorrales medio muy seco en m...	CO	2010	0	2013	18217.305349	2404801.7905	20
Arbustales y matorrales medio muy seco en m...	CO	2010	0	2013	37009.939621	21844167.2442	20
Arbustales y matorrales medio muy seco en m...	CO	2010	0	2013	186312.327361	123335920.913	20
Arbustales y matorrales medio muy seco en m...	CO	2010	0	2013	43770.770664	22319328.4925	20
Bosque calido seco en lomerio fluvio-lacustre	VG	2010	0	2013	1329.78104	69009.861827	15
Bosque calido seco en lomerio fluvio-lacustre	VG	2010	0	2013	592.364201	17598.095364	15
Bosque calido seco en lomerio fluvio-lacustre	VG	2010	0	2013	869.167157	28729.229756	15
Bosque calido seco en piedemonte aluvial	VG	2010	0	2013	44668.477086	9548227.63798	10
Bosque calido seco en piedemonte aluvial	VG	2010	0	2013	10607.583863	1038007.54809	10
Bosque calido seco en piedemonte aluvial	VG	2010	0	2013	21143.358884	4598060.58664	10
Bosque calido seco en piedemonte aluvial	VG	2010	0	2013	19105.438384	6078147.27106	10
Bosque calido seco en piedemonte aluvial	VG	2010	0	2013	41824.815057	14261923.7376	10
Bosque calido seco en piedemonte aluvial	VG	2010	0	2013	27579.172803	5473600.4236	10

Fuente: propia

Proximidad a cuerpos de agua

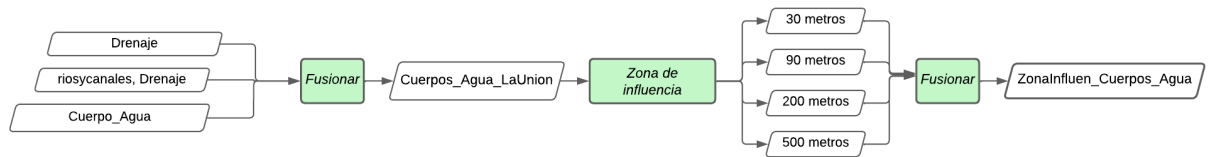
En la aplicación de este criterio primero se realizó con la herramienta *recorte* la extracción de los cuerpos de agua (drenajes, canales de riego, lagos, quebradas y ríos) según el límite municipal, después se fusionaron las capas resultantes dando como resultado una capa con los cuerpos de agua presentes en el municipio.

Posteriormente, se aplicó la herramienta *Zona de Influencia* con cada uno de los valores de la ponderación asignando en la tabla de atributos un valor de 1 a 5 (figura 13).

Después se fusionaron cada una de las zonas de influencia, a la capa resultante se le agregó un campo, como a los demás criterios, denominado ponderación, allí se asignó un valor del 1 al 5 a cada una.

Figura 13

Procedimiento aplicación criterio proximidad a cuerpos de agua



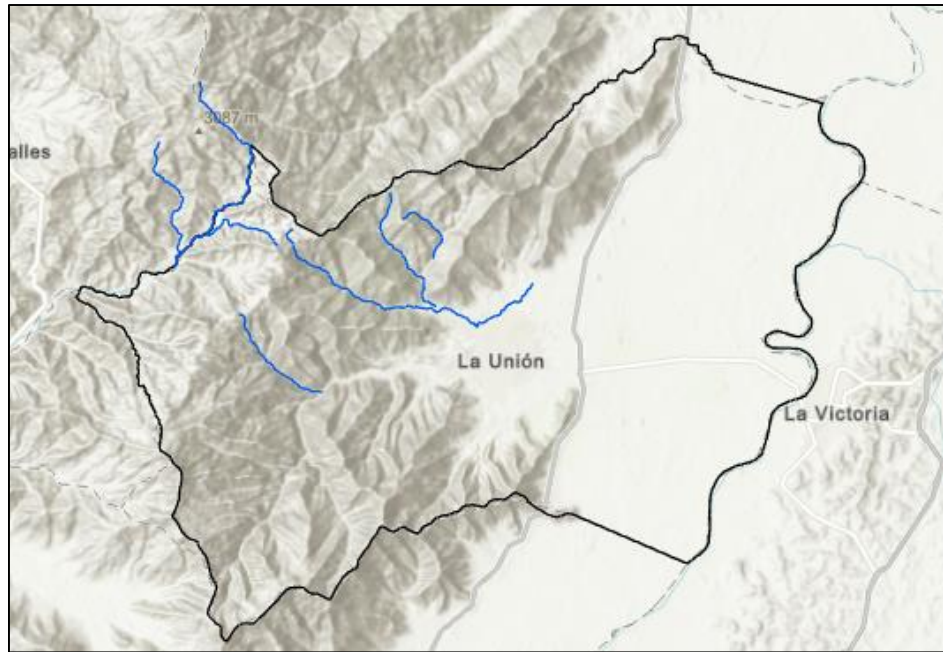
Fuente: propia

Proximidad a fuentes hídricas abastecedoras

Se identificaron las fuentes hídricas abastecedoras de los acueductos rurales, según información obtenida del PBOT del municipio (Figura 14), posteriormente, se realizaron las zonas de influencia según los parámetros establecidos (Figura 15).

Figura 14

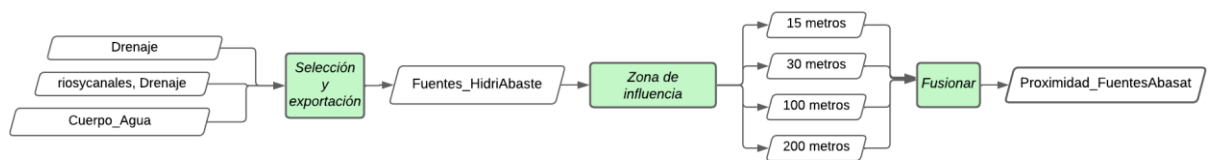
Fuentes hídricas abastecedoras



Fuente: propia

Figura 15

Procedimiento para aplicar el criterio proximidad a fuentes hídricas abastecedoras



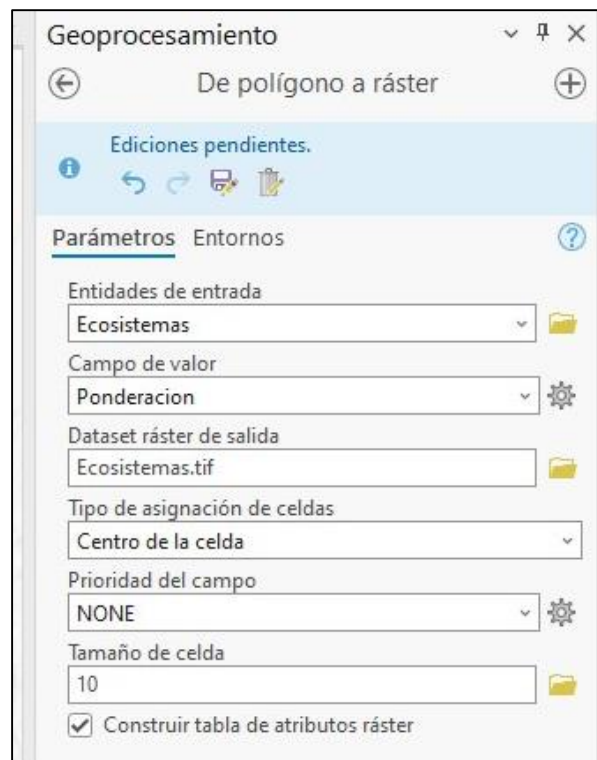
Fuente: propia

Finalmente, se empleó la herramienta 'De Polígono a Ráster' con el propósito de convertir las capas resultantes, originalmente en formato shapefile (shp), a formato GeoTIFF (tif). Esta

transformación fue esencial para preparar los datos con miras a utilizar las herramientas de superposición de capas en ArcGIS Pro, especialmente aquellas relacionadas con el geoprocesamiento multicriterio. La elección de un tamaño de celda de 10 metros, como se muestra en la Figura 16, fue estratégica para garantizar la precisión y adecuación de los datos ráster resultantes, optimizando así el análisis y la interpretación en el contexto de la planificación del recurso hídrico.

Figura 16

Aplicación de la herramienta de Polígono a Ráster



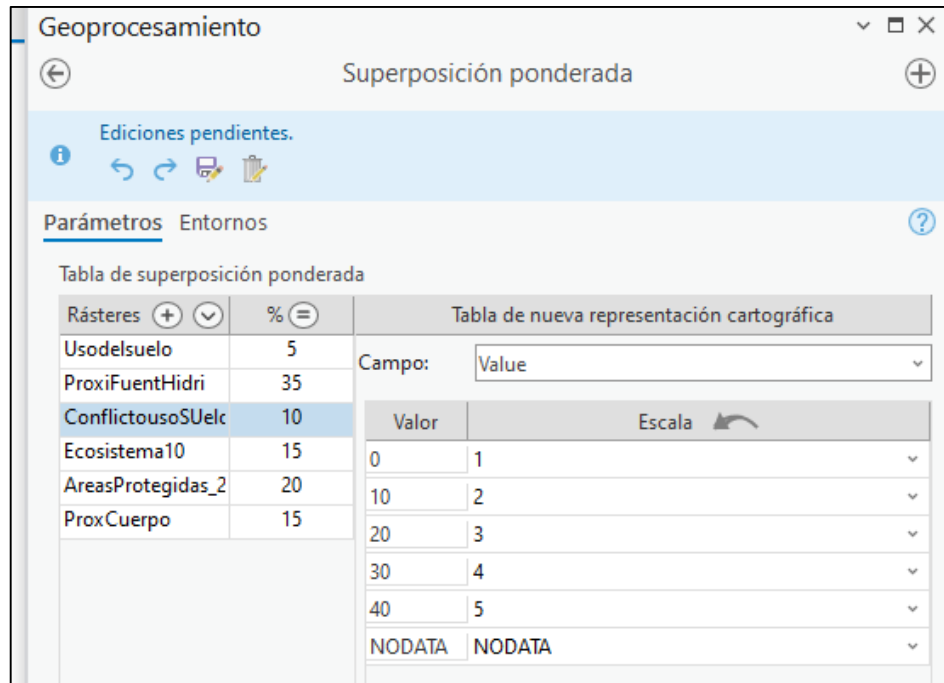
Fuente: propia

6.3.3.2 Actividad 2. Identificación de las áreas de importancia estratégica

Basándonos en los criterios previamente seleccionados, se logró identificar las áreas de vital importancia para la conservación del recurso hídrico en el municipio de La Unión. Para este análisis, se procedió a cargar todas las capas en formato ráster, seguido por la aplicación de la herramienta de *Superposición Ponderada* en ArcGIS Pro (Weighted Overlay en su denominación en inglés). En dicha herramienta, se asignaron los valores de ponderación, según lo establecido en la metodología, a cada uno de los criterios, como se detalla en la Figura 17.

