

Evaluación de riesgo por inundación en el municipio de Popayán Cauca apoyado en sistemas de información geográfica

Autores:

Paredes Leydy Tatiana - ltparedesm@unadvirtual.edu.co

Vargas Juan David - jdvergass@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Posada Correa Gina Carolina

Resumen

Este estudio presenta un modelo integrado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) el cual evalúa el riesgo de inundación, combinando variables topográficas, hidrológicas y climáticas. Se utilizó un enfoque de suma ponderada, analizando los datos obtenidos dentro de las precipitaciones, los modelos ideográficos y observación de posibles escenarios de inundación y determinar el impacto en la población, evaluar daños que pueda ocasionar en nuestro Municipio de Popayán Cauca, para identificar áreas críticas de riesgo, generando mapas predictivos que clasifican el territorio en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Los resultados muestran que el 23.7 % del área presenta riesgo alto, y el 10.9 % riesgo muy alto, principalmente en zonas urbanas y agrícolas. Estas evidencias proporcionan una herramienta para la planificación territorial y la mitigación de desastres. Nos centramos en la construcción sobre la gestión del riesgo, para obtener información valiosa dentro de nuestra zona urbana y rural de nuestro municipio, se podrá observar y determinar cuáles son las estrategias más importantes para la mitigación de los riesgos de inundación, observando todos los resultados después del geo procesos (GIS), para crear estrategias de minimización de los riesgos para tener mejores acciones en un momento de ocurrencia.

Palabras Clave: Inundación, Planificación, Popayán, Riesgo Territorial

Introducción

Las inundaciones representan una amenaza significativa para la infraestructura, la economía y las

comunidades en Colombia. En Popayán, la interacción de factores climáticos extremos y la expansión urbana desordenada han incrementado la susceptibilidad a eventos de inundación.

Este estudio busca identificar áreas vulnerables mediante un enfoque integrado de análisis espacial, utilizando datos topográficos, climáticos y de uso del suelo. El modelo desarrollado proporciona información crucial para la toma de decisiones en gestión del riesgo, incorporando técnicas avanzadas de SIG. Los resultados obtenidos permiten priorizar estrategias de mitigación y adaptación en el marco de la planificación territorial sostenible, con el objetivo de minimizar los impactos futuros de las inundaciones.

Dentro de nuestro artículo también vamos a platicar sobre las observaciones de todas las áreas vulnerables sobre las inundaciones del municipio de Popayán, el cual analizaremos este enfoque multicriterio dentro de los sistemas de información geográfica basados en el programa de ArcGIS pro, bueno obtener resultados de desniveles y tamaño de cuencas hidrográficas y sus comportamientos según las precipitaciones del mes de marzo, donde analizaremos este comportamiento debido a que juegan un papel demasiado importante para el crecimiento y desarrollo de todas las fuentes hidrográficas observando su nivel y la

cantidad de fuente hídrica que pueden llegar a obtener con dicha precipitación, con esto podemos observar un cierto porcentaje de valor en el tema de las inundaciones que podemos llegar a obtener dentro de algunas zonas de nuestra región. También podemos considerar que hemos de realizar un enfoque multicriterio para determinar bien a detalle todos los factores que nos pueden llegar a realizar afectaciones, donde también pudimos incluir todos los estudios topográficos, el uso del suelo, que son todas aquellas características y nos brindan las capas de información brindadas por en la página de en Colombia hay mapas, que se viene actualizando año a año, este tipo de información nos permitirá evaluar, observar y revisar todos aquellos datos geo referenciados de una manera eficiente y concisa.

En el presente artículo también podemos deducir que debemos construir una identificación de todas aquellas zonas de inundación y nos permite observar el municipio de Popayán, ya que con ello podemos incluir y adicionar toda la información para la identificación de este tipo de riesgos dentro de nuestro sector donde residimos, desde allí podemos

observar una mitigación este tipo de inundaciones, donde también nos podemos apoyar de todos los historiales de precipitaciones para determinar cuáles son las épocas de alta densidad de lluvia y así poder clasificar mejor el tipo de riesgo medio alto y bajo de toda nuestra región.

