

Modelación del riesgo por inundación, Municipio de Candelaria, Valle del Cauca mediante ArcGIS Pro

Autores:

Didier Alberto Marín - damarinn@unadvirtual.edu.co

Hubert Darío Lara Benavides - hdlarab@unadvirtual.edu.co

Kerlyn Marieth Aránzazu - kmaranzazum@unadvirtual.edu.co

Melina Camila Murillo - mcmurillovas@unadvirtual.edu.co

Milton Fabian Bermúdez - mfbermudezma@unadvirtual.edu.co

Docente Asesor: Gina Carolina Posada - gina.posada@unad.edu.co

Resumen

El caso de estudio es el municipio de Candelaria Valle del Cauca, ubicado al suroeste del país más exactamente en la región del pacífico. Geográficamente se encuentra aproximadamente a 32 kilómetros del sur de Cali capital del Departamento del Valle del Cauca. Este estudio realizó un enfoque de manera integral y combinando los diferentes puntos de estudio en los sistemas de información geográfica como son el uso de suelo, cuencas, drenajes dobles y sencillos los cuales permitieron generar un análisis de riesgo de inundación del municipio de Candelaria Valle del Cauca. La modelación del riesgo permite hacer un estudio tangible ya profundidad de los diferentes impactos de las inundaciones y los posibles riesgos que se pueden presentar de no tomar las medidas adecuadas para mitigar los efectos y daños. Por ejemplo, en la ciudad de Cali se ha reportado por medio de la oficina de Gestión de Riesgo una afectación de promedio 145 casas en lo que va de este año 2025 y en Candelaria y sus alrededores el 90% pérdidas en enseres y demás durante los meses de abril y mayo. Este fenómeno genero un colapso en el sistema de alcantarillado como se registró en el municipio de candelaria afectando a muchas familias. El impacto en el sector agrícola es bastante significativo y recurrente que afecta la economía del municipio. Es importante implementar un buen plan de manejo del riesgo articulado con las entidades ambientales y con el gobierno local y Nacional.

Palabras clave: geografía, inundaciones, modelación, riesgo.

Introducción

El desarrollo de esta fase de la modelación agroambiental del territorio, se pudo observar la importancia de la herramienta para gestionar y lograr comprender las diferentes relaciones e interacción del medio ambiente con las actividades agrícolas (Gómez & Pérez, 2018). En términos globales con la creciente demanda de alimentos a nivel mundial y la necesidad de producir más, pero pensando en la prioridad mundial que es la conservación de los recursos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022), esta herramienta permite lograr una predicción del impacto que se genera durante las actividades agrícolas al suelo, agua, fauna, clima y biodiversidad de planeta (Godfray et al., 2024). Estos modelos podrían permitir predecir en un futuro el análisis y la elección de mejores estrategias de manejo de los recursos y de esta manera gestionar de manera más efectiva los recursos naturales y lograr un balance que genere menos impacto al medio ambiente (Jones, 2021).

Al integrar todos los datos geospaciales que se obtuvieron por medio de los sistemas de información geográfica se podría fortalecer la capacidad de análisis y respuestas de los territorios y las diferentes intervenciones agrícolas (Aguilar, 2020). Esta herramienta es un complemento de la investigación científica y como se le da uso al territorio para identificar como es la relación entre la producción agrícola y la conservación del medio ambiente (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023). Las pérdidas en el sistema agrícola se deben a diferentes aspectos relacionados con las inundaciones, entre ellos la extensión, la cantidad, la frecuencia de lluvias y la profundidad del agua y la dirección del flujo de esta (FAO 2023). El Valle del Cauca es una región que históricamente ha sido muy agrícola y de gran importancia en la economía de Colombia, pero debe enfrentar un problema y amenaza constante y es el riesgo de inundación. Este efecto es una combinación de fenómenos naturales que puede llegar a afectar la seguridad de la población y la productividad agrícola de la región (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca [CVC], 2020).

Lograr entender las causas de estas inundaciones es importante para poder desarrollar diferentes estrategias de mitigación y adaptación que logren ser bien efectivas para su aplicación y ejecución. Alguno de los factores naturales es la ubicación del municipio de Candelaria en el Departamento del Valle y la influencia de las cordilleras Occidental y Central y a la alta pluviosidad en el comportamiento de los drenajes (IDEAM, 2018). Otro factor es el historial de la dinámica de los ríos como El Cauca, uno de los principales del departamento y sus crecidas repentinas, esto ha afectado las diferentes zonas aledañas al municipio (Molina et al., 2015). Se debe tener en cuenta que la actividad humana es otro factor que influye en el riesgo de inundación en El municipio, el uso de los suelos, la expansión urbana cuando no ha sido planeada de manera efectiva, la deforestación en la parte alta del municipio afectando las cuencas y disminuyendo la infiltración del suelo y aumentando la escorrentía (Al-Rubaye, et al., 2024). Adicionalmente la construcción de canales y diques para mitigar los riesgos pueden estar afectando los diferentes flujos en las zonas bajas de la región.

Objetivos

Objetivo General

Analizar y evaluar el riesgo de inundación en el municipio de Candelaria, Valle del Cauca, mediante el uso del programa ArcGIS Pro para apoyar la toma de decisiones en gestión territorial.

Objetivos Específicos

Elaborar un modelo de riesgo de inundación utilizando el programa ArcGIS Pro.

Identificar y delimitar las zonas de riesgo de inundación en el municipio de Candelaria mediante herramientas de análisis espacial en ArcGIS Pro.

Interpretar y determinar los resultados obtenidos en el mapa de riesgo por inundación para proponer medidas de mitigación adecuadas.

Identificación del caso de estudio

Dentro de los cinco municipios que se analizaron se escogió el municipio de Candelaria el cual pertenece al departamento del Valle del Cauca, Colombia, ubicado sobre la región geográfica del valle del río Cauca. Candelaria es uno de los municipios del Valle con una marcada vocación agrícola y en la actualidad en una creciente actividad industrial y comercial, debido a su cercanía con la ciudad de Cali, capital del departamento.

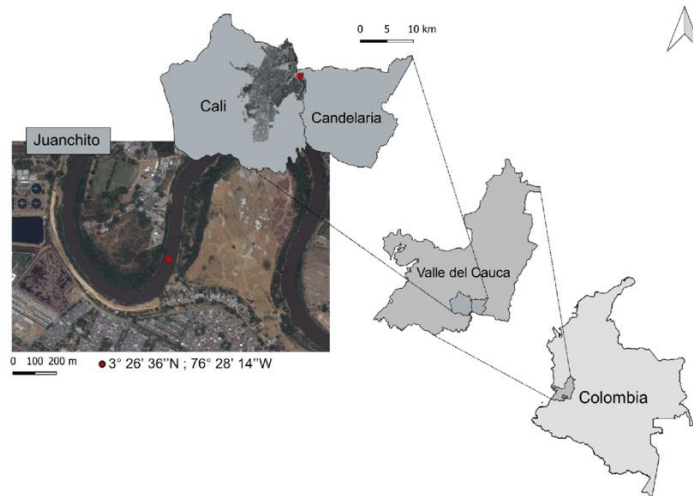
Ubicación y Geografía

El municipio de Candelaria está ubicado en la parte oriental del departamento (Figura.1) influenciada por el valle del río cauca. Su territorio es de tendencia predominante plana, en algunas partes ciertas ondulaciones. Esta ubicación y características son fundamentales para su economía actual, esto le permite la expansión de cultivos y facilita su conectividad con otras ciudades (Alcaldía Municipal de Candelaria, s.f.a).