Figura 17

Aplicación de la herramienta Superposición ponderada



Fuente: propia

Posteriormente, se incorporó la capa de predios rurales descargada del portal del IGAC, la cual incluía cada uno de los predios rurales delimitados mediante polígonos, esto con la finalidad de reconocer los lugares exactos donde se podrían iniciar las estrategias de conservación.

6.3.3.3 Actividad 3. Diseño de salidas cartográficas

Para la elaboración de las salidas cartográficas, se emplearon las capas correspondientes a cada criterio, generando mapas mediante la pestaña de Composiciones en ArcGIS Pro. Durante este proceso, se asignaron elementos clave, tales como un título descriptivo, una leyenda para facilitar la comprensión de las capas, una escala que proporcionara referencia de tamaño, una flecha norte para indicar la orientación, y se incorporó una breve descripción para contextualizar la información presentada en el mapa. Este enfoque aseguró la creación de mapas claros y comprensibles, logrando comunicar de manera efectiva la información asociada a cada criterio evaluado.

6.3.4 Fase 4. Implementación de un portal web como herramienta de planificación

Para la construcción del portal web geográfico, se utilizó una plantilla de ArcGIS Hub, aprovechando sus funcionalidades y herramientas especializadas en la gestión de datos geoespaciales. Esta plantilla proporcionó una base sólida para la integración de los resultados obtenidos a lo largo del proyecto, permitiendo la visualización interactiva y el análisis detallado de las áreas identificadas como estratégicas para la conservación del recurso hídrico.

La interfaz del portal web ha sido diseñada con enfoque en la usabilidad, facilitando a los usuarios la navegación por los mapas y la comprensión de la información presentada. Además, se ha implementado un sistema de consulta que permite a los interesados explorar de manera eficiente los criterios evaluados, así como acceder a información detallada sobre las áreas de importancia identificadas.

Con el desarrollo de este portal web geográfico en ArcGIS Hub, se busca no solo consolidar los hallazgos del proyecto, sino también proporcionar una herramienta práctica y accesible para los planificadores y responsables de la gestión del recurso hídrico en el municipio de La Unión. Este portal constituye un recurso valioso para la toma de decisiones informadas y sostenibles en el ámbito de la planificación hídrica, contribuyendo así al manejo eficiente y responsable de este recurso vital.

6.3.4.1 Actividad 1. Creación de la galería de mapas

Cada uno de los mapas realizados para cada criterio fue publicado en ArcGIS Hub facilitando la revisión de información por parte de los usuarios. Para esto, se revisaron las tablas de atributos de cada capa para ser publicados y que contuvieran información relevante según el criterio. Para esto, se cargaron las capas y en la tabla de atributos se eliminaron los datos que no serían importantes para ser cargados al ArcGIS Hub (Figura 18)

Por ejemplo, para el mapa de uso del suelo, se eliminaron las columnas que contenían el código de la cuenca, ya que es un valor que se repite para todo el límite municipal, la Columna

“INSUMO” también se eliminó, ya que no contenía datos (Figura 18). Posteriormente, con la finalidad de agregar el campo Uso del suelo, con el nombre del uso del suelo, se usó la expresión en código de Python presente en la figura 19, donde se relacionó cada código con el nombre del uso del suelo, esta información se obtuvo de los manuales descargables del Geovisor de la CVC.

Figura 18

Modificación tabla de atributos capa uso del suelo

Visible	Sólo lectura	Nombre de campo	Alias	Tipo de datos	Permitir NULO	Resaltar	Formato de número	Predeterminado	Precisión	Escala	Longitud
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COD_INT_CV	COD_INT_CV	Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	8
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COD_CORINE	COD_CORINE	Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	3
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	COD_CUENCA	COD_CUENCA	Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	11
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INSUMO	INSUMO	Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	250
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ANNO_ESTUD	ANNO_ESTUD	Fecha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ANNO_AJUST	ANNO_AJUST	Fecha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ANNO_GESTI	ANNO_GESTI	Fecha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ORIG_FID	ORIG_FID	Large	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N Numérico		10	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ESC_LEV	ESC_LEV	Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	10
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SHAPE_Leng	SHAPE_Leng	Doble	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N Numérico		0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SHAPE_Area	SHAPE_Area	Doble	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N Numérico		0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PARAMETRO	PARAMETRO	Texto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			0	0	254

Fuente: propia

Figura 19

Código Python para asignar tipo de uso del suelo

```
'Zona Urbana' if !COD_USO25! == '11110' else (
'Zona Urbana discontinua' if !COD_USO25! == '11210' else (
'Construcción rural dispersa' if !COD_USO25! == '11220' else (
'Unidad residencial y/o condominio' if !COD_USO25! == '11221' else (
'Otros usos' if !COD_USO25! == '20000' else (
'Carreteras' if !COD_USO25! == '21100' else (
'Centro educativo' if !COD_USO25! == '21310' else (
'Vivero' if !COD_USO25! == '21520' else (
'Parcelaciones y/o edificaciones campestres' if !COD_USO25! == '22110' else (
'Canchas múltiples' if !COD_USO25! == '22140' else (
```

Posteriormente los mapas fueron publicados de manera online a través de ArcGIS Pro, donde se asignó un nombre al mapa, un resumen, etiquetas para facilitar su búsqueda y consulta por otros usuarios en ArcGIS Online y eligiendo la ubicación para publicarse (Figura 20).

Este procedimiento se siguió con cada uno de los criterios, alimentando la galería de mapas para el portal Web.

Figura 20

Configuración para compartir mapas web

Compartir como mapa web ? v f X

Mapa

Mapa Configuración

Detalles del elemento

Nombre

Uso del Suelo

Resumen

Colombia. Representa las zonas aptas y no aptas para la conservación teniendo en cuenta el uso actual del suelo.

Etiquetas

Agua X Uso del suelo X

La Unión X Criterios X

Seleccionar una configuración ⓘ

Copiar todos los datos: exploración

Utilizar tipos de símbolos compatibles con todos

Ubicación

Carpeta

MapHidrico

Compartir con

Todos

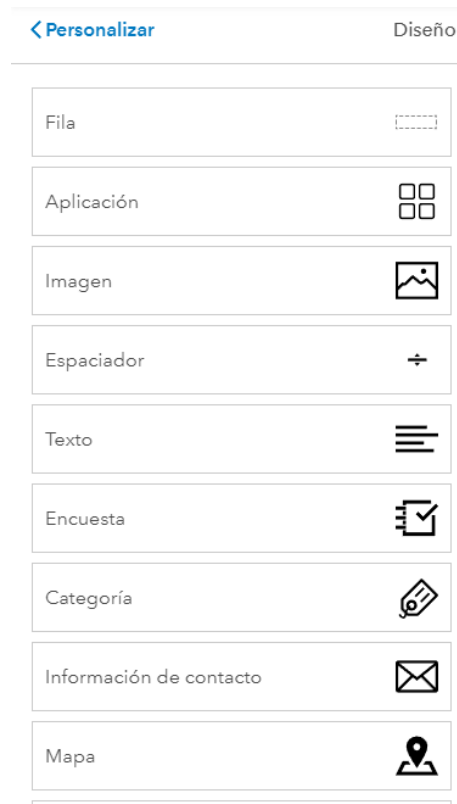
Universidad de Manizales

Grupos

6.3.4.2 Actividad 3. Creación del portal web en ArcGIS Hub

Dentro del desarrollo del portal en ArcGIS Hub, se optó por el nombre 'Geo Hídrico La Unión', con el enlace: <https://geohidrico-la-union-umanizales.hub.arcgis.com/>. Se seleccionó una plantilla y se llevó a cabo la configuración del proyecto en ArcGIS Hub. Posteriormente, se integraron aplicaciones para visualizar mapas y presentar información de manera interactiva y participativa (Figura 21). Se personalizó el diseño del portal ajustando colores, logotipos y otros elementos, incluyendo imágenes de las fuentes hídricas captadas durante los recorridos.

Adicionalmente, se procedió a la incorporación de datos geospaciales provenientes de mapas individuales de cada criterio, así como del recurso hídrico en general. Se identificaron y priorizaron las zonas clave para su conservación, contribuyendo así a una comprensión más detallada y efectiva del entorno hídrico en la región

Figura 21*Barra de herramientas de diseño***6.3.4.3 Actividad 4. Socialización del portal web con actores sociales**

El Portal Web fue socializado en la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de la Alcaldía Municipal de La Unión, esto se realizó en una reunión con los técnicos de la dependencia. El procedimiento consistió en exponer el uso del portal, mostrando las funciones que este poder además se les mostro lo útil que podría ser para facilitar la toma de decisiones enfocadas a la conservación del recurso hídrico en el municipio.

7. Resultados

7.1 Revisión del estado del arte

La revisión del estado del arte permitió la identificación y priorización de las áreas estratégicas en la conservación del recurso hídrico en el municipio de La Unión, esta se fundamentó en la revisión bibliográfica. Esta revisión no solo permitió el reconocimiento de la superposición de capas, sino que también orientó la elección de criterios y ponderaciones esenciales para determinar las zonas prioritarias.

7.1.2 Resultado de la revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica desempeñó un papel fundamental en la construcción de la metodología, guiando la selección de criterios y ponderaciones para identificar las zonas a priorizar. En la Tabla 10, se presenta la consolidación de los documentos utilizados como referentes clave en la elaboración de la metodología, destacando el análisis multicriterio como la herramienta más idónea y ampliamente empleada para este propósito.

