

# Modelo para abordar la falta de conocimiento espacial sobre la disponibilidad de cuencas hidrográficas para abastecer cultivos de caña en el Valle del Cauca, aplicando herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

Autores: Londoño Mejía, Camilo [Augusto-calondonome@unadvirtual.edu.co](mailto:Augusto-calondonome@unadvirtual.edu.co)-UNAD. Pimentel Salazar, Juan [Paulo-jppimentels@unadvirtual.edu.co](mailto:Paulo-jppimentels@unadvirtual.edu.co) UNAD. Docente Asesor: Toro Trochez, Oscar [Andres-oscar.toro@unad.edu.co](mailto:Andres-oscar.toro@unad.edu.co)

JUAN PAULO PIMENTEL 22 DE MAYO DE 2023 00:44 UTC

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se enfoca en la problemática de la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca, específicamente relacionada con el cultivo de caña de azúcar. Se identifican varios desafíos que dificultan el acceso a la información necesaria y la realización de un análisis espacial completo para la toma de decisiones sobre el riego y el manejo del agua.

Uno de los principales obstáculos es la fragmentación de la información, ya que los datos relevantes se encuentran dispersos entre diferentes instituciones y entidades. Esto dificulta el acceso a la información necesaria para el análisis espacial completo, lo que obliga a los agricultores a buscar en múltiples fuentes y enfrentar un proceso largo y tedioso. Además, la falta de estandarización en la recopilación y gestión de datos agrava este problema.

Los agricultores carecen de la capacitación necesaria para recopilar, analizar y visualizar datos geoespaciales, y muchos no cuentan con los recursos tecnológicos adecuados. Esto limita su capacidad para aprovechar el potencial de los SIG en el contexto de la disponibilidad hídrica.

Para abordar esta problemática, se propone desarrollar un modelo lógico entidad-relación que relacione diferentes entidades clave, como los campesinos, las cuencas hidrográficas, las instituciones de gestión del agua, los datos geoespaciales, los SIG y las empresas azucareras. Además, se plantea una secuencia lógica de geoprocesos y modelamientos utilizando herramientas como QGIS para identificar y mapear la disponibilidad hídrica en el Valle del Cauca.

Este proyecto de investigación busca proporcionar una visión integral de la problemática de la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca y su impacto en el cultivo de caña de azúcar. Los resultados obtenidos permitirán

generar información útil para la toma de decisiones informadas en el manejo del agua, tanto para los agricultores como para las instituciones y empresas relacionadas. Asimismo, se espera contribuir a la concienciación y promoción de buenas prácticas de manejo del agua en la región.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguos del mundo y se cree que comenzó hace unos 3.000 años era una especie de hierba en la isla de Nueva Guinea y desde entonces se extendió a Borneo, Sumatra e India. Fue traído a Colombia por Pedro de Heredia en 1510, luego Sebastián de Belalcázar, fundador de Santiago de Cali, plantado en el Valle del Cauca durante su estancia en Yumbo en 1541. Fueron fundados alrededor de 1550 tres fábricas a orillas del río Amaime y desde esta región se transportaba azúcar y miel Panamá en 1588. Para 1721 funcionaban 33 fábricas en el Valle del Cauca. La caña de azúcar que se cultiva en esta época se llama criolla, que se deriva de la planta de la caña de azúcar, entregada por los españoles. Durante una visita a nuestro país, un científico alemán,

Alexander Von Humboldt introdujo la variedad Tahití a los terratenientes del Valle del Cauca, fue introducido al Valle del Cauca entre 1802 y 1808 y se extendió por todo el mundo territorio colombiano (Cenicña,2013).

La disponibilidad hídrica en la agricultura, especialmente en zonas con cultivo de caña de azúcar como el Valle del Cauca, presenta desafíos que dificultan la toma de decisiones informadas sobre riego y manejo del agua. En este trabajo, se aborda la problemática de la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca, con énfasis en el cultivo de caña de azúcar.

Los principales obstáculos identificados son la fragmentación de la información relacionada con el agua y la falta de integración de datos geoespaciales en un sistema centralizado. Además, existen barreras tecnológicas y de capacitación para el uso de

sistemas de información geográfica. El acceso limitado a la información dificulta la toma de decisiones informadas por parte de los agricultores.