Objetivo General

Evaluar todas las áreas de inundación del municipio de Popayán, mediante la ejecución de geo procesos de las cuencas hidrográficas apoyándonos en el programa de ArcGIS pro de las precipitaciones del mes de marzo para así tener un enfoque acertado de las clasificaciones del riesgo de inundación de este municipio.

Objetivos Específicos

Generar productos cartográficos derivados de variables clave: pendientes, coberturas de suelo, precipitación y proximidad a drenajes.

Aplicar un modelo de suma ponderada para integrar variables relevantes y definir la clasificación de riesgo presente en el municipio de Popayán.

Generar un modelo Georreferenciado utilizando una herramienta valiosa de sistemas de información geográfica, para la creación de mapas, clasificación de áreas vulnerables de las inundaciones

Identificación del caso de estudio

Popayán, capital del departamento del Cauca, se encuentra ubicada en una región montañosa con condiciones climáticas propensas a precipitaciones considerables, especialmente durante fenómenos como La Niña. Estas características, combinadas con urbanización no planificada y la degradación de áreas naturales, agravan el riesgo de inundación en zonas urbanas y periurbanas.

Para este estudio, se delimitó el polígono del municipio de Popayán, integrando información de un Modelo Digital de Elevación (DEM), datos de cobertura del suelo y registros históricos de precipitación. También podemos decir que el promedio climático que presenta el municipio de Popayán está en promedio entre los 24 y 33 °C durante todo el año, esta región está caracterizada por tener dos temporadas muy importantes en la

zona climática donde la primera es de marzo a julio, siendo la temporada de lluvias o de fenómeno de la niña, y de agosto a enero siendo caracterizada por las bajas precipitaciones como fenómeno del niño.

El mes de marzo es caracterizado por ser uno de los más alto dentro de las precipitaciones del año donde supera los 300 mm mes (IDEAM 2022).

Este mes que es con mayor precipitación durante el año podemos observar que los desbordamientos de los ríos y de todas las cuencas hidrográficas de nuestra región, se observan en un alto porcentaje de desbordamiento e inundación siendo crucial para la zona de estudio el cual tenemos nosotros focalizada nuestra zona de investigación.

Otro punto que nos puede servir para identificar este tipo de inundaciones o riesgos dentro de nuestra zona de estudio es la topografía de todo nuestro municipio, debido a que es donde podemos mirar los niveles y el nivel que tiene nuestra región, puntos altos puntos medios y puntos bajos del sector donde vivimos.

También podemos observar que el uso del suelo ha venido cambiando significativamente a través del tiempo debido a que el crecimiento urbano se ha expandido demasiado, y también hemos tenido bastante zona agrícola y agropecuaria, por todas estas razones el municipio de Popayán se convierte en un punto estratégico y relevante para realizar nuestra área de estudio de investigaciones enfocadas a las categorizaciones del riesgo para tomar unas buenas decisiones.

Dentro de nuestro artículo y nuestra zona de estudio vamos a identificar que ese uso del suelo es demasiado importante junto a la medida de las precipitaciones mensuales y anuales de nuestro sector, por eso decimos que nuestro municipio ha venido convirtiéndose en un caso muy importante de estudio para medir este tipo de riesgos con el tiempo y el paso de los meses.

Estudios recientes resaltan la relevancia de gestionar el riesgo de inundaciones en Colombia, con énfasis en regiones como Popayán y La Cocha. Factores como los cambios en la cubierta vegetal, la inadecuada gestión de los recursos hídricos y del suelo, las deficiencias en infraestructura, el crecimiento

demográfico y las limitaciones institucionales en la prevención y respuesta a emergencias contribuyen al aumento de este riesgo (Sedano-Cruz, et al., 2013).

En Popayán, la gestión del riesgo sísmico es fundamental para el desarrollo urbano y la conservación del patrimonio cultural (Villaquirán Lis y Polanco Puerta, 2023).