Tabla 10*Revisión bibliográfica de los métodos*

Nombre del método	Descripción de la metodología	Ventajas	Desventajas	Referencias
Análisis multicriterio (EMC)	Conjunto de técnicas orientadas a facilitar la toma de decisiones, a través de diferentes criterios de acuerdo al objetivo planteado	Permite el uso de diferentes criterios, permite el estudio a cualquier escala, se reduce la incertidumbre	Se requiere apoyo de expertos, no incluye análisis de amenazas o riesgos	(Posada Fandiño, 2015) – (Sánchez Campos, 2003)
Álgebra de mapas	Se realiza a través de la combinación matemática de las capas de los mapas para producir un resultado compuesto	No requiere información especializada, se puede utilizar en diferentes escalas territoriales	Análisis cuantitativos simples carácter subjetivo en el análisis de los criterios, mayor incertidumbre	(Benegas & León, 2009)
Análisis Multicriterio (EMC)	Se eligieron criterios y se les dio a un rango y un valor a cada uno con la finalidad de obtener zonas deficientes, aceptables y óptimas	Permite la elección de diferentes criterios según las necesidades, se puede aplicar a diferentes escalas territoriales	Se requiere información especializada y muy detallada	(Proagua, 2014) - (Mendoza, y otros, 2008)
Método basado en la PNGIRH	La aplicación de la metodología tiene como base los objetivos de la PNGIRH, enfocado en: Oferta,	Es un método aplicado bajo la normatividad colombiana sobre la planificación de las	Requiere información detallada del ámbito social para evaluar el fortalecimiento	(Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Nombre del método	Descripción de la metodología	Ventajas	Desventajas	Referencias
	Demanda, Riesgo, Calidad Hídrica y Fortalecimiento institucional	unidades hidrográficas, se puede aplicar a nivel local y regional	institucional y la gobernabilidad	Sostenible, 2014)
Análisis multicriterio (EMC) Análisis jerárquico	Se realiza a través de la integración de aspectos cualitativos y cuantitativos facilitando y promoviendo la toma de decisiones bajo escenarios multicriterio	Permite estructurar los criterios y subcriterios en una jerarquía, es un método multidisciplinario	Se requiere un alto grado de detalle en la información a usar	(Diaz Baez, 2020) (Espinosa Guzman & Romero Rodriguez, 2019)

Elaboración propia basado Chávez et al (2014)

7.1.3 Métodos y herramientas a usar

Se eligió el Análisis Multicriterio como el método a usar para la identificación de las áreas; por medio de la calificación de siete (7) criterios, con sus respectivos parámetros para la identificación de las áreas a priorizar para la conservación del recurso hídrico en el municipio de La Unión.

La división de los criterios en las categorías de biofísico y social se hizo necesaria para abordar de manera más precisa y completa la complejidad de los factores que influyen en la conservación del recurso hídrico en el municipio de La Unión. Esta clasificación permite distinguir entre aspectos de origen natural, agrupados en el ámbito biofísico, y aquellos influenciados por la intervención humana, comprendidos en el ámbito social. En la Tabla 11, cada criterio se presenta dividido en dos componentes: uno biofísico y otro social. Los criterios 'Proximidad a áreas protegidas', 'Ecosistema', 'Proximidad a cuerpos de agua' y 'Erosión' forman parte del componente biofísico, ya que están estrechamente ligados a características naturales del entorno. Por otro lado, los criterios 'Conflicto uso del suelo', 'Proximidad a bocatomas', 'Proximidad a las fuentes hídricas abastecedoras' y 'Uso actual del suelo' se incluyen en el componente social, dado que su evaluación implica consideraciones relacionadas con la actividad humana y el desarrollo urbano.

Esta separación facilita la asignación de ponderaciones específicas a cada componente, reflejando con mayor precisión el peso relativo de los factores biofísicos y sociales en el análisis

multicriterio. Además, al evaluar los parámetros de cada criterio en una escala del 1 al 5, se logra una representación cuantitativa de las condiciones óptimas y menos óptimas, permitiendo una interpretación más clara y efectiva de los resultados obtenidos en el análisis.

Tabla 11*Criterios seleccionados*

Componente	Criterio	Ponderación del criterio %	Parámetro	Ponderación del parámetro (%)
Biofísico	Proximidad a áreas protegidas	10	< o = 100 metros	70
			>101 y <1000 metros	20
			>1000 metros	10
	Ecosistema	5	Bosque frío húmedo en montaña fluvio-gravitacional	30
			Bosque cálido seco en planicie aluvial	25
			Arbustales y matorrales medio muy seco en montaña fluvio-gravitacional	20
			Bosque cálido seco en lomerío fluvio-lacustre	15
			Bosque cálido seco en piedemonte aluvial	10
	Proximidad a cuerpos de agua	20	< o = 100 metros	70
			>101 y <1000 metros	20
			>1000 metros	10
	Erosión	5	Ligero	10
			Moderado	20
Severo			30	
Muy severo			40	
Conflicto uso del suelo	5	Alto	40	
		Moderado	30	
		Sin Conflicto	20	
		Zona Urbana	10	
Social	Proximidad a bocatomas	20	< o = 100 metros	70
			>101 y <1000 metros	20

Componente	Criterio	Ponderación del criterio %	Parámetro	Ponderación del parámetro (%)
			>1000 metros	10
	Proximidad a las fuentes hídricas abastecedoras	20	< o = 100 metros	70
			>101 y <1000 metros	20
			>1000 metros	10
	Uso actual del suelo	10	Apto	100
			No apto	0

Elaboración propia

7.2 Recopilación de la información

Considerando los criterios a evaluar, se recopiló la información necesaria a través de una revisión bibliográfica, búsqueda en internet, consulta al Geo portal de la CVC, la alcaldía municipal y exploración directa en las fuentes hídricas mediante recorridos.

7.2.1 información primaria y secundaria

La información recopilada se consolidó en la Tabla 12, la cual incluye detalles sobre cada capa, como su nombre (el cual fue modificado para este trabajo), una descripción de su contenido, el tipo de geometría y la fuente correspondiente.

Tabla 12*Información geográfica recolectada*

ID	Nombre	Descripción	Tipo de geometría	Fuente
1	Limite_LaUnion	Delimitación del área de estudio	Polígonos	Alcaldía
2	Acueductos_Rurales	Acueductos rurales del departamento del Valle del Cauca	Puntos	CVC
3	Cuencas_Hidro	Cuencas hidrográficas del departamento del Valle del Cauca	Polígonos	CVC
4	Cuerpo_Agua	Cuerpos de agua aparte de los ríos, ya sean de origen natural o artificial del departamento del Valle del Cauca	Polígonos	CVC
5	Drenaje	Red de drenaje del departamento del Valle del Cauca	Líneas	CVC
6	Vertimientos	Estaciones de vertimientos del departamento del Valle del Cauca.	Puntos	CVC
7	rioscanales	Principales fuentes hídricas del municipio	Líneas	Alcaldía
8	Area_Protegida	Áreas protegidas del Valle del Cauca	Polígonos	CVC
9	Cobertura_Uso_suelo	Distribución de la Cobertura y el uso del suelo en el Valle del Cauca	Polígonos	CVC
10	Ecosistema_Resumido	Distribución de ecosistemas en el Valle del Cauca	Polígonos	CVC
11	Fragmentación	Áreas con cambios de la cubierta vegetal	Polígonos	CVC
12	Ley_Segunda_1959	Zonas Forestales Protectoras y Bosques de Interés General	Polígonos	CVC

ID	Nombre	Descripción	Tipo de geometría	Fuente
13	RNSC	Reservas Naturales de la Sociedad Civil del Valle del Cauca	Polígonos	CVC
14	Estaciones_Red_Hidroclimatologica	Estaciones hidroclimatológicas del Valle del Cauca	Puntos	CVC
15	Piso_Termico	Pisos térmicos del Valle del Cauca	Polígonos	CVC
16	Provincia-Humedad_Resumido	Provincias de humedad del Valle del Cauca	Polígonos	CVC
17	Curva Nivel	Curvas de nivel del Valle del Cauca	Líneas	CVC
18	Cauce_2013	Cauce del Río Cauca en el año 2013	Líneas	CVC
19	Area_Planificada	ubicación del área de Acuerdos recíprocos por el Agua de la CVC	Polígonos	CVC
20	POMCH_RUT	Información Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica RUT	Polígonos	CVC
21	Erosion_25k	Degradación del suelo por Erosión interpretada a escala 1:25.000	Polígonos	CVC
22	Geologia_Resumido	Información geológica del Valle del Cauca	Polígonos	CVC
23	Geomorfologia_Resumido	Mapa general de geomorfología	Polígonos	CVC
24	Pendientes_CN100	Pendientes del departamento del Valle del Cauca, cada 100 metros	Polígonos	CVC
25	UsoPot_ZonFor_conf	Capa de conflicto por uso de suelo del Valle del Cauca	Polígonos	CVC
26	Veredas2023	División por veredas del municipio de La Unión	Polígonos	Alcaldía
27	Corregimientos_LaUnion	Corregimientos del municipio de La Unión	Polígonos	Alcaldía

ID	Nombre	Descripción	Tipo de geometría	Fuente
28	Predios_Art_111	Predios adquiridos para la conservación del agua en La Unión	Polígonos	Alcaldía
29	Subcuencas_LaUnion	Subcuencas del municipio de La Unión	Polígonos	Alcaldía
30	Bocatomas_LaUnion	Ubicación de las bocatomas del municipio de La Unión	Puntos	Propia