Candelaria limita al norte con Palmira y al sur con Cali y el municipio de Florida, y al occidente con Cali y Palmira (Alcaldía Municipal de Candelaria, s.f.b).

Figura 1

Mapa de localización de Candelaria – Valle del Cauca.



Fuente: (Pelegrín, 2022)

Economía:

La economía principal del municipio de Candelaria es la actividad agrícola y un poco lo que es el comercio y la agroindustria. La economía del municipio está ligada principalmente a la producción de caña de azúcar, cultivo que es un pilar fundamental en Candelaria y otros municipios (Alcaldía de Candelaria, 2023). Aparte de su gran crecimiento económico y agrícola, cabe mencionar su crecimiento poblacional que ha logrado impulsar un desarrollo en el municipio bastante significativo comparado con Cali y Palmira (El País, 2024). El municipio además de su actividad agrícola también se viene desarrollando algunas actividades agroindustriales que se derivan de la actividad agrícola, sin embargo, enfrenta algunos desafíos como la informalidad que afecta la dinámica económica del municipio (DANE, 2024).

Su población según la proyección del DANE en el 2023 era de 200 mil habitantes, pero con una tasa de crecimiento muy importante por la influencia y la gran expansión urbana que se viene dando desde el área metropolitana de Cali (DANE, 2023).

Clima:

Candelaria es un municipio que presenta un clima cálido y subtropical húmedo, este clima es natural y característico del valle del río Cauca. En el transcurso del año experimenta temperaturas altas y constantes, con una temperatura promedio de 24°C y los 28°C lo que la identifica como una zona relativamente fresca propicia para el cultivo de la caña y otros, su humedad relativa es alta

(IDEAM, s.f.).

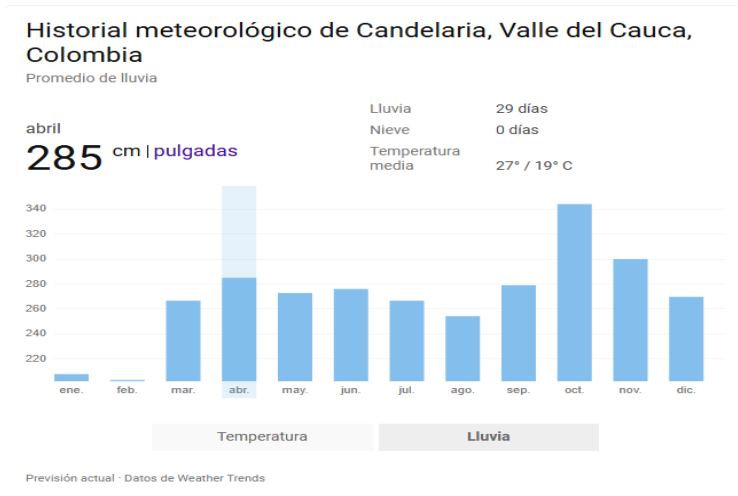
Este clima y sus variaciones están influenciados en gran parte por la cercanía del municipio a la cordillera occidental que logra generar variaciones en la velocidad de los vientos y el patrón de precipitaciones.

Precipitación de lluvias mes de abril -2025:

El departamento del Valle del Cauca, incluyendo el Municipio de Candelaria presenta dos periodos de lluvias o lluviosos y dos periodos secos, es decir es bimodal, el mes de abril (Figura.2 y 3) enmarca el primer periodo se da ente marzo y mayo. Durante el mes de abril por lo general se espera que las precipitaciones sean mayores si los comparamos con las épocas de periodo seco, es decir de diciembre a enero (ver figura). En los promedios históricos existentes en el IDEAM, estaciones cercanas al Valle del Cauca reportan precipitaciones que oscilan entre los 100mm y los 200mm y en algunos casos hasta más, estos siempre influenciados por los fenómenos anuales como son La niña y el Niño (IDEAM, s.f.). Cabe anotar que estos datos podrían variar de acuerdo considerablemente de un año a otro en esta región. Usualmente las lluvias pueden presentarse en forma de aguacero un poco intensos y en algunas ocasiones con tormentas eléctricas.

Figura 2

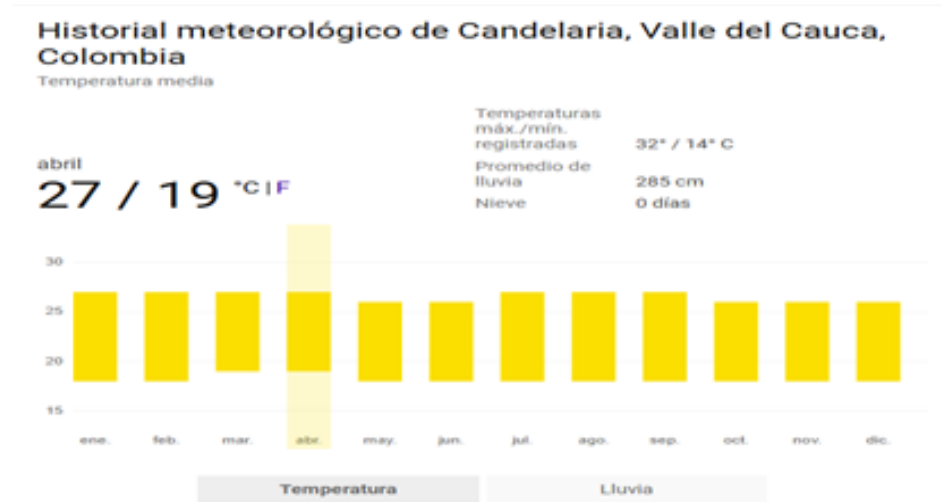
Histórico Precipitaciones Mes de abril 2025 Municipio de Candelaria Valle del Cauca.



Fuente: (Weather, s.f.).

Figura 3

Histórico Temperatura mes de abril 2025 Municipio de Candelaria Valle del Cauca.



Fuente: (Weather, s.f.).