Con el propósito de abordar estos desafíos, se propone desarrollar un modelo lógico entidad-relación que relacione entidades clave como campesinos, cuencas hidrográficas, instituciones de gestión del agua, datos geoespaciales, sistemas de información geográfica y empresas azucareras. También se plantea la utilización de herramientas como QGIS para identificar y mapear la disponibilidad hídrica en el Valle del Cauca.

Este estudio busca proporcionar una visión integral de la problemática de la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca y su impacto en el cultivo de caña de azúcar. Además, se busca ofrecer recomendaciones concretas para mejorar la gestión del agua, promover la integración de datos geoespaciales y facilitar la toma de decisiones informadas en la agricultura.

## Objetivos

Objetivo general:

Diseñar un modelo para abordar la falta de conocimiento espacial sobre la disponibilidad de cuencas hidrográficas para abastecer cultivos de caña en el departamento del Valle del Cauca, aplicando herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

Objetivos específicos:

1. Diseñar una propuesta metodológica que permita identificar la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca, a través de geo procesos espaciales.
2. Desarrollar un modelo lógico entidad-relación que permita identificar los elementos que interactúan en el área de estudio.
3. Proponer recomendaciones eficientes para mejorar la gestión del agua para el cultivo de caña de azúcar.

## Identificación de la problemática ambiental o caso de estudio

La disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca es crucial para los productores que se dedican al cultivo de caña de azúcar. Sin embargo, existen diversos desafíos que dificultan el acceso a la información necesaria y la realización de un análisis espacial completo que pueda ser utilizado por los agricultores en la toma de decisiones relacionadas con el riego y el manejo del agua.

Entonces, tenemos en primer lugar que la información sobre la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca se encuentra fragmentada y dispersa entre diferentes instituciones y entidades. Esta fragmentación dificulta el acceso

a los datos necesarios para realizar un análisis espacial completo. Los campesinos deben recurrir a múltiples fuentes de información, lo que resulta en un proceso largo y tedioso. Además, la falta de estandarización en la recopilación y gestión de los datos agrava aún más este problema.

Además de la fragmentación de la información, existe una falta de integración de datos geoespaciales en una sola plataforma o sistema. Las instituciones encargadas de recopilar y gestionar esta información a menudo operan de manera independiente, sin coordinación ni intercambio efectivo de datos. Esta falta de integración dificulta la realización de un análisis espacial completo y dificulta que los campesinos accedan a una visión global de la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas.

Otro obstáculo importante es la presencia de barreras tecnológicas y de capacitación. El uso de sistemas de información geográfica (SIG) para el análisis espacial requiere habilidades técnicas y conocimientos especializados. Los productores, en su mayoría, carecen de la capacitación necesaria para recopilar, analizar y visualizar los datos geoespaciales. Además, muchos de ellos no cuentan con los recursos tecnológicos adecuados para llevar a cabo este tipo de análisis. La falta de acceso a la tecnología y la capacitación limita la capacidad de los campesinos para aprovechar el potencial de los SIG en el contexto de la disponibilidad hídrica.

A su vez, el acceso limitado a la información también es una limitación significativa. Los campesinos pueden enfrentar dificultades para obtener los datos necesarios sobre la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas. La falta de difusión de información relevante y la falta de conciencia sobre su existencia dificultan que los agricultores tomen decisiones informadas sobre el riego y el manejo del agua en sus cultivos de caña de azúcar.

Por último, es importante reconocer que este sector requiere de análisis espaciales específicos que se adapten a sus necesidades y condiciones particulares. No es suficiente tener datos generales sobre la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas. Los agricultores necesitan análisis que consideren factores como el tamaño y la ubicación de sus terrenos de cultivo, los sistemas de riego utilizados y las características específicas de los cultivos de caña de azúcar. Esto requiere un enfoque personalizado y la adaptación de los análisis espaciales a las circunstancias individuales de los campesinos.

### Desarrollo y análisis del caso de estudio

#### 1. modelo lógico entidad-relación

**Entidades:**

1. Campesinos: Los agricultores que se dedican al cultivo de caña de azúcar en el Valle del Cauca son los principales actores afectados por la disponibilidad hídrica. Son quienes requieren acceder a información precisa y análisis espaciales para tomar decisiones informadas sobre el riego y el manejo del agua en sus cultivos.
2. Cuencas hidrográficas: Son las áreas geográficas que recogen y drenan las aguas superficiales y subterráneas

hacia un punto común, como un río, lago o mar. Las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca son fundamentales para el suministro de agua utilizada en los cultivos de caña de azúcar.