Fuente: propia

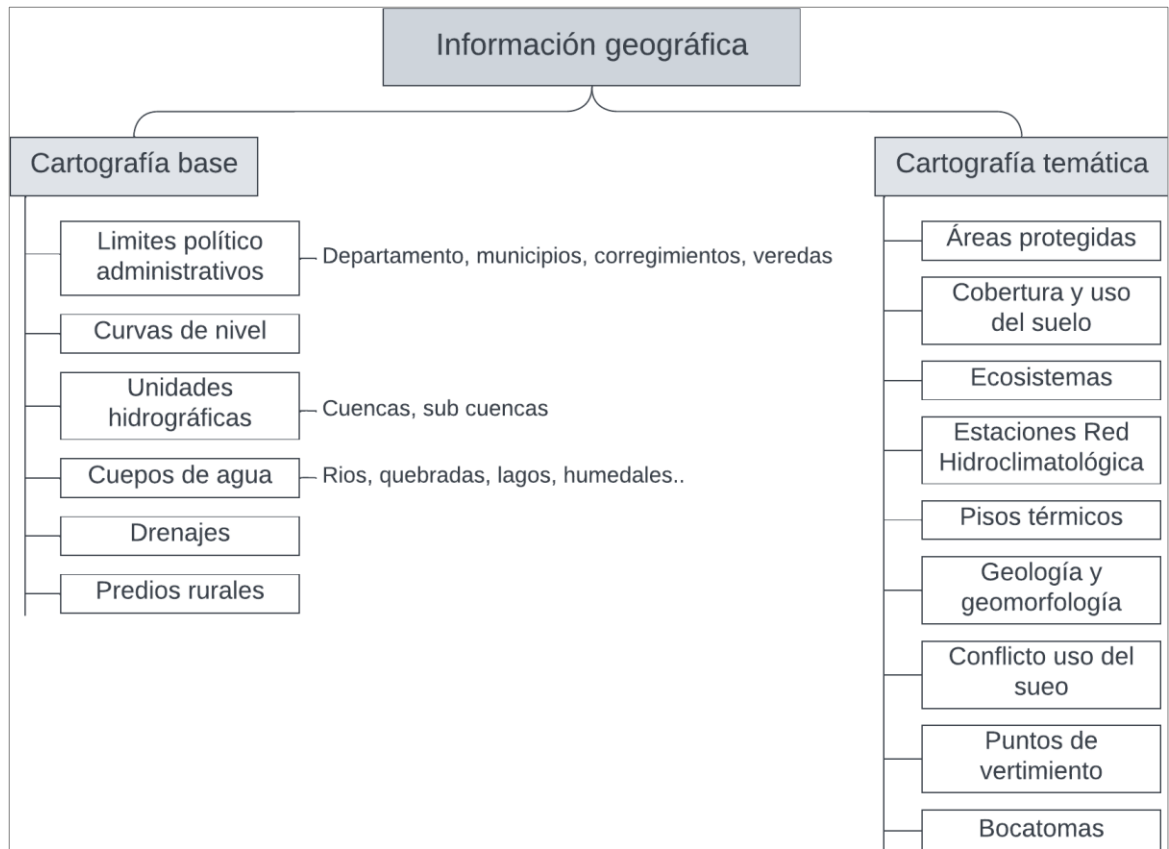
7.2.2 Ajuste y revisión de la información

Cada capa fue revisada utilizando el software ArcGIS Pro, y se procedió a modificar su capa de atributos, eliminando las columnas que no serían relevantes para el proyecto, ya que contenían información que no sería tomada en cuenta en el análisis Multicriterio.

Al analizar la información recopilada en la revisión bibliográfica, se identificaron un total de quince (15) capas, las cuales fueron categorizadas en cartografía base y cartografía temática, como se presenta en la Figura 18. La clasificación se llevó a cabo con el propósito de organizar de manera eficiente la diversidad de datos recolectados. En la categoría de cartografía base se incluyeron elementos esenciales como límites político-administrativos, curvas de nivel, unidades hidrográficas, cuerpos de agua, drenajes, predios rurales, entre otros. Por otro lado, la cartografía temática abarca capas específicas relacionadas con áreas protegidas, cobertura y uso del suelo, ecosistemas, estaciones de red hidroclimatológica, pisos térmicos, geología y geomorfología, conflicto uso del suelo, puntos de vertimiento y bocatomas. Esta diferenciación proporciona una estructura clara y facilita el posterior análisis de los datos en el contexto de la planificación del recurso hídrico, además de ser útil para la construcción de las salidas cartográficas.

Figura 22

Consolidación de capas a usar



Fuente: propia

7.3 Resultados del análisis de la información y generación de salidas cartográficas

7.3.1 Aplicación de los criterios

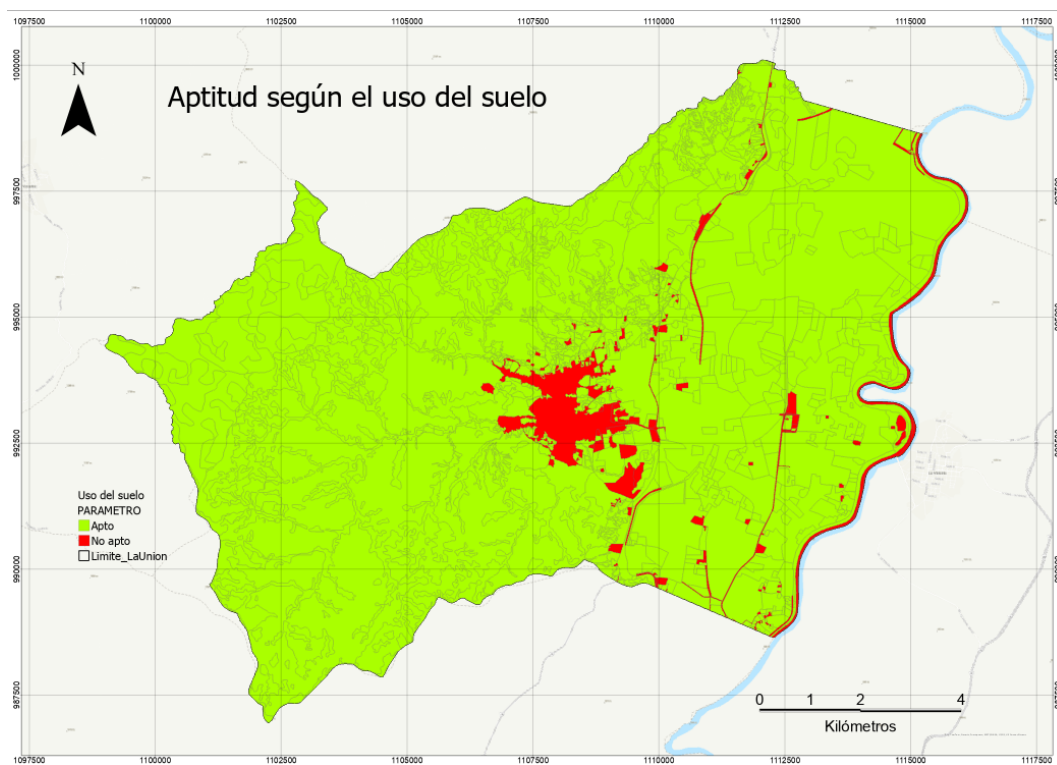
Después de la aplicación de los criterios a través de las herramientas de geoprocésamiento de ArcGIS pro, se obtuvo siete (7) mapas:

Uso actual del suelo:

En el mapa, se destacan las áreas propicias para el uso del suelo mediante el color verde, principalmente localizadas en la zona rural del municipio. Por otro lado, las zonas no aptas, representadas en rojo, engloban infraestructuras como construcciones, áreas urbanas y reservorios de agua destinados para fines industriales, entre otros elementos (Figura 19).

Figura 23

Mapa uso actual del suelo



Elaboración propia

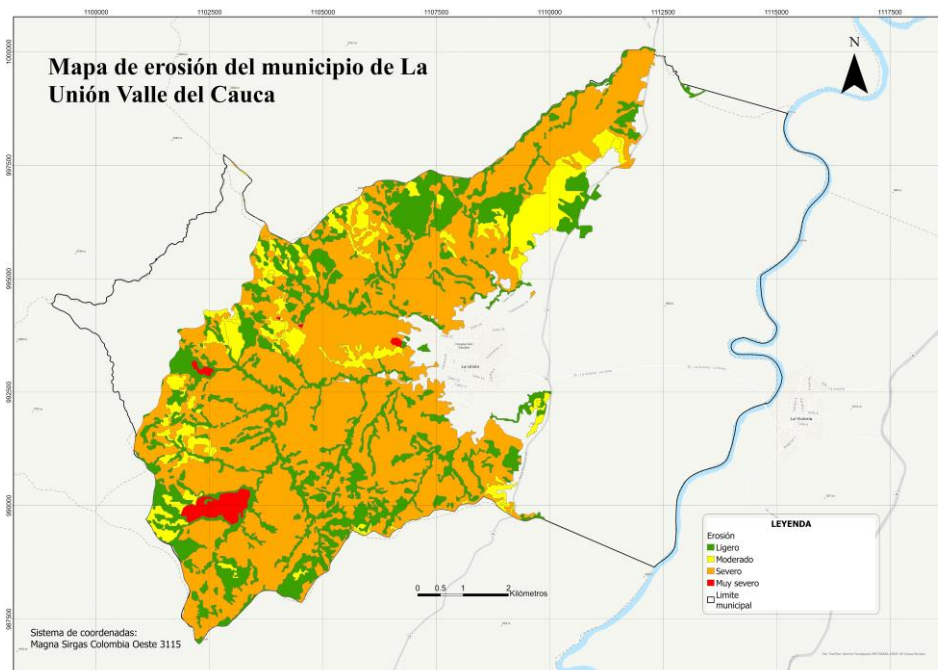
Erosión:

En el mapa resultante, se destaca que los datos están disponibles únicamente para una parte específica del municipio. Esto implica que, al calcular el criterio, las áreas sin información no se tendrán en cuenta en la superposición ponderada. Sin embargo, la inclusión de estas áreas es esencial, como se evidencia en los tonos naranja y rojo, ya que indican una mayor erosión en regiones con una mayor presión agropecuaria. Esta correlación se confirmó al comparar este mapa con el mapa de uso del suelo.

Por otro lado, las áreas con erosión "ligera" coinciden con las zonas donde se conserva la franja forestal. Este hallazgo subraya la importancia de preservar las áreas circundantes a los cuerpos de agua para garantizar la calidad y cantidad sostenible del recurso hídrico (Figura 20).