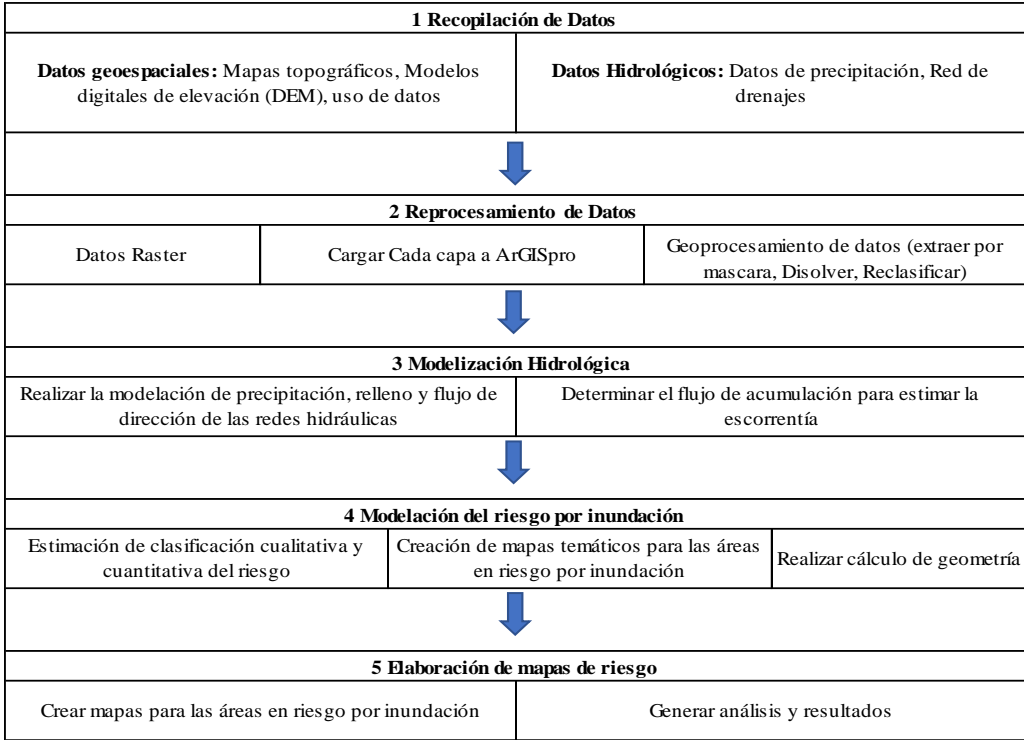
Metodología

En el desarrollo de esta actividad se basa en identificar la zona de riesgo, en este caso el municipio de Candelaria Valle del Cauca, por medio mapas y del método de Análisis Multicriterio asociados a la parte ambiental y geoportales USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos) DEM. El esquema (Figura 4.) muestra las diferentes fases de desarrollo para la obtención del mapa de riesgo del municipio de Candelaria Valle del Cauca.

A lo largo del desarrollo de cada fase del estudio se generaron diversos mapas temáticos esenciales para el análisis integral del riesgo. Entre estos se incluyen el mapa ráster, el mapa de dirección de flujo, el mapa de acumulación de flujo y la delimitación territorial del municipio de Candelaria, los cuales se presentan a continuación. Cada uno de estos mapas proporcionó información clave que permitió comprender con mayor precisión la dinámica hidrológica y espacial del área de estudio, facilitando así una evaluación detallada y fundamentada del riesgo de inundación en la región.

Figura 4

Esquema empleado en la Metodología.

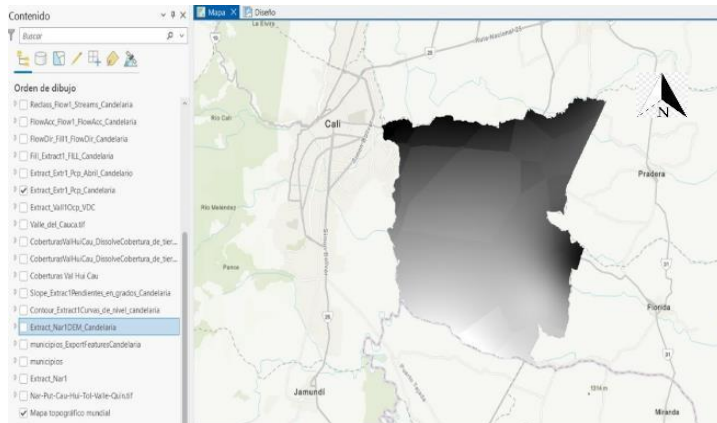


Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

Mapas obtenidos durante el desarrollo del análisis de riesgo del municipio de Candelaria Valle del Cauca.

Figura 5

Ráster municipio de Candelaria Valle del Cauca.



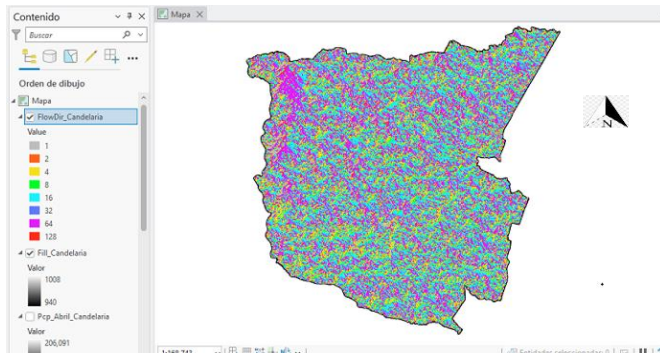
Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

Extraer por Máscara (Spatial Analyst) permite extraer los valores de una capa de datos vectorial o ráster en las áreas de interés. Desempeña un papel fundamental para obtener el Modelo de Elevación Digital (DEM), y para crear la capa de precipitación del mes trabajado sobre el Municipio objeto de estudio. Se descargó información muy relevante de la página del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) como son los drenajes dobles, sencillos y los departamentos.

Se logró evidenciar las diferentes herramientas para lograr obtener el resultado final, esto aplicando los diferentes geoprocetos tales como: Intersecar, disolver, diferencia simétrica, lo cual permitió definir las áreas y su valor cuantitativo.

Figura 6

Dirección de flujo.

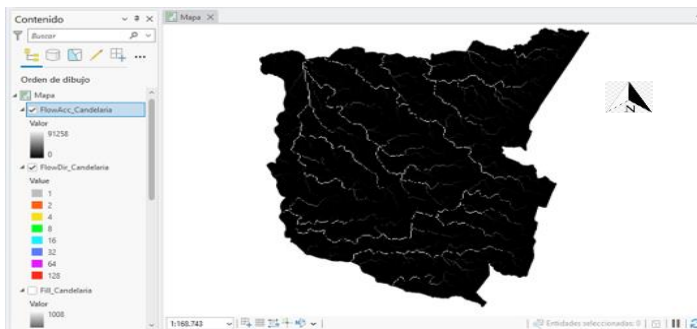


Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

Luego se delimitó el municipio y se clasificaron las cuencas y ríos para obtener el Flow Accumulation.

Figura 7

Acumulación de flujo.

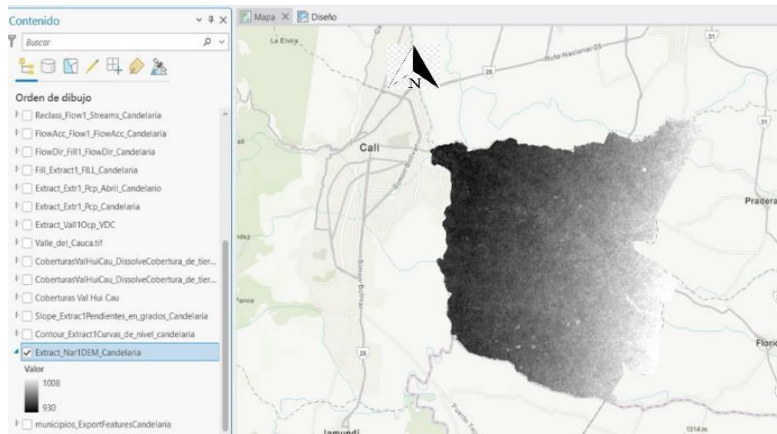


Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

En la pestaña herramienta se pueden observar los diferentes parámetros para desarrollar las diferentes capas de los geoprocursos los cuales permitieron obtener el resultado final.