- Instituciones y entidades encargadas de la gestión del agua: Diferentes instituciones y entidades a nivel local, regional y nacional están involucradas en la gestión del agua en el Valle del Cauca. Esto incluye entidades gubernamentales, como los ministerios de agricultura y ambiente, los institutos de recursos hídricos, las corporaciones autónomas regionales, entre otros.
- Datos geoespaciales: La disponibilidad y calidad de los datos geoespaciales, como la topografía, las características del suelo y la red de drenaje, son fundamentales para realizar un análisis espacial de la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas. Estos datos son recopilados y gestionados por instituciones especializadas, como los institutos geográficos y cartográficos.
- Sistemas de información geográfica (SIG): Los SIG son herramientas tecnológicas utilizadas para recopilar, almacenar, analizar y visualizar datos geoespaciales. Estos sistemas permiten realizar análisis espaciales y generar información útil para la toma de decisiones. En este contexto, los SIG pueden ser utilizados para analizar la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas y su relación con los cultivos de caña de azúcar.
- Empresas azucareras: Las empresas dedicadas a la producción y procesamiento de caña de azúcar desempeñan un papel importante en el cultivo de caña en el Valle del Cauca. Estas empresas dependen de la disponibilidad hídrica para asegurar un suministro adecuado de agua para el riego de los cultivos y el procesamiento de la caña.

- Organizaciones de agricultores: Existen organizaciones y asociaciones que representan a los agricultores dedicados al cultivo de caña de azúcar en el Valle del Cauca. Estas organizaciones desempeñan un papel en la defensa de los intereses de los agricultores, la promoción de buenas prácticas agrícolas y la búsqueda de soluciones para los desafíos relacionados con la disponibilidad hídrica.
- Centros de investigación agrícola: Instituciones y centros de investigación agrícola juegan un papel importante en el desarrollo de conocimientos y tecnologías relacionadas con el cultivo de caña de azúcar y la gestión del agua. Estos centros realizan investigaciones, pruebas de campo y ofrecen asesoramiento técnico a los agricultores.
- Entidades de financiamiento agrícola: Las instituciones financieras que ofrecen servicios de crédito y financiamiento agrícola también se relacionan con la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca. Estas entidades pueden ofrecer préstamos y apoyo financiero para inversiones en

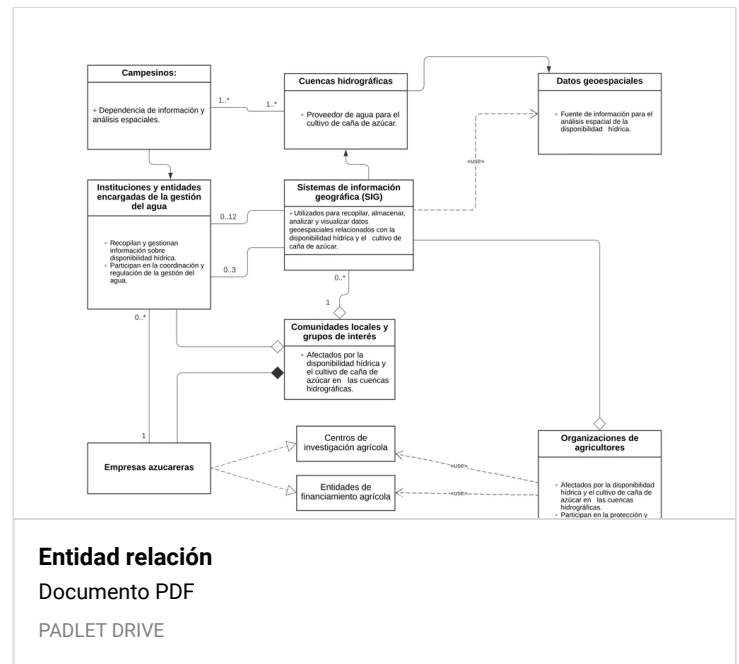
infraestructuras de riego y sistemas de gestión del agua.