Figura 24

Mapa de erosión

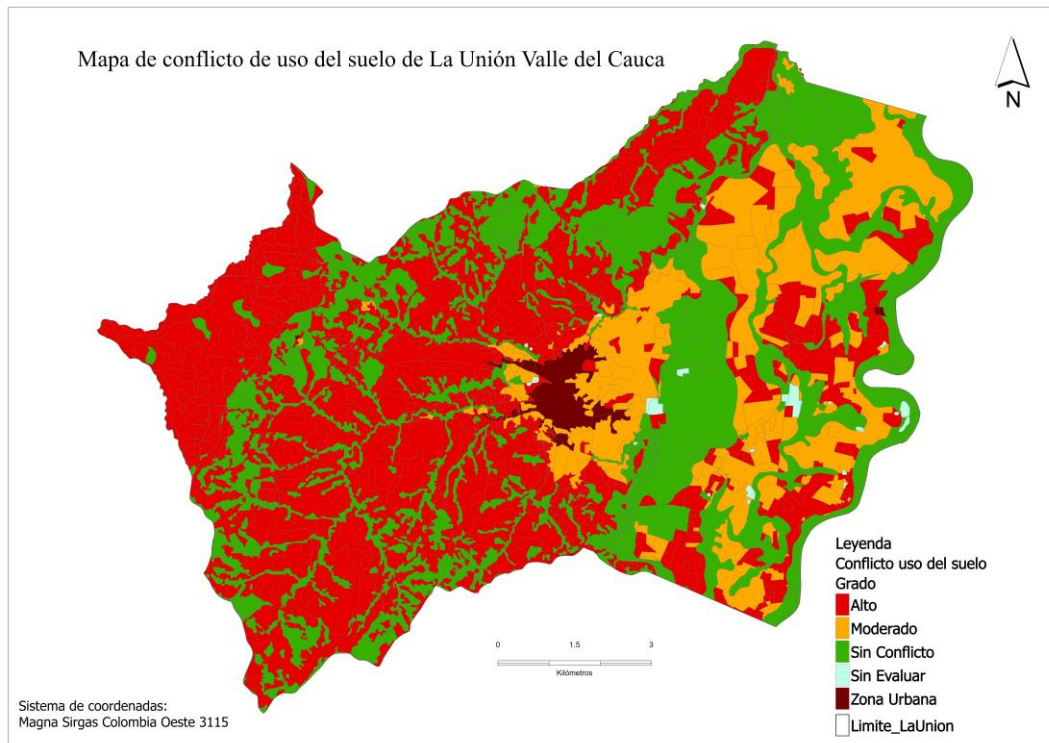


Conflicto uso del suelo:

El mapa resultante del conflicto de uso del suelo se destacan las áreas libres de conflicto en color verde, principalmente ubicadas en la parte alta del municipio, donde se observan franjas forestales a lo largo de algunas quebradas, ríos y drenajes. No obstante, junto a estas áreas, se identifica el color rojo, indicando un alto grado de conflicto por el uso del suelo. Este conflicto surge principalmente porque las zonas de conservación designadas por la ley segunda y el DRMI RUT Nativos no están siendo utilizadas según las indicaciones de la autoridad ambiental y el uso potencial del suelo. En estas áreas de la zona alta, se evidencian prácticas como ganadería extensiva y monocultivos, que están en contradicción con el uso recomendado.

En la zona plana, aunque hay menos áreas resaltadas en rojo, se observa presencia del color naranja. Esto se debe a que hay usos del suelo que no son los ideales, aunque no afectan de manera tan grave la cobertura del suelo como lo indica el color rojo (Figura 21).

Es importante destacar que, en la zona alta, principalmente en las áreas de influencia de las quebradas, especialmente aquellas que abastecen los acueductos rurales, el conflicto por el uso del suelo debería ser menor. Estas zonas están destinadas a la conservación y/o prácticas agropecuarias sostenibles, lo que sugiere la necesidad de priorizar esfuerzos de conservación en estas áreas.

Figura 25*Mapa de conflicto del uso del suelo*

Fuente: elaboración propia

Proximidad a áreas protegidas:

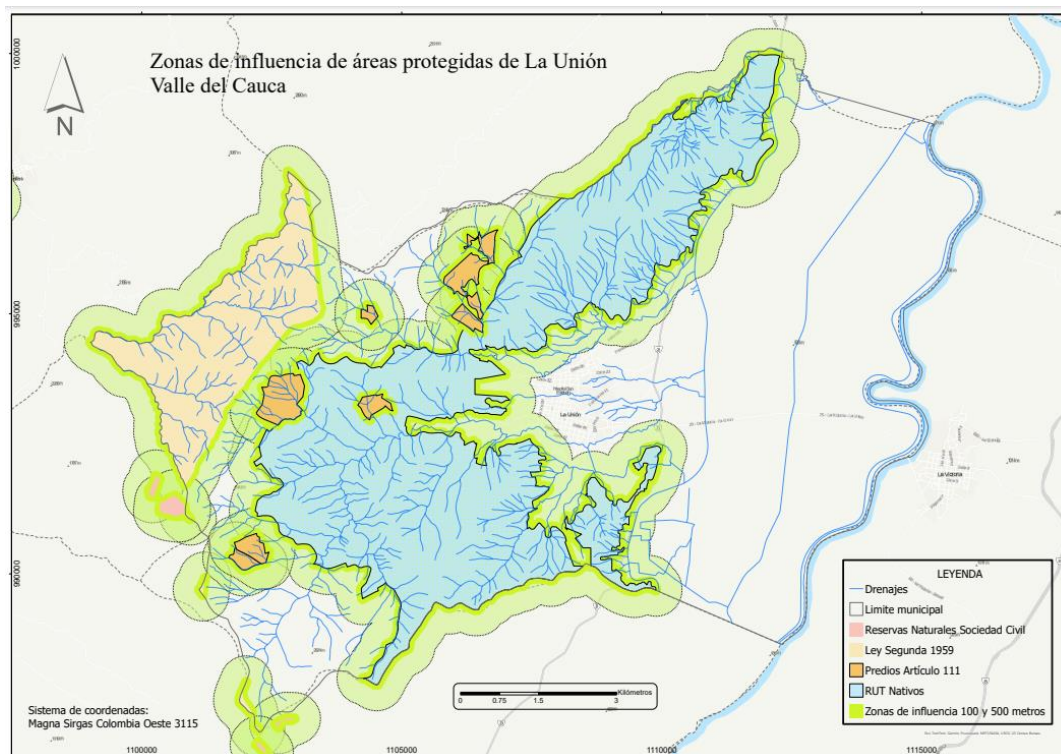
El mapa resultante muestra que, aunque no hay Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) directamente en el municipio, las áreas de influencia de estas reservas en municipios vecinos sí impactan significativamente en el territorio local. Estas áreas fueron consideradas en la superposición ponderada, destacando su relevancia en el análisis.

Por otro lado, las demás áreas protegidas, como las RUT Nativos, predios adquiridos bajo el artículo 11 y la Ley segunda, abarcan una extensa porción del territorio con sus respectivas zonas de influencia. Es fundamental señalar que cada una de estas áreas tiene asignado un valor

específico en la ponderación ponderada. Específicamente, las zonas más cercanas a estas áreas recibirán una ponderación mayor en el análisis multicriterio. Este enfoque tiene como objetivo fortalecer la prestación de servicios ecosistémicos, entre los cuales se destaca el recurso hídrico, al reconocer y valorar la importancia de las áreas protegidas en la planificación del uso sostenible del territorio (Figura 22).

Figura 26

Mapa proximidad a áreas protegidas



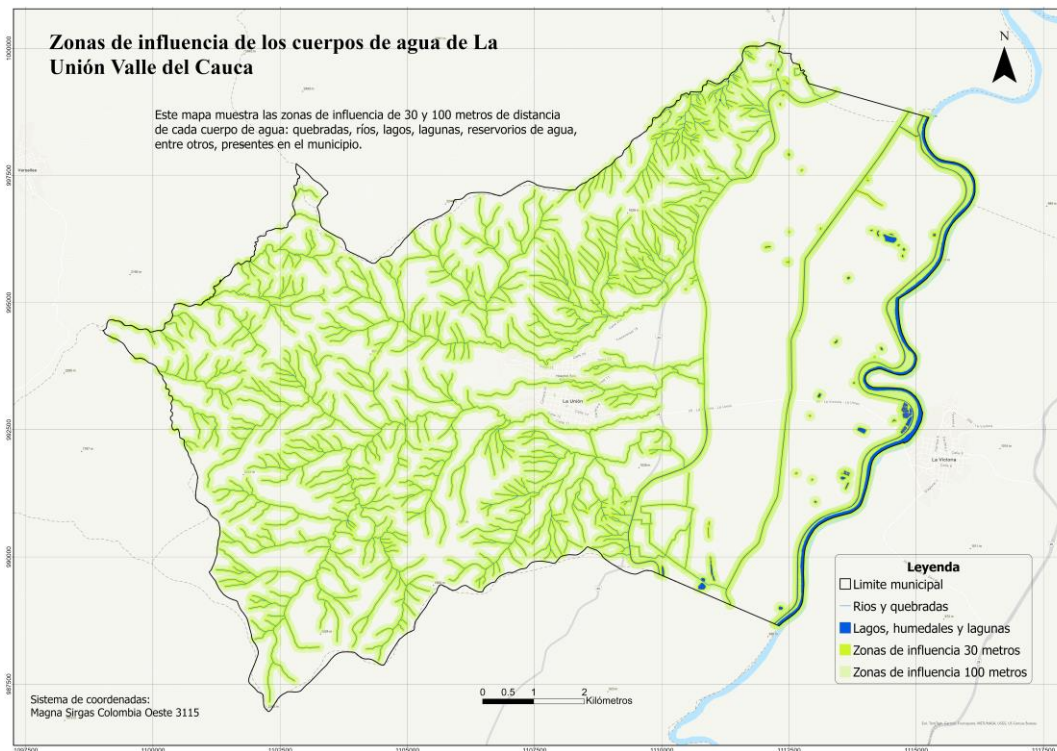
Fuente: elaboración propia

Proximidad a cuerpos de agua:

En el mapa elaborado para evaluar el criterio de proximidad a cuerpos de agua, se evidencia que una extensa porción del área municipal cuenta con una red de drenajes, quebradas, lagos y otros cuerpos de agua. Es importante destacar que, aunque algunos de estos elementos puedan no contener agua en la actualidad, siguen siendo parte integral de la estructura hídrica del municipio. Por lo tanto, este criterio debe ser considerado de manera significativa en el proceso de superposición ponderada, reconociendo la importancia de estos elementos para la gestión y planificación adecuada del recurso hídrico en el área municipal (Figura 23).