Figura 8

Delimitación municipio de Candelaria valle del cauca.



Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

Los métodos de análisis y modelación permiten adoptar y tomar decisiones que permiten ordenar y mejorar el territorio en cuanto a riesgos de inundaciones como es el caso del Municipio de Candelaria Valle del Cauca, es muy importante tener en cuenta todos estos análisis para la toma de decisiones.

Luego de obtener el ráster del municipio y los datos de pendiente y su mapa, se continúa con el desarrollo y la búsqueda del mapa de inundación.

Se consultó nuevamente el geportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) con el fin de obtener el archivo shapefile correspondiente a la cobertura de tierras. Esta fuente oficial proporcionó datos geospaciales actualizados y confiables, fundamentales para el desarrollo del análisis territorial. La información obtenida permitió integrar con precisión las diferentes categorías de uso y cobertura del suelo dentro del estudio, contribuyendo así a una mejor comprensión del contexto ambiental y a la elaboración de mapas temáticos representativos.

En el programa ArcGIS Pro se procesaron los archivos shapefile y el mes en el que se presenta el mayor número de precipitaciones en el municipio de Candelaria, este dato fue obtenido mediante descarga directa proporcionado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, donde el mes de abril fue donde se presentó el mayor número de precipitaciones promedio 100 a 200mm (IDEAM, s.f.), donde enero y febrero son los meses más secos.

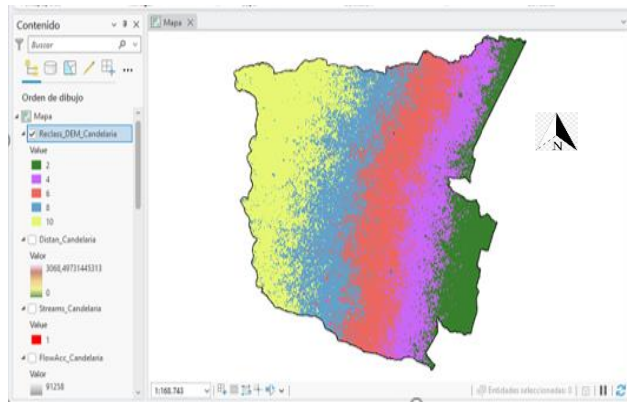
Mediante el uso de los geoprocursos y la caja de herramientas se logra obtener la reclasificación de los pasos anteriores y el resultado de esto genera un mapa de riesgo de inundación, en la

reclasificación del modelo elevación digital, la simbología permite dar un color de acuerdo con el riesgo y un porcentaje de influencia, a continuación, los diferentes mapas obtenidos en los diferentes geoprocenos para obtener el mapa de riesgo de inundación del municipio de candelaria.

El análisis multicriterio se inició con la reclasificación del modelo de elevación digital DEM (Digital Elevation Model) según sus siglas en ingles del municipio de Candelaria Valle (Ver Figura 9). Después de obtener el ráster DEM con la forma del municipio se procede a reclasificarlo usando las herramientas de análisis espacial reclasificar con sus valores de 2 a 10, donde 10 representan las zonas de mayor riesgo y 2 las de menor riesgo.

Figura 9

Geoproceno obtenido después de la Reclasificación del modelo digital de elevación y la aplicación de la simbología de colores de acuerdo con su influencia.

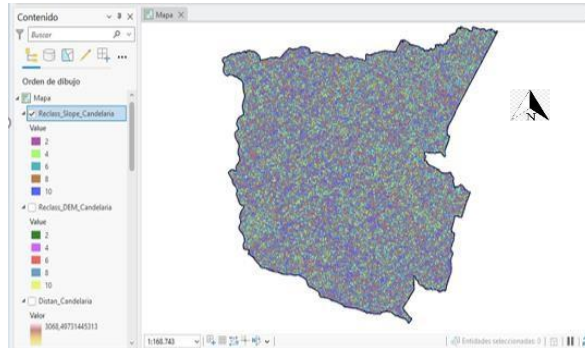


Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

En el mapa de reclasificación de pendientes (Ver figura 10) se representa los diferentes niveles de inclinación del municipio, esto nos permite diferenciar los diferentes relieves del municipio y los diferentes usos de suelo en la agricultura, este mapa es muy importante en la planificación territorial. Este se obtuvo a partir del DEM usando la caja de herramientas de análisis espacial, la de pendientes.

Figura 10

Reclasificación raster de pendiente, método de ruptura Jenks clase 5 que representan los diferentes niveles de pendientes, 2 zonas con mayor inclinación y 10 zonas con menor inclinación.

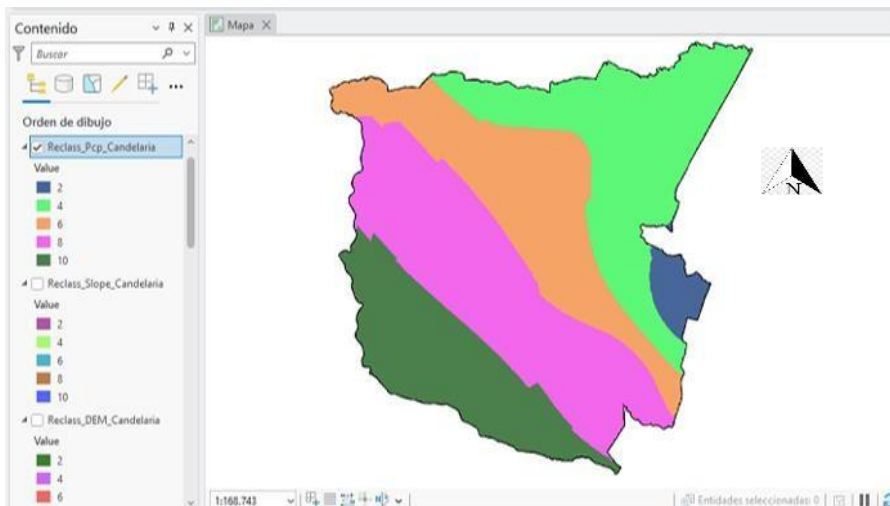


Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

El mapa de lluvias y su reclasificación (ver figura 11) es muy importante en los análisis geoespaciales de un municipio, este representa la cantidad y la intensidad de lluvias que cae en una región determinada, esto gracias al método de interpolación y a los datos suministrados por los diferentes pluviómetros ubicados en la zona de estudio.

Figura 11

Reclasificación de la precipitación del mes de abril 2025, método de ruptura Jenks clase 5 donde se muestra los diferentes niveles de intensidad de lluvias durante el mes de abril.