- Comunidades locales y grupos de interés: Las comunidades locales que viven en las zonas cercanas a las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca también se ven afectadas por la disponibilidad hídrica y el cultivo de caña de azúcar. Además, existen otros grupos de interés, como organizaciones ambientalistas y entidades gubernamentales encargadas de la protección y conservación de los recursos hídricos

## Entidad relación

Figura 1.

Diagrama entidad-relación



Nota: Elaboración propia (2023).

A continuación, se presentan las relaciones existentes entre las entidades mencionadas para la creación de un modelo entidad-relación en el contexto de la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca y el cultivo de caña de azúcar:

- Campesinos:** Dependencia de información y análisis espaciales.
- Cuencas hidrográficas:** Proveedor de agua para el cultivo de caña de azúcar.
- Instituciones y entidades encargadas de la gestión del agua:** Recopilan y gestionan información sobre disponibilidad hídrica. Participan en la coordinación y regulación de la gestión del agua.
- Datos geoespaciales:** Fuente de información para el análisis espacial de la disponibilidad hídrica.

5. Sistemas de información geográfica (SIG):  
Utilizados para recopilar, almacenar, analizar y visualizar datos geoespaciales relacionados con la disponibilidad hídrica y el cultivo de caña de azúcar.
6. Empresas azucareras:  
Dependencia de la disponibilidad hídrica para el riego y el procesamiento de la caña de azúcar.
7. Organizaciones de agricultores:  
Defensa de los intereses de los agricultores dedicados al cultivo de caña de azúcar.  
Promoción de buenas prácticas agrícolas relacionadas con el manejo del agua.
8. Centros de investigación agrícola:  
Generación de conocimientos y tecnologías relacionadas con el cultivo de caña de azúcar y la gestión del agua.  
Ofrecimiento de asesoramiento técnico a los agricultores.
9. Entidades de financiamiento agrícola:  
Ofrecimiento de préstamos y apoyo financiero para inversiones en infraestructuras de riego y sistemas de gestión del agua.
10. Comunidades locales y grupos de interés:  
Afectados por la disponibilidad hídrica y el cultivo de caña de azúcar en las cuencas hidrográficas.  
Participan en la protección y conservación de los recursos hídricos.

#### **Secuencia Lógica**

- 1. Obtener los datos geoespaciales de las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca que incluyan información sobre los drenajes dobles y sencillos, y cuencas hidrográficas. Estos datos pueden ser proporcionados por instituciones especializadas en recursos hídricos o estar disponibles en repositorios públicos.
- 2. Importar los datos de las cuencas hidrográficas en formato compatible con QGIS, como shapefiles o archivos georreferenciados.
- 3. Realizar un análisis espacial de los datos de las cuencas hidrográficas utilizando las herramientas de procesamiento de QGIS. Esto puede incluir la identificación y clasificación de los drenajes dobles presentes en las cuencas, donde se puede utilizar recortes, desvanecidos para delimitar muy bien la zona de interés.
- 4. A partir de los resultados del análisis, generar una capa de información geoespacial que muestre los drenajes dobles en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca. Esta capa puede representarse mediante líneas o polígonos, según la representación adecuada para los datos disponibles.
- 5. Utilizar las herramientas de simbología de QGIS para visualizar los drenajes dobles y sencillos en el mapa. Puedes asignar colores o estilos distintivos a las líneas o polígonos que representan los drenajes dobles para resaltarlos en el mapa.

6. Agregar capas adicionales a la mapa que proporcionen contexto relevante para la problemática de la disponibilidad hídrica, como capas de cultivos de caña de azúcar, fuentes de agua y otras capas relacionadas que permitan identificar puntos de interés.
7. Ajustar la simbología y etiquetas del mapa según tus necesidades y preferencias. Puedes utilizar leyendas, etiquetas y títulos descriptivos para facilitar la comprensión de la problemática de la disponibilidad hídrica en el Valle del Cauca.
8. Guardar el mapa en un formato adecuado, como un archivo de imagen o un archivo PDF, para poder compartirlo con otros usuarios o utilizarlo en presentaciones o informes.

## **Requerimientos de hardware y software**

---

### **Requerimientos**

#### **Hardware**

##### **Ordenador/PC**

Se recomienda un ordenador con suficiente capacidad de procesamiento y memoria RAM para ejecutar QGIS y trabajar con datos geoespaciales de manera fluida. Se recomienda un procesador de al menos 2 GHz y 8 GB de RAM.