Figura 27

Mapa proximidad a cuerpos de agua



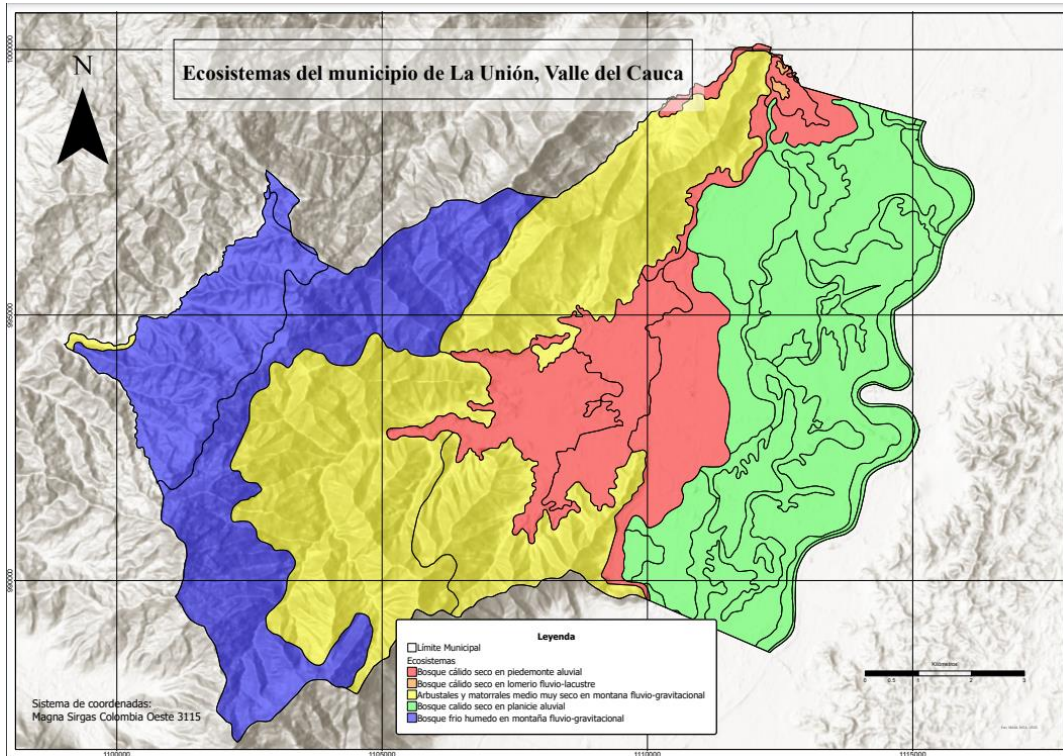
Ecosistema:

Este mapa destaca que el municipio de La Unión se encuentra integrado en cuatro (4) grandes ecosistemas que definen su territorio. Estos incluyen el Bosque frío húmedo en montaña fluvio-gravitacional, el Bosque cálido seco en planicie aluvial, los Arbustales y matorrales medio muy seco en montaña fluvio-gravitacional, y el Bosque cálido seco en piedemonte aluvial. Además, en una escala más reducida, se identifica el Bosque cálido seco en lomerío fluvio-lacustre. Este conocimiento resulta esencial para la identificación de áreas estratégicas en la gestión del recurso hídrico.

El Bosque frío húmedo en montaña fluvio-gravitacional, representado en el mapa con un tono azul oscuro, destaca como el ecosistema con condiciones óptimas para la conservación y preservación del recurso hídrico. Esta revelación subraya que las zonas altas del municipio poseen las características más favorables para la producción de agua, resaltando la importancia de estas áreas en el contexto de la planificación hídrica y la conservación del recurso (Figura 24).

Figura 28

Mapa de ecosistemas



Proximidad a fuentes hídricas abastecedoras:

La consideración de este criterio resultó de suma importancia en el marco de la superposición ponderada, especialmente dada la naturaleza de este trabajo que aborda las fuentes hídricas superficiales. Entre estas, las que abastecen acueductos se destacan como cruciales para la comunidad. En este contexto, al revisar el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio y los informes de la Autoridad Ambiental, fue factible identificar de manera precisa las fuentes hídricas que sirven como suministro para los acueductos locales.

Adicionalmente, para este criterio, se ha considerado la delimitación de las zonas de influencia de estas fuentes hídricas. Se reconoce que las áreas más cercanas a estas fuentes deben ser priorizadas en el proceso de conservación del recurso hídrico, como se observa en la Figura 25. Este enfoque estratégico garantiza una atención especial a aquellas áreas que tienen un impacto más directo en la provisión de agua para la comunidad, contribuyendo así a una gestión más eficiente y sostenible del recurso hídrico en el municipio.

Figura 29

Mapa de fuentes hídricas abastecedoras



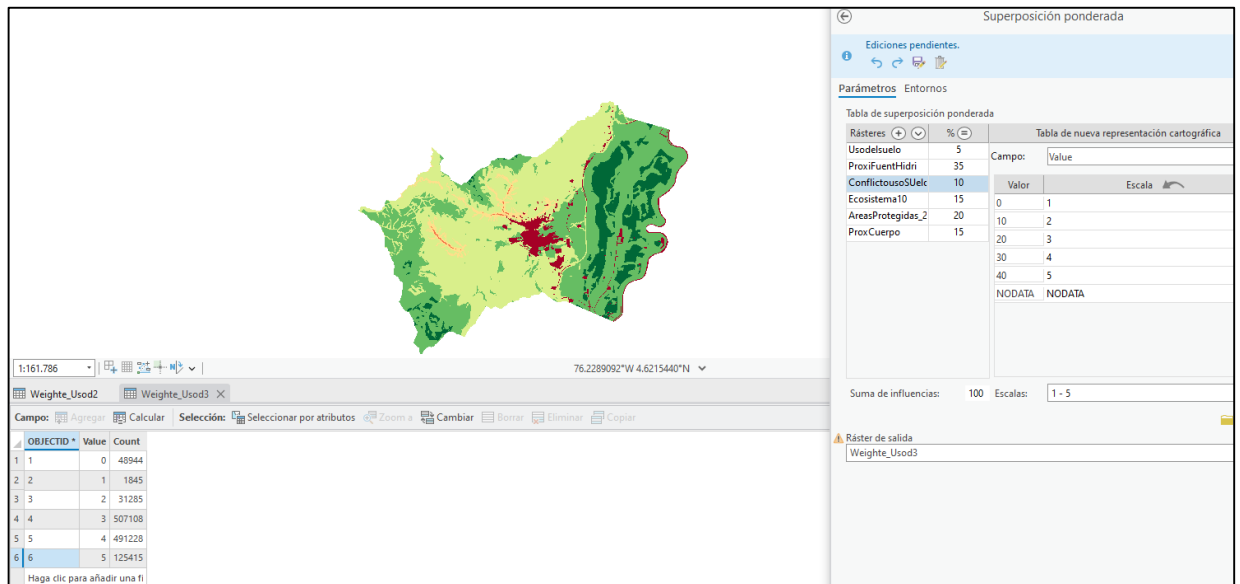
7.3.2 Áreas de importancia estratégica

Tras aplicar la herramienta de Superposición de capas, se generó un mapa que identifica las áreas a priorizar, clasificadas del 1 al 5, donde el valor más alto (1) representa las zonas óptimas para la conservación del recurso hídrico, como se muestra en la Figura 26.

Para una mejor interpretación visual, se ajustó la simbología del mapa. Las zonas prioritarias para la conservación del recurso hídrico se representan en un tono verde oscuro, las áreas de alta priorización en verde, las áreas de priorización media en amarillo, y las zonas en las que no se recomienda priorizar estas estrategias de conservación se destacan en tonos naranja y rojo, como se ilustra en la Figura 26. Este enfoque facilita una comprensión rápida y clara de las áreas que requieren atención prioritaria en el contexto de la gestión del recurso hídrico.

Figura 30

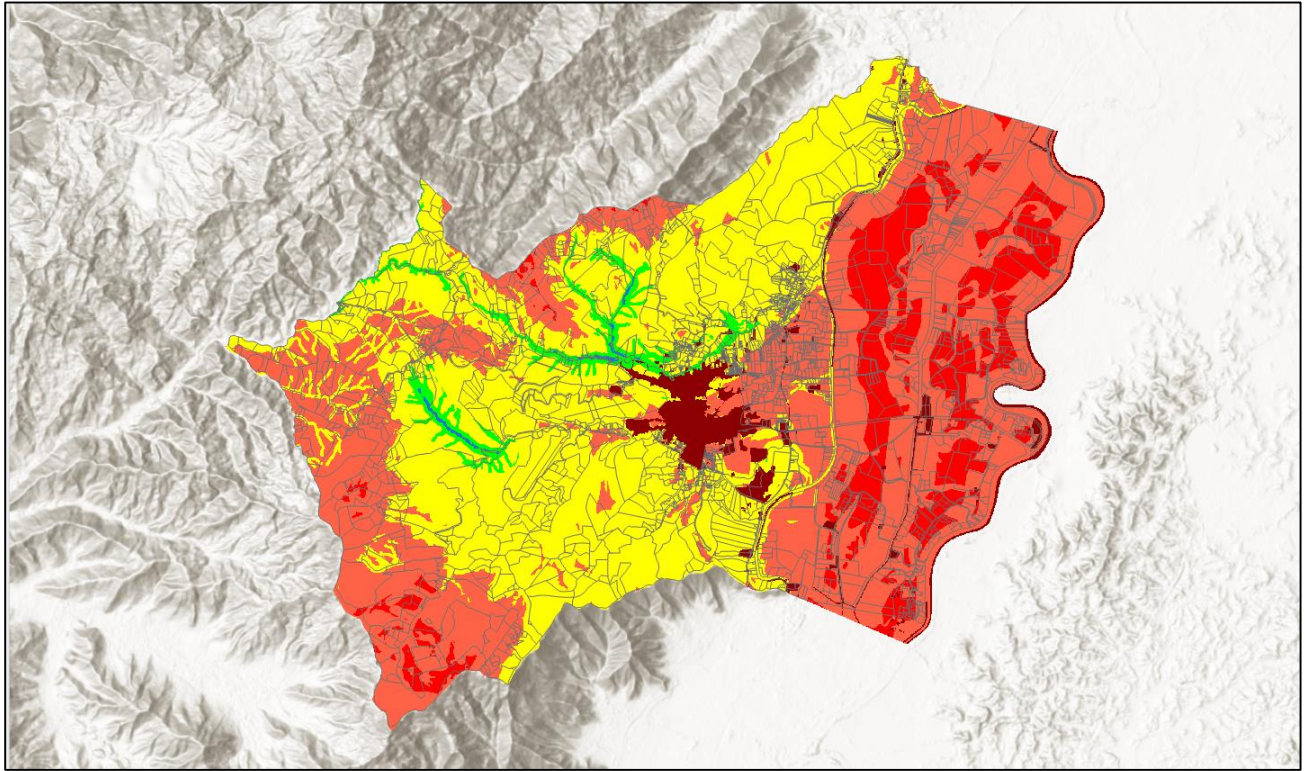
Resultado de la aplicación de la herramienta superposición ponderada



Fuente: propia

Figura 31

Resultado al modificar la simbología



Fuente: propia

7.4 Portal web geográfico

Al personalizar el portal web en ArcGIS Hub se obtuvo una página con un encabezado denominado: Geo Hídrico La Unión, donde se especificó que es un portal Web para la conservación del recurso hídrico del municipio de La Unión, Valle del Cauca (Figura 31).