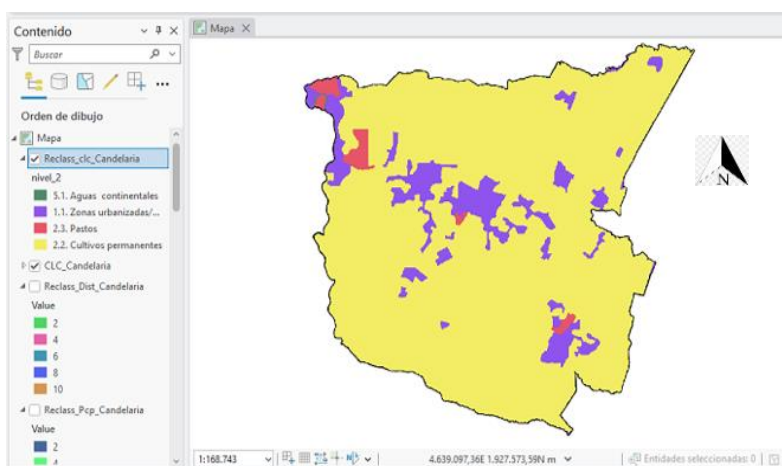


Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

Para el mapa de coberturas y su reclasificación (ver figura 12) se usó una capa de coberturas del municipio, siguiendo la metodología Corin Land Cover (CLC) adaptada para Colombia, con la ayuda de la herramienta de análisis Clip, se logró obtener la reclasificación según el riesgo.

Figura 12

Reclasificación cobertura de tierras nivel 2, teniendo en cuenta el riesgo de nivel bajo o muy alto de acuerdo con la dinámica del municipio.



Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

El mapa del riesgo de inundación y su reclasificación (ver figura 13) que da como resultado del análisis multicriterio se involucran todos los factores de riesgo y sus porcentajes, para lograr obtener este resultado se combinaron las diferentes capas obtenidas y su reclasificación y la importancia de cada valor generado. Luego se realizó un suavizado y vectorizado de los niveles de riesgo del municipio de Candelaria (ver figura 14) para una mejor interpretación de las zonas y su área, se puede observar los diferentes colores de acuerdo con clasificación del riesgo de inundación. (Tabla1)

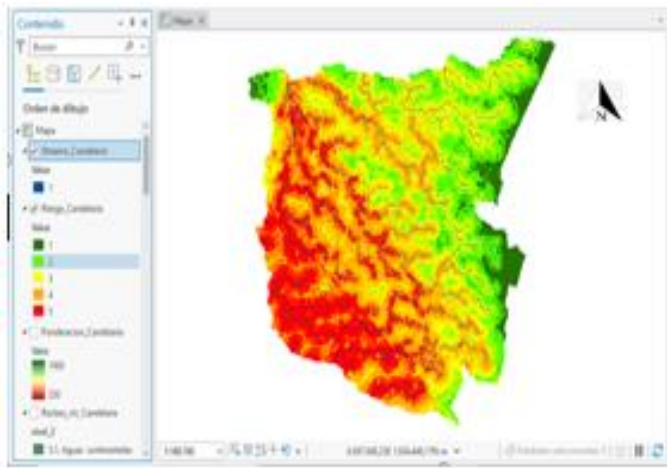
Tabla 1. Clasificación del riesgo de inundación.

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

Nota: La tabla muestra la clasificación del riesgo de inundación en cinco niveles y utiliza un código de colores para su identificación. Fuente: Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 6 Modelación agroambiental del territorio UNAD, 2024.

Figura 13

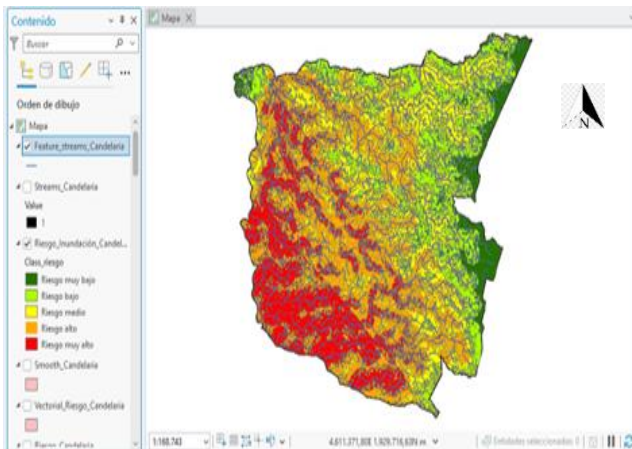
Reclasificación de niveles de riesgo de inundación Municipio de Candelaria Valle del Cauca y sus drenajes



Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

Figura 14

Vectorizado de los niveles de riesgo de inundación.



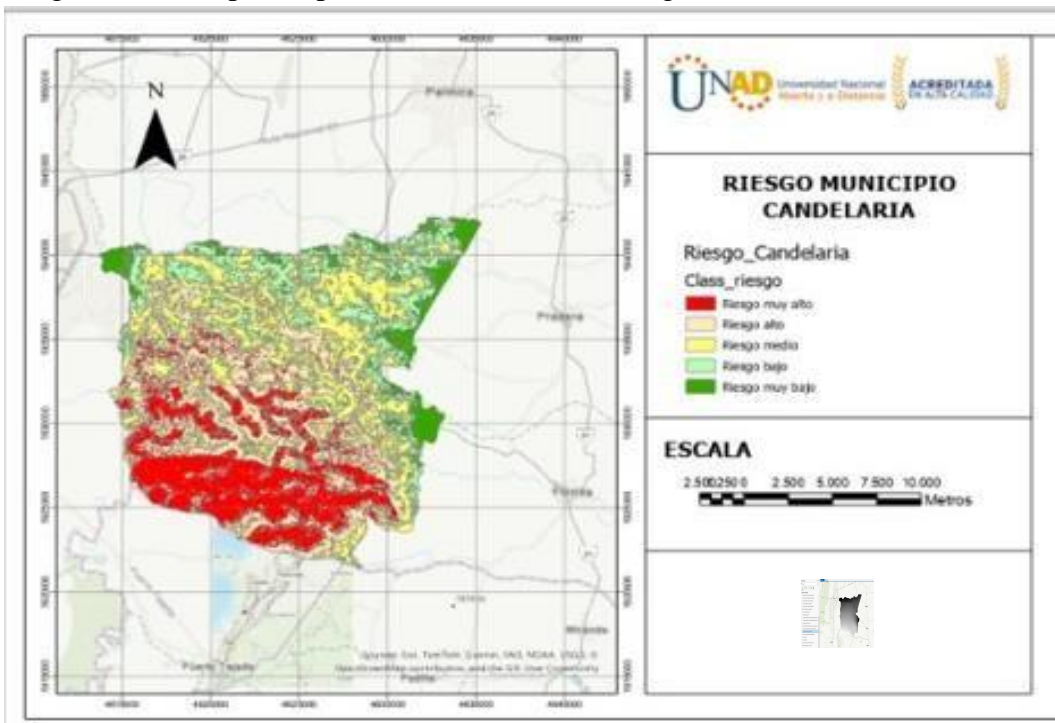
Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

Resultados

En la figura 15 se puede observar el mapa de nivel de riesgo del municipio de Candelaria Valle del Cauca luego de aplicar todos los geoprocesos anteriormente aquí mencionados, se reclasificaron las coberturas de tierras del municipio, cada cobertura de suelo en el municipio puede tener un nivel de riesgo bajo o un riesgo muy alto para cada cobertura, también se desarrollaron criterios de análisis para el riesgo de inundación del municipio de Candelaria basados en los resultados obtenidos.