##### **Almacenamiento**

Espacio suficiente en el disco duro para almacenar los archivos de datos geoespaciales y otros archivos generados durante el proceso. La cantidad de espacio necesario dependerá del tamaño y la cantidad de los datos utilizados.

#### **Software**

##### **QGIS**

Es necesario tener instalado el software QGIS en el ordenador. Puedes descargar la versión más reciente de forma gratuita desde el sitio web oficial de QGIS (<https://qgis.org>). Asegúrate de utilizar una versión compatible con tu sistema operativo.

##### **Librerías y complementos de QGIS**

Algunas funcionalidades específicas pueden requerir la instalación de librerías y complementos adicionales en QGIS. Esto dependerá de las herramientas y análisis que desees realizar. Puedes consultar la documentación de QGIS y la comunidad de usuarios para obtener información sobre librerías y complementos recomendados.

### **Datos Geoespaciales**

#### **Archivos de cuencas hidrográficas y drenajes dobles**

Se requieren archivos de datos geoespaciales que contengan información precisa sobre las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca, incluyendo los drenajes dobles. Estos archivos pueden estar disponibles en formatos compatibles con QGIS, como shapefiles o archivos georreferenciados. Puedes obtener estos datos de instituciones especializadas, repositorios públicos o fuentes confiables.

## Espacio de trabajo adicional

Puede ser útil tener espacio de trabajo adicional para organizar y guardar los archivos generados durante el proceso, como capas adicionales, estilos, proyectos de QGIS, etc.

Es importante tener en cuenta que estos requerimientos son generales y pueden variar dependiendo de la complejidad de los datos utilizados y el alcance del análisis realizado. También es recomendable verificar los requisitos específicos del software QGIS y cualquier complemento utilizado, así como considerar la capacidad de almacenamiento y rendimiento del hardware disponible.

## 2. Planteamiento de los geoprocesos y modelamientos para la correcta identificación y mapificación del problema en cuestión

### Figura2.

Mapa Hidrografía del Departamento del Valle del Cauca



Nota: Mapa digital, IGAC. Fuente Sociedad Geográfica de Colombia, atlas de Colombia 2002. Fuente Barimetría: Prof. José Agustín Blanco Barros.

Basándonos en las entidades, relaciones y secuencia lógica previas, así como en los requerimientos mencionados, a continuación se presenta un planteamiento de los geoprocesos y modelamientos que podrían ser útiles para la correcta identificación y mapeo del problema de disponibilidad hídrica en el Valle del Cauca donde un análisis hidrológico puede identificar cuencas hidrográficas, calcular flujos de agua, detectar drenajes entre otros,

El análisis hidrológico en QGIS es una herramienta poderosa para evaluar la disponibilidad de agua para cultivos de caña de azúcar. Aquí tienes una descripción de los geoprocesos típicos involucrados en el análisis hidrológico y un paso a paso para utilizarlos en un estudio de disponibilidad de agua:

#### 1. Identificación de cuencas hidrográficas:

- Paso 1: Importa los datos geográficos necesarios, como datos de elevación (Modelo Digital de Elevación - MDE) y datos de ríos o corrientes.
- Paso 2: Utiliza la herramienta "Fill Sinks" para corregir las depresiones en el MDE y asegurarte de que el flujo de agua se calcule correctamente.
- Paso 3: Aplica la herramienta "Flow Accumulation" para calcular la acumulación de flujo de agua en función de la pendiente del terreno.
- Paso 4: Utiliza un umbral de acumulación de flujo de agua para delimitar las cuencas hidrográficas y extraerlas como polígonos.

#### 2. Cálculo de flujos de agua:

- Paso 1: Importa los datos de precipitación y datos de escurrimiento de la cuenca, si están disponibles.
- Paso 2: Utiliza la herramienta "Raster Calculator" para realizar operaciones matemáticas, como multiplicar el valor de precipitación por el área de la cuenca, para obtener los volúmenes de agua.
- Paso 3: Realiza un análisis estadístico para obtener información sobre los flujos de agua en cada cuenca, como el caudal promedio o el caudal máximo.