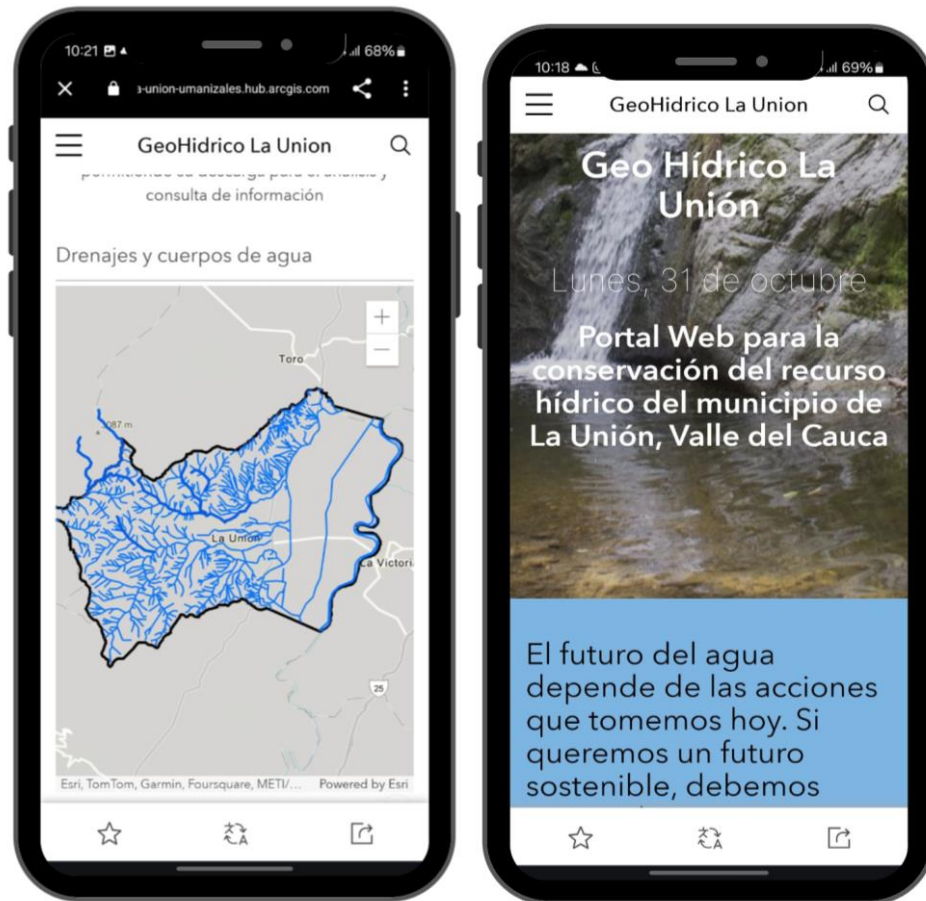
Figura 32*Encabezado del portal Web*

Fuente: elaboración propia en ArcGIS Hub

Este portal está diseñado para ser accesible a toda la comunidad, ofreciendo una visualización pública que puede ser explorada desde cualquier dispositivo con acceso a Internet (Figura 33). Esta accesibilidad facilita su uso y fomenta la participación de diversos usuarios, desde residentes locales hasta expertos en el ámbito hídrico. La interfaz amigable y la disponibilidad en línea garantizan que la información sobre el entorno hídrico esté al alcance de todos, promoviendo así la conciencia y el compromiso comunitario en torno a la gestión sostenible de los recursos hídricos.

Figura 33

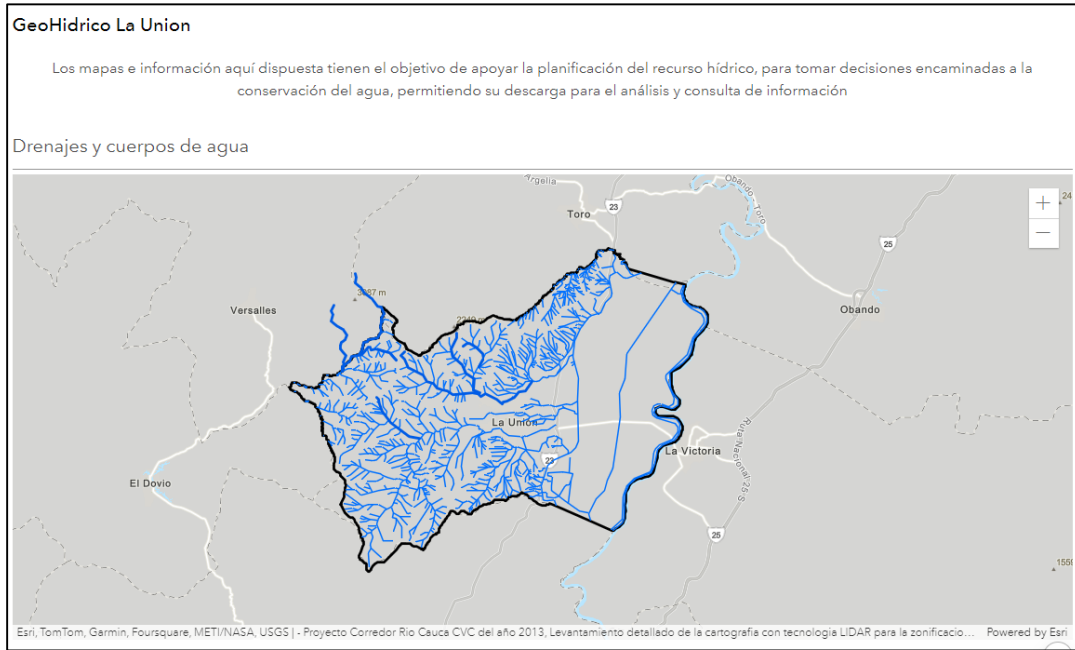
Portal Web desde dispositivos móviles



Dentro del portal Web se cargaron los mapas resultantes de cada criterio (Figura 34), de manera que los usuarios al hacer clic en cada polígono o línea, obtengan información precisa, por ejemplo, en el caso del uso del suelo, información sobre el tipo de uso del suelo en cada polígono, el área de ese uso del suelo y si se consideró en el trabajo apto o no apto para la conservación del recurso hídrico (Figura 35).

Figura 34

Mapa drenajes y cuerpos de agua en el portal Web

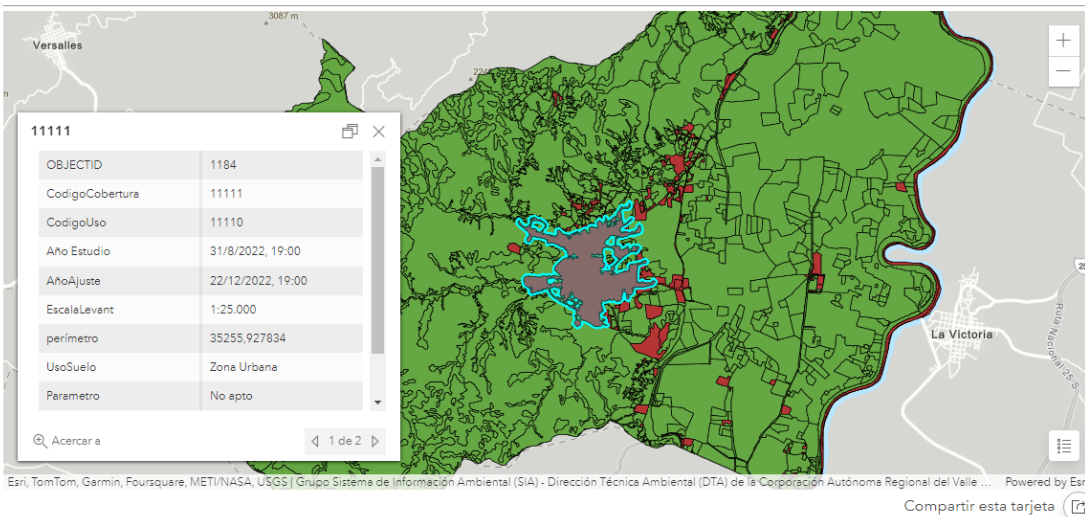


Fuente: propia con información de la CVC

Figura 35

Mapa Uso del suelo cargado en el portal Web

Uso del Suelo



Fuente: propia con información de la CVC

Del mismo modo, se adjuntó información sobre la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente del Municipio, ya que fue a ellos a quienes se les socializó y entregó el portal Web para su uso y difusión (Figura 36).

Figura 36

Información de contacto del portal Web



8. Discusión de resultados

La implementación del portal web geográfico se posiciona como una herramienta esencial no solo para la identificación de áreas críticas a conservar en pro del recurso hídrico, sino también como un instrumento valioso para la planificación territorial. En la actualidad, diversas iniciativas, como los Pagos por Servicios Ambientales (PSA) y los incentivos a la conservación, están dirigidas a proteger principalmente las fuentes hídricas que abastecen acueductos. Sin embargo, estas zonas deben ser debidamente identificadas por las Administraciones Municipales y Departamentales, una tarea que, en muchos casos, no se realiza de manera efectiva.