Figura 15

Mapa de Riesgo de inundación Municipio de Candelaria Valle, su clasificación en cinco niveles y su código de colores para representar cada zona de riesgo.



Nota: en el mapa representa los niveles de riesgo de inundación, desde el riesgo más bajo, hasta el riesgo más alto. **Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)**

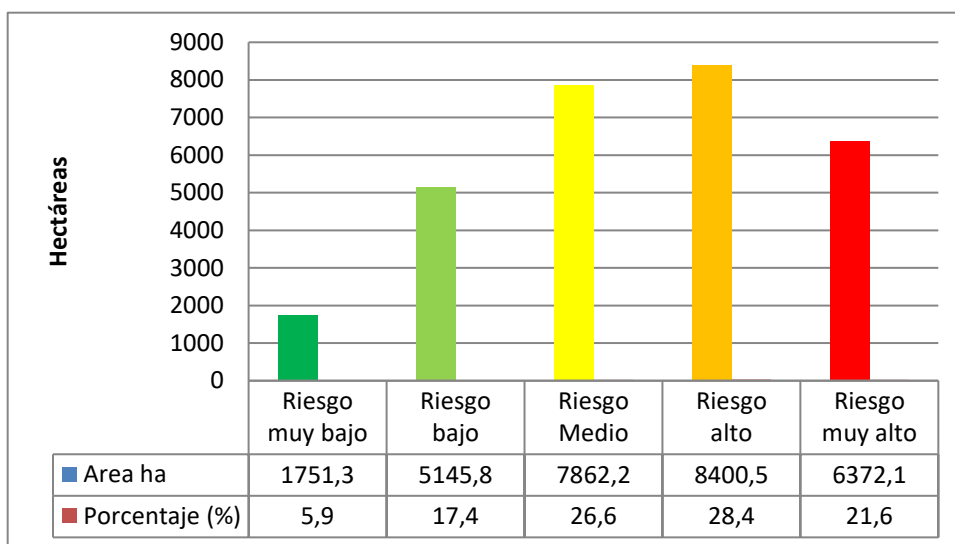
Análisis del mapa de Riesgo por inundación Municipio de Candelaria

En el municipio de Candelaria Valle del Cauca El mapa de riesgo generó la clasificación de riesgo en cinco niveles, como se muestra en el gráfico (ver figura16), demuestra que las zonas con mayor vulnerabilidad son el riesgo alto que está con color naranja que equivale al 28,6% y

el riesgo muy alto que esta con el color rojo que equivale al 23,5%, coinciden con áreas de baja pendiente, cercanía a ríos o quebradas, que tienen poca cobertura vegetal y alta precipitación.

Figura 16

Distribución del riesgo de inundación, Municipio de Candelaria Valle del Cauca y sus porcentajes de acuerdo con el área y su geometría.



Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro).

Uno de los riesgos muy altos que está de color rojo, es en el sector de Juanchito, ya que pasa por ahí el río Cauca, es uno de los ríos más grandes que tiene Colombia, en el desembocan los siguientes ríos: río Ovejas, Palo, Amaine, Guadalajara, Tuluá, Bugalagrande, La Vieja, Timba, Jamundí, Riofrío, Cañaveral y Risaralda.

En Juanchito, a orillas del río Cauca, aproximadamente 400 familias residen en una zona de alto riesgo de inundaciones. Estas familias enfrentan dificultades para dormir y salvar sus vidas cada vez que hay fuertes lluvias, ya que el río llega hasta la mitad de sus casas. Además, en la zona de Playa Renaciente, cerca del puente de Juanchito, se encuentran unas 40 viviendas que también se ven afectadas por el desbordamiento del río Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). (2022, noviembre 11).

Debido a la pobreza de algunas personas se han asentado cerca de las orillas de este río, y cuando han ocurrido eventos de avalancha se registraron pérdidas materiales y humanas, la alcaldía de Candelaria ha tenido que reubicar a varias familias de escasos recursos en algunos corregimientos de Candelaria, para que estas familias no estén en riesgo muy alto de inundación.

La Alcaldía de Candelaria ha respondido a la emergencia con la ayuda de la Unidad Nacional

para la Gestión del Riesgo. La alcaldesa de Candelaria, Jéscica Vallejo, ha solicitado la asistencia de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo para ayudar a los sectores afectados (RCN Radio, 2024). En la suma del área y clasificación del riesgo por colores y su porcentaje (ver figura 17) se puede identificar el riesgo medio que está de color amarillo que equivale a un 26,6%, está el núcleo urbano de Candelaria Valle, los corregimientos como el Cabuyal, Buchitolo, el Lauro, que cuando cae mucha lluvia el agua se filtra en las viviendas, que tienen el andén bajo, debido a que se obstaculizan las alcantarillas debido a la acumulación de basuras, en el lugar siempre se encuentra el personal de gestión de riesgos de Candelaria que están muy alertas a destapar estas alcantarillas, esto se presenta muy de vez en cuando. Y entre los riesgos bajo que esta con el color verde caña que equivale al 17,4% y los riesgos muy bajo que esta con el color verde que equivale al 5,9%, se encuentran los corregimientos como Madre Vieja, la Regina y el Arenal, que tienen un nivel bajo de inundación ya que los ríos no pasan cerca, y coinciden con zonas de alta pendiente.

Figura 17

Distribución del riesgo de inundación por área (Ha) municipio de Candelaria, suma ponderada y su representación en porcentaje.



Fuente: Autoría propia, 2024 (ArcGIS Pro)

En Candelaria, Valle del Cauca como se muestra en la tabla 2 el riesgo de inundación en los diferentes corregimientos del municipio de candelaria esta influenciado por los ríos que atraviesan el municipio y los factores que pueden generar las causas de inundación. Los corregimientos de El Carmelo, san Joaquín, el tiple, Villa Gorgona, el poblado campestre, han sido los más afectados por inundaciones, con más de 1200 familias afectadas, los barrios Písanos de Cepaz y Vallegre: también se han reportado inundaciones, que se atribuyen al colapso del sistema de alcantarillado por muchas basuras, junto con la caída de árboles y

afectaciones al servicio de energía eléctrica, a estos barrios se suma que tienen un sistema de drenaje antiguo y no están diseñados para manejar grandes cantidades de agua (Alcaldía Municipal de Candelaria 2022).

Tabla 2. Nivel de Riesgo de Inundación en los diferentes corregimientos del municipio de Candelaria Valle y sus principales ríos.