#### 1. Detección de drenajes:

- Paso 1: Importa los datos de ríos o corrientes en el área de estudio.
- Paso 2: Aplica la herramienta "Rasterize" para convertir los datos vectoriales de ríos en una capa raster.
- Paso 3: Utiliza la herramienta "Flow Direction" para calcular la dirección del flujo de agua basada en el MDE.

- Paso 4: Aplica la herramienta "Flow Accumulation" para determinar las áreas de alta acumulación de flujo, lo que indica la presencia de drenajes principales.
- Entonces, esos serían los geoprocesos, pero ahora cada persona que quiera realizar la investigación debería considerar en usar las siguientes capas para complementar su proyecto:

### **Lista de capas que pueden servir de complementos para la investigación particular**

#### **Modelo Digital de Elevación (MDE)**

Proporciona información sobre la elevación del terreno en el área de estudio. Se utiliza para calcular la pendiente del terreno y el flujo de agua en las cuencas hidrográficas.

#### **Datos de ríos o corrientes**

Proporcionan información sobre la red de drenaje en el área de estudio, como líneas que representan ríos, arroyos o corrientes. Estos datos son necesarios para identificar y mapear los drenajes principales en la zona.

#### **Datos de precipitación**

Representan la distribución espacial de la precipitación en el área de estudio. Estos datos pueden obtenerse a partir de estaciones meteorológicas o fuentes de datos climáticos y son esenciales para calcular los flujos de agua en las cuencas hidrográficas.

#### **Capa de uso del suelo**

Muestra la distribución de los diferentes tipos de uso del suelo en el área de estudio, como cultivos, bosques o áreas urbanas. Esta capa puede ayudar a identificar áreas específicas utilizadas para el cultivo de caña de azúcar.

#### **Capa de límites de cuencas hidrográficas**

Si se dispone de datos de límites de cuencas hidrográficas predefinidos, se pueden agregar como una capa adicional para facilitar la identificación y delimitación de las cuencas hidrográficas en el estudio.

Es importante tener en cuenta que el proceso exacto puede variar según los datos disponibles y los objetivos específicos de tu estudio. Además, es recomendable consultar la documentación de QGIS o buscar tutoriales específicos en línea para obtener una guía detallada sobre el uso de cada herramienta y ajustar los parámetros según tus necesidades y datos de entrada.

Después de eso, para que la información sea presentada de forma clara, y pueda servir como un conocimiento general y cultura fácil de compartir se recomiendan los siguientes pasos para esto:

#### 1. Generación de mapas temáticos:

- Crear mapas temáticos que representen la problemática de disponibilidad hídrica en el Valle del Cauca.
- Utilizar herramientas de diseño y composición en QGIS para mejorar la presentación y visualización de los mapas.

#### 2. Documentación y comunicación de resultados:

- Elaborar informes técnicos que documenten los resultados obtenidos, incluyendo los datos utilizados, los métodos aplicados y las conclusiones.
- Utilizar los mapas generados para comunicar de manera efectiva la problemática de disponibilidad hídrica a diferentes audiencias, como campesinos, instituciones, empresas azucareras y comunidades locales.

## **Conclusiones**

La disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca es un factor crucial en la agricultura, especialmente en el cultivo de caña de azúcar. La identificación y análisis de la disponibilidad hídrica, considerando variables clave, permitirá a los productores de caña tomar decisiones informadas sobre el riego y el manejo del agua, optimizando el uso de este recurso escaso.

El desarrollo de un modelo lógico entidad-relación que relacione diferentes entidades clave en el contexto de la gestión del agua y el cultivo de caña de azúcar facilitará la integración de datos y promoverá la colaboración entre los actores involucrados. Esto permitirá una visión integral de la problemática y la implementación de estrategias más efectivas para la gestión del agua en las cuencas hidrográficas.

El uso de herramientas como QGIS para realizar geoprocesos y modelamientos espaciales de la disponibilidad hídrica brindará a los productores de caña una representación visual y comprensible de los recursos hídricos en el Valle del Cauca. Esto les permitirá tomar decisiones más acertadas en cuanto al riego, la programación de siembras y la asignación eficiente de los recursos, contribuyendo a una mayor productividad y sostenibilidad en el cultivo de caña.