Un control físico urbano eficiente es clave para mitigar riesgos, destacando la importancia de incorporar la gestión prospectiva del riesgo en la planificación urbana (Vargas Agredo, 2011).

Por otro lado, investigaciones en La Cocha subrayan la necesidad de implementar la zonificación del riesgo de inundación en la ordenación territorial. Se recomienda restringir los asentamientos en áreas de riesgo alto y medio para minimizar los daños potenciales a las personas y la infraestructura (Delgado Noguera, 2019).

Estos estudios evidencian la urgencia de diseñar estrategias integrales de gestión del riesgo de inundaciones que estén alineadas

con los principios del desarrollo sostenible en Colombia.

Metodología

Se desarrollará por medio de la observación y ejecución de geo procesos basados en el multicriterio de sistemas de información geográfica en el programa de ArcGIS pro, el cual permitirá detallar y observar y así tomar decisiones relacionadas con el riesgo de inundación y determinar los porcentajes de criterios de alto medio y bajo riesgo.

1. Selección y preparación de factores.

Para la identificación áreas vulnerables del riesgo de inundación se consideró los factores siguientes para el análisis:

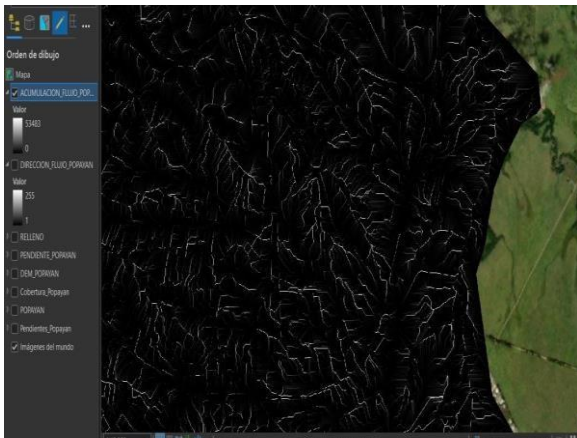
- Dirección del flujo del municipio de Popayán.
- Reclasificación de las precipitaciones del municipio de Popayán.
- Reclasificación de la cobertura de tierras
- Reclasificación de la pendiente de municipio de Popayán
- Reclasificaciones dentro de las coberturas del suelo

2. Rasterización y reclasificación: Los factores que se consideraron fueron

rasterizados, con lo que se pudo reclasificar tomando en cuenta una escala numérica determinada en la secuencia siguiente 2, 4, 6, 8 y 10, en este sentido el 2 representa un riesgo muy bajo y 10 un riesgo muy alto. De acuerdo con lo anterior se clasificó de la siguiente manera: 1 - Riesgo muy bajo

- 2 - Riesgo bajo
- 3 - Riesgo medio
- 4 - Riesgo alto
- 5 - Riesgo muy alto

Imagen 1. Dirección del flujo del municipio de Popayán

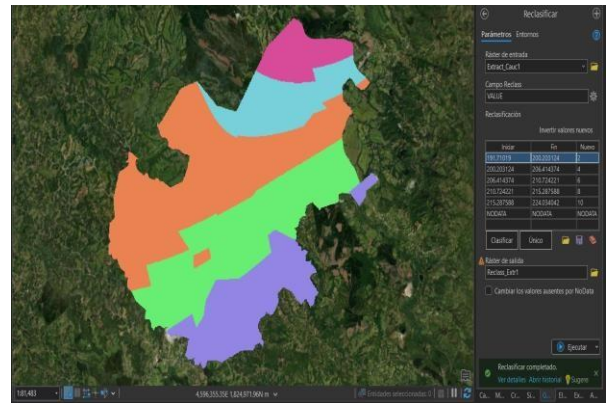


Fuente: Autoría Propia, 2024

1. Ejecución de criterios de reclasificación de cuencas

En este criterio la reclasificación de todas las cuencas hidrográficas observadas dentro del municipio de Popayán, donde se pueden apreciar en la imagen 2.

Imagen 2. Reclasificación de las precipitaciones del municipio de Popayán