Nivel de Riesgo	Corregimientos	Ríos que atraviesan el corregimiento	% de riesgo y causa de inundación	% de riesgo por inundación
1: Riesgo muy bajo	Madre Vieja	Fraile	Bajas lluvias; elevaciones altas, pendiente alta y grandes distancias a ríos y quebradas,	5.9%
2: Riesgo bajo	El Arenal y La Regina	Párraga y Fraile	Bajas lluvias; cuando el nivel del río es bajo, el agua ingresa a las casas.	17.4%
3: Riesgo medio	Núcleo urbano de Candelaria, El Lauro y El Cabuyal	Párraga, Fraile	Fuertes lluvias que colapsan las alcantarillas, debido a la acumulación de basuras.	26.6%
4: Riesgo alto	El Tiple, Villa Gorgona, El Poblado Campestre	Párraga y Fraile	Fuertes lluvias, colapso de alcantarillas y desbordamiento de estos ríos; los barrios de baja pendiente y elevaciones bajas son los más afectados.	28.4%
5: Riesgo muy alto	Juanchito, El Carmelo y San Joaquín	Cauca	Fuertes lluvias, colapso de alcantarillas y desbordamiento de este río debido a la acumulación de basuras; cercanía a los ríos con grandes caudales.	21.6%

Nota. Autoría Propia, esta tabla plasma los niveles de riesgo de inundación desde el menor hasta el mayor en el municipio de Candelaria y sus causas. **Fuente Autoría Propia (2025)**

Conclusiones

El presente estudio sobre la modelación del riesgo por inundación en el municipio de Candelaria, Valle del Cauca, ha integrado exitosamente una metodología multicriterio, destacando la influencia interconectada de diversos factores ambientales y geográficos en la configuración del mapa de riesgo final. La robustez del análisis se fundamenta en el procesamiento de información clave obtenida de herramientas como ArcGIS Pro, geovisores y datos precisos del IGAC, que

facilitaron la delimitación y clasificación de las zonas de riesgo en cinco categorías bien definidas: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

De manera crucial, la precipitación para el mes de abril de 2025 emergió como un factor dominante. Al considerarse el mes de mayor precipitación promedio (entre 100 mm y 200 mm), su inclusión fue esencial para reflejar el impacto directo de lluvias intensas y de corta duración, las cuales provocan rápidos incrementos en los caudales de ríos y quebradas, sobrecargando los sistemas de drenaje y desencadenando desbordamientos (IDEAM, 2018). Cada uno de los factores evaluados contribuyó significativamente al perfil de riesgo.

La elevación, reclasificada en cinco niveles, permitió identificar que las zonas de baja altitud son, como se esperaba, las más susceptibles a la acumulación de agua y, por ende, a un riesgo muy alto. De forma complementaria, la pendiente, procesada también a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) y reclasificada en cinco niveles, reveló cómo la topografía del terreno influye en la velocidad y dirección del escurrimiento superficial, afectando la propagación de las inundaciones (Al-Rubaye, et al., 2024). La distancia entre los drenajes fue otro componente vital; mediante la generación de buffers alrededor de ríos y quebradas, se delinearon áreas de riesgo que se incrementan con la proximidad a estos cuerpos de agua, reflejando su potencial de desbordamiento. Asimismo, la cobertura del suelo, clasificada en cinco niveles, aportó una capa de complejidad al asociar diferentes tipos de uso y cobertura (urbana, agrícola, natural) con distintos grados de permeabilidad y capacidad de absorción, lo que directamente impacta la vulnerabilidad ante la inundación.

La ponderación de todos estos factores reclasificados convergió en el mapa de riesgo de inundación final, ofreciendo una comprensión espacial clara de las áreas más vulnerables. Los resultados son contundentes: la combinación de lluvias intensas con las características morfológicas y de cobertura del suelo del municipio, especialmente en las zonas de influencia de los afluentes, se traduce en una amenaza significativa para la economía local. Los porcentajes de riesgo alto (28.4%) y muy alto (21.6%), que en conjunto suman un alarmante 50.1% del territorio, evidencian una vulnerabilidad significativa que puede derivar en graves pérdidas agrícolas, daños a la infraestructura vial y habitacional, interrupciones de servicios esenciales y afectaciones a las actividades comerciales, incluso con el lamentable riesgo de pérdida de vidas humanas en los casos más extremos. La modelación del riesgo de inundación en Candelaria no solo ha permitido identificar y clasificar las zonas de mayor susceptibilidad, sino que también ha subrayado la interdependencia de los factores ambientales en la materialización del riesgo (Alcaldía Municipal de Candelaria, 2022).

Recomendaciones

Reconociendo la realidad del Municipio de Candelaria frente al riesgo recurrente de inundaciones, especialmente en zonas bajas y cercanas a drenajes como los ríos Párraga, Fraile y Cauca, se proponen cinco recomendaciones clave. Estas acciones buscan contribuir significativamente a mejorar la situación, proteger tanto a las comunidades urbanas y rurales como a la vital producción agrícola del municipio.

1. **Promoción e Implementación de Prácticas Agroforestales y Barreras Vivas:** Es crucial impulsar la implementación de sistemas agroforestales y la siembra de barreras vivas, especialmente en las zonas agrícolas y ribereñas más propensas a inundaciones. Estas prácticas no solo son herramientas efectivas para controlar el flujo superficial del agua, reducir la erosión del suelo y la sedimentación en los cauces, sino que también contribuyen al enriquecimiento del suelo, al aumento de la biodiversidad y a la resiliencia del ecosistema local, beneficiando directamente a la productividad a largo plazo de Candelaria (FAO, 2022).
2. **Fomento de Cultivos Resilientes a la Humedad:** Se recomienda encarecidamente impulsar y apoyar el uso de cultivos más resistentes a la humedad, como el arroz y la caña de azúcar, los cuales ya son pilares de la economía de candelaria. Esto permitirá a los agricultores del municipio reducir significativamente las pérdidas económicas durante las temporadas de lluvia intensa y frente a eventos climáticos extremos, asegurando una producción agrícola más estable y sostenible (FAO, 2022)
3. **Modernización y Mantenimiento Integral de los Sistemas de Drenaje:** Es fundamental modernizar y asegurar el mantenimiento constante de los sistemas de drenaje, tanto en las zonas urbanas (especialmente en el Núcleo Urbano de Candelaria) como en las áreas rurales. Dada la frecuente causa de inundaciones por el colapso de alcantarillas y canales debido a la acumulación de residuos, una infraestructura funcional y libre de obstrucciones es clave para prevenir daños mayores y mejorar la capacidad de respuesta del municipio ante precipitaciones severas (UN-Habitat, 2016).
4. **Desarrollo de Campañas de Educación Ambiental y Concienciación Comunitaria:** Se debe trabajar activamente con las comunidades, especialmente en corregimientos como El Tiple, Villa Gorgona y Juanchito, en campañas continuas de educación ambiental. Estas campañas deben enfatizar la importancia de una adecuada disposición de residuos, evitando el arrojado de basura a las calles y canales, así como la conservación y protección de las fuentes hídricas locales. Una ciudadanía informada, consciente y comprometida es un pilar fundamental en la prevención de desastres y en la mitigación del riesgo de inundaciones (PNUD, 2018).