La evaluación de las barreras tecnológicas y de capacitación existentes en el uso de sistemas de información geográfica (SIG) por parte de los agricultores es fundamental para superar los obstáculos en la adopción de estas herramientas. La implementación de estrategias de capacitación y el acceso facilitado a recursos tecnológicos adecuados permitirán a los productores de caña aprovechar plenamente el potencial de los SIG, fortaleciendo su capacidad de análisis y toma de decisiones basadas en datos geospaciales.

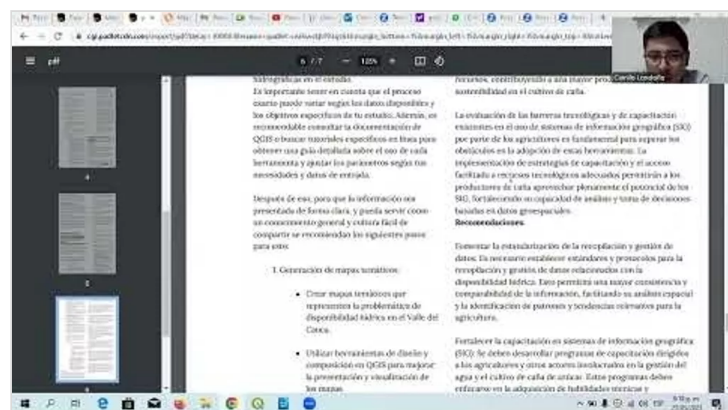
## Recomendaciones.

Fomentar la estandarización de la recopilación y gestión de datos: Es necesario establecer estándares y protocolos para la recopilación y gestión de datos relacionados con la disponibilidad hídrica. Esto permitirá una mayor consistencia y comparabilidad de la información, facilitando su análisis espacial y la identificación de patrones y tendencias relevantes para la agricultura.

Fortalecer la capacitación en sistemas de información geográfica (SIG): Se deben desarrollar programas de capacitación dirigidos a los agricultores y otros actores involucrados en la gestión del agua y el cultivo de caña de azúcar. Estos programas deben enfocarse en la adquisición de habilidades técnicas y conocimientos especializados en el uso de herramientas SIG, permitiendo a los agricultores aprovechar plenamente el potencial de estas tecnologías para el análisis espacial y la toma de decisiones informadas.

Promover la difusión de información relevante: Se deben implementar estrategias efectivas de difusión de información sobre la disponibilidad hídrica en las cuencas hidrográficas. Esto incluye la divulgación de datos actualizados, informes técnicos, guías de buenas prácticas y otros recursos pertinentes que ayuden a los agricultores a comprender y utilizar de manera efectiva la información para el manejo del agua en sus cultivos de caña de azúcar.

## Enlace de sustentación: [https://youtu.be/6\\_CWRrOQ4P4](https://youtu.be/6_CWRrOQ4P4)



### Modelo para abordar falta de conocimiento espacial sobre la disponibilidad de cuencas hidrográficas

de Juan Paulo Pimentel

YOUTUBE

## Bibliografías

- Arnold, C. M., & Osorio, F. (2006). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas.
- Burgess, P.J., Graves, A., García de Jalón, S., Palma, J.H.N., Dupraz, C., van Noordwijk, M. (2019). Modeling agroforestry systems. In: Mosquera-Losada M.R., Prabhu, R. (Eds) Agroforestry for Sustainable Agriculture 209-238. Burleigh Dodds Series in Agricultural Science 55. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing.
- Cervantes, L. (2015). Modelización matemática. Principios y aplicaciones. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Gracia, D. A. (2016). Geodesia y cartografía Pt. 1 - OVI 358031. [Objeto\_virtual\_de\_Informacion\_OVI]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/10370>
- Hernández, R. Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2014). Instructivo Zonificación Climática.
- Olaya, V (2012). Sistemas de Información Geográfica. <http://volaya.github.io/libro-sig/>
- Pardo Álvarez, J. M. (2013). Configuración y usos de un mapa de procesos. AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación. <https://elibro->
- Santos, L. D. P. (2017). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. Revista Ingeniería Agrícola, 4(3), 28-32.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia (2020). Instructivo para la usabilidad de Normas internacionales de citación APA 7a Edición. UNAD.
- Vargas, R. (2020). Introducción a QGIS.. [Objeto\_virtual\_de\_Informacion\_OVI]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36085>

\*\*\*\*\*