A pesar de los esfuerzos de las Autoridades Ambientales, que proporcionan cartografías, guías y manuales como insumos para la toma de decisiones, la falta de integración de esta información en las administraciones o su desconocimiento interno es evidente. En este contexto, el desarrollo del portal web geográfico emerge como una estrategia clave, permitiendo a los tomadores de decisiones y a la comunidad en general conocer estas áreas críticas y su importancia.

La utilización de la herramienta de superposición ponderada, asignando valores a cada criterio, ha permitido identificar áreas prioritarias para estrategias de conservación, especialmente aquellas cercanas a las fuentes hídricas que abastecen acueductos. Además, al superponer la capa de predios rurales, se destacan los predios donde se deben iniciar estos

procesos, consolidando así una herramienta fundamental para llevar a cabo iniciativas como la construcción del esquema de Pagos por Servicios Ambientales

9. Conclusiones

La revisión exhaustiva de metodologías desempeñó un papel crucial en este estudio al proporcionar una visión integral del estado del arte. Este proceso permitió comprender el trabajo previo de otros investigadores y reconocer que el análisis multicriterio emerge como la metodología más eficaz para identificar áreas de importancia estratégica en la conservación del recurso hídrico.

La fortaleza del análisis multicriterio radica en su capacidad para vincular diversos criterios, previamente reconocidos como fundamentales en la literatura, en un enfoque integrado. Esta metodología no solo permitió la identificación de áreas de importancia estratégica, sino que también posibilitó la creación de mapas y salidas cartográficas para cada criterio. Estas representaciones visuales no solo refuerzan la comprensión de las zonas prioritarias, sino que también ofrecen herramientas valiosas para los tomadores de decisiones. Al proporcionar información visual detallada, se facilita significativamente el proceso de identificación de áreas estratégicas, contribuyendo así a una toma de decisiones más informadas y eficientes.

La recopilación y organización de información geoespacial se revela como un componente esencial para la planificación efectiva del recurso hídrico. La información geoespacial no solo constituye la base fundamental para la toma de decisiones informadas, sino

que también proporciona una comprensión más profunda y visual del entorno. Cabe destacar que recopilar esta información no es una tarea sencilla; implica la integración de datos de diversas fuentes, su procesamiento y su organización de manera coherente.

En este contexto, el Sistema de Información Geográfica (SIG) a nivel municipal juega un papel clave. La importancia de contar con un SIG municipal radica en su capacidad para centralizar y gestionar datos geoespaciales relevantes. Esto facilita la accesibilidad a la información, agiliza los procesos de análisis y posibilita la creación de mapas detallados. Así, la información geoespacial se convierte en un recurso valioso que potencia la calidad y eficacia de la planificación del recurso hídrico, ofreciendo a los tomadores de decisiones una herramienta esencial para abordar los desafíos relacionados con la gestión sostenible del agua.

La generación de salidas cartográficas, accesibles a través de un portal web geográfico, emerge como un medio efectivo para traducir estos análisis en información visualmente impactante y fácilmente interpretable.

La disponibilidad de estas salidas cartográficas en un portal Web geográfico, no solo facilita la accesibilidad a la información, sino que también proporciona una herramienta interactiva y dinámica para la planificación y seguimiento continuo del recurso hídrico. Los usuarios, incluyendo tomadores de decisiones y la comunidad en general, pueden explorar visualmente las áreas identificadas como clave para la conservación, permitiendo una toma de decisiones fundamentada y un seguimiento activo de las acciones implementadas en el marco de la gestión sostenible del recurso hídrico.

10. Recomendaciones

- El fortalecimiento del portal Web con información sobre otros temas ambientales como la biodiversidad, el suelo y el aire, serían una herramienta de planificación excelente que conduciría a tomar decisiones informadas y mejorar la calidad ambiental del municipio
- Para la Alcaldía Municipal de La Unión Valle, la incorporación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) representaría un impulso invaluable para potenciar las iniciativas de conservación. Este recurso tecnológico permitiría la recopilación, análisis y visualización de datos geoespaciales de manera eficiente, proporcionando una comprensión más profunda de la distribución y estado de los recursos naturales en el municipio.
- Con la implementación de un SIG, se facilitaría la identificación y delimitación precisa de áreas de especial importancia para la conservación, como aquellas con alta biodiversidad, suelos fértiles o calidad del aire crítica. Además, este sistema permitiría la integración de información sobre factores ambientales clave, creando un panorama integral que respaldaría la toma de decisiones informada. Además, el SIG podría servir como una plataforma central para gestionar y monitorear proyectos de conservación, optimizando la asignación de recursos y asegurando un seguimiento efectivo de los resultados.

- La conservación del recurso hídrico es actualmente es uno de los temas mas importantes, por tal motivo, tener en cuenta donde se deben dirigir los esfuerzos de conservación es fundamental.
- El portal web geográfico debe ser difundido con la finalidad de apoyar la apropiación de la comunidad frente a la gobernabilidad del recurso hídrico.

11. Referencias

- Alcaldía Municipal de La unión Valle del Cauca. (11 de Diciembre de 2015). Plan básico de Ordenamiento Territorial. La Union, Valle del Cauca, Colombia.
- Alvarado Solano, D. P., & Otero Ospina, J. T. (2015). Distribución Espacial del Bosque Seco Tropical en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 141-153. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.46703>
- Arenas Quiñones, C. L., Gómez Santamaría, P., & Isaza Rengifo, J. Y. (2017). *MÓDULO EN AMBIENTE WEB PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Benegas, L., & León, J. (2009). *Criterios para priorizar áreas de intervención en cuencas hidrográficas*. Turrialba: CATE. Recuperado el 10 de 01 de 2024, de https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1036/Criterios_para_priorizar_areas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cardona Gallego, R. J., Marín Marín, N., Morales Gonzalez, H., & Zapata Suarez, J. D. (2003). *Áreas de importancia estratégica para al conservación del Recurso Hídrico*. Medellín: Corporación Autónoma regional del Centro de Antioquia.
- Chávez González, H., González Guillén, M. d., & Hernandez de la Rosa, P. (2014). Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8-23. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n27/v6n27a2.pdf>
- Conti Giménez, E., Cabezón Gonzales, I., & Rendas da Silva, R. (2010). Sistema de Información Geográfica para La Gestión del Recurso Hídrico. *Revista Geográfica de America Central*, 175 -190.
- Contraloría Departamental del Valle del Cauca. (2011). *Informe de Auditoría Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Obtenido de <https://www.contraloriavalledelcauca.gov.co/publicaciones/38948/auditorias-2012/descargar.php?id=4199>
- Diaz Baez, S. A. (2020). *Modelo Multicriterio (AHP) para la priorización predial en procesos de reconversión productiva en el páramo de Chingaza*. Bogotá: Universidad Santo Tomás. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33178/2021sergiodiaz.pdf?seq>

- Dube, T., Shekede, M. D., & Massari, C. (2022). Teledetección para Recursos Hídricos y Gestión Ambiental. Detección remota. *MDPI AG*, 1-18.
doi:<http://dx.doi.org/10.3390/rs15010018>
- Espinosa Guzman, S. A., & Romero Rodriguez, E. D. (2019). *Priorización de ecosistemas estratégicos y áreas de importancia ecológica en el departamento del Tolima a través de modelos SIG*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Estévez Valencia, C., Herrera Ascencio, P., & Tiribocch, A. (2019). *Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Madrid: CODIA.
- Guzmán Arias, I., & Calvo Alvarado, J. (2013). Planificación del Recurso Hídrico en América Latina y el Caribe. *Tecnología en Marcha*, 26(1), 3-18.
- Hernandez, Y., Lopez, D., & Moya, F. (2019). Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental. *Espacios*.
- López Fernandez, F. (10 de Octubre de 2017). *Construyendo "Smart Communities" con ArcGIS Hub*. Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/construyendo-smart-communities-con-arcgis-hub-1%C3%B3pez-fern%C3%A1ndez/?originalSubdomain=es>
- Marin Arango, J. A. (2019). Visor Geográfico de los índices de la calidad de agua, municipios categoría 4,5 Y 6, Valle del Cauca. *RIDUM*.
- Márquez, G. (1997). Ecosistemas estratégicos para la sociedad: bases conceptuales y metodológicas. *Ensayos de Economía*, 7(13), 113-141.
- Mendoza, M., Gozales Terrazas, D., Morales Manilla, L. M., López, E., Israde, I., & Vekerdy, Z. (2008). *Uso de Técnicas de análisis multicriterio para la priorización de subcuencas y municipios para la conservación, restauración y el aprovechamiento de los recursos naturales en la Cuenca del LAgo Cuitzeo*. Morelia: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Criterios para la priorización de cuencas hidrográficas objeto de ordenación y manejo*. Bogotá. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-31.-Criterios-para-la-priorizacion-de-cuencas-hidrograficas-objeto-de-Ordenacion-y-Manejo.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Colombia, Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- Molina, A. M., López, L. F., & Villegas, G. I. (2005). Los Sistemas de Información Geográfica en la planificación municipal. *EIA*(4), 21-31. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372005000200003&lng=en&nrm=iso
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.
- Ordóñez Córdoba, J. A. (2009). Descubrimiento de procesos web como soporte para la gestión del recurso hídrico. *Repositorio Universidad de Cauca*.
- Posada Fandiño, H. B. (2015). *Evaluación multicriterio y SIG como herramientas para gestión territorial*. Bogotá: Universidad Santo Tomás. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2270/2015heidyposada.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
- Proagua. (2014). *Definir los Criterios e Identificar cartográficamente las áreas estratégicas para el abastecimiento hídrico en los municipios*. Cali: CVC.
- Ramírez Leal, J. C., Monsalve Durango, E. A., Lozano Sandoval, G., & Osorio Jiménez, L. V. (2014). Sistema de información Web para la administración del recurso hídrico superficial de la cuenca del río La Vieja en Colombia. *Entramado*, 324-338.
- Sánchez Campos, K. (2003). *Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo del recurso Hídrico en la Cuenca del río Sarapiquí*. Tirrialba: CATIE.