5. Fortalecimiento del Monitoreo Climático y de Zonas de Riesgo: finalmente, se recomienda fortalecer la capacidad de monitoreo del clima y de las zonas de riesgo mediante la implementación y el uso continuo de tecnologías avanzadas. Esto incluye la expansión de la red de estaciones meteorológicas y la aplicación sistemática de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el seguimiento de variables críticas. Con información oportuna y precisa, tanto las autoridades municipales como los productores agrícolas de Candelaria podrán tomar decisiones más acertadas, implementar alertas tempranas y ejecutar acciones preventivas a tiempo, reduciendo la vulnerabilidad del territorio (NOAA,2019).

Referencias bibliográficas

Al-Rubaye, R., Al-Rubaye, N., & Al-Rubaye,

A. (2024). Impact of Land Use and Land Cover Change on Hydrological Processes in Urban Watersheds: Analysis and Forecasting for Flood Risk Management. *Water*, 14(2), 40. <https://www.mdpi.com/2076-3263/14/2/40>

Alcaldía Municipal de Candelaria. (2022). Informe Técnico de Evaluación de Vulnerabilidad por Inundaciones en Áreas Urbanas y Rurales de Candelaria. Candelaria, Valle del Cauca, Colombia: Secretaría de Gestión del Riesgo y Desastres. Recuperado de <https://translate.google.com/?hl=es&tab=TT&sl=fr&tl=es&op=translate>

Alcaldía de Candelaria. (2023). Plan de Desarrollo Municipal Candelaria 2020-2023 (o el más reciente disponible que aborde la estructura económica). (Se recomienda buscar el Plan de Desarrollo más reciente en la página oficial de la Alcaldía de Candelaria para detalles específicos de la estructura económica).

Alcaldía Municipal de Candelaria. (s.f.). *Plan de Desarrollo Municipal 2020- 2023. Recuperado de <https://www.Candelaria-valle.gov.co/> (Se asume la existencia de un plan de desarrollo en el sitio web oficial, cuyo contenido describe la geografía y aspectos económicos).*

Alcaldía Municipal de Candelaria. (s.f.b). *Nuestro Municipio*. Recuperado de <https://www.Candelaria-valle.gov.co/> (Se asume que la sección "Nuestro Municipio" en el sitio web oficial contiene información sobre los límites).

Aguilar, M. (2020). Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión territorial. Geoespacial Ediciones.

Arias, L. (2017). Caña de azúcar y acceso al agua en Candelaria, Valle del Cauca, Colombia 1945-1970. *Temas Americanistas*, (38), 130-152.

<https://revistascientificas.us.es/index.php/TemasAmericanistas/article/download/14482/12543>

Cámara de Comercio de Cali. (2023). *Boletines Económicos y Estudios Regionales*. (Se asume que la Cámara de Comercio de Cali publica informes económicos que incluyen datos sobre los municipios de su jurisdicción, como Candelaria).

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). (2022, noviembre 11). *El río Cauca alcanzó niveles históricos a su paso por Cali*. Recuperado de <https://cvc.gov.co/boletin-prensa-316-2022>

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). (2020). Plan de Gestión del Riesgo de Desastres del Valle del Cauca. Cali, Colombia.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2024). Informes de Mercado Laboral o Encuestas de Calidad de Vida que incluyan datos de Candelaria o del Valle del Cauca en su componente municipal. (Es ideal buscar informes específicos del DANE sobre empleo, informalidad o actividad económica por municipios para 2023-2024). *Change*, Vol. 8, pp. 283–316. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1007/s41885-024-00147-3>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). *Proyecciones de Población*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/> (Fuente oficial para datos demográficos y proyecciones de población).

Djanibekov, U., Polyakov, M., Craig, H., y Paulik, R. (2024). *Flood Impacts on Agriculture under Climate Change: The case of the Awanui Catchment, New Zealand*. *Economics of Disasters and Climate*

Efraimidou, E., y Spiliotis, M. (2024). *A GIS- Based flood risk assessment using the decision-making trial and evaluation laboratory approach at a regional scale*. *Environmental Process*. No. 11, Article:9. <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>

Escolano Utrilla, S. (2015). *Primera parte. 2. La representación del espacio geográfico en los SIG: Modelos de datos*. En S. Escolano Utrilla (Ed), *Sistemas de información geográfica: Una introducción para estudiantes de geografía* (pp. 47-78). Prensas de la Universidad de Zaragoza. <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/lc/unad/titulos/44840>

FAO. (2022). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022. Aprovechar la automatización agrícola para transformar los sistemas agroalimentarios*. Roma. [Enlace a la publicación]

FAO. (2023). The State of Food and Agriculture 2023: Agrifood systems resilience – taking shocks in stride. FAO. [O cualquier informe específico de la FAO de 2022, 2023 o 2024 que aborde el impacto de desastres naturales en la agricultura, ya que suelen detallar los factores que llevan a las pérdidas].

Gómez, R., & Pérez, L. (2018). Modelación agroambiental: un enfoque para la gestión sostenible. *Revista de Ciencias Ambientales*, XX(Y), pp-pp.

Godfray, H. C. J., Garnett, T., & Webb, J. (2024). Food systems and sustainability: an urgent research agenda. *Nature Food*, 5(1), 1-8. [O cualquier artículo reciente de estos autores o similar en *Nature Food* o *Science of The Total Environment* que aborde la evaluación de impacto ambiental de la agricultura y la sostenibilidad].

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). *Atlas Climatológico de Colombia y Datos Históricos*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/> (Principal fuente de información climática y meteorológica en Colombia, donde se pueden consultar datos históricos de temperatura y precipitación por regiones y estaciones).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). *Atlas de Amenaza por Inundación de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia.

Jiménez, M., & Vargas, L. (2019). Impacto de la infraestructura hidráulica en la dinámica fluvial y el riesgo de inundación: estudios de caso en el Valle del Cauca. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 125-145.

Jones, B. (2021). *Estrategias de manejo de recursos naturales para la agricultura sostenible*. Editorial Agropecuaria.

Molina, S., Pérez, J., & Rodríguez, A. (2015). Análisis histórico de las inundaciones en la cuenca del río Cauca y sus efectos socioeconómicos. *Gestión y Ambiente*, 18(2), 79-92.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Lineamientos para la integración de la producción agrícola y la conservación ambiental*. [Enlace al documento oficial]

Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. Open Library. https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica

Pelegri Ramírez, Jonathan (2022). Imagen de ubicación de municipio Candelaria departamento Valle del cauca. https://www.researchgate.net/figure/Meander-of-the-Cauca-River-in-the-Juanchito-district-Candelaria-municipality-Valle-del_fig1_360345797

Rivas, S. E., Victoria Jaramillo, J. R., & Valencia Torres, I. Y. Determinación de la aptitud de suelo para el cultivo de algodón en el municipio de Candelaria del departamento del Valle del Cauca, <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/62265/Serivas.pdf?sequence=1>

Sosa-Franco, I., Pérez-Guerra, G., Machado- García, N., & Elena-Ruiz Pérez, M. (2023). Method for query processing in a geographic information system. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 32(2),pp.1–9. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=033edfb1-14a2-3d6e-80bf-572383cf71b>

Enlace de sustentación:

[Evaluación Final Diapositivas - YouTube](#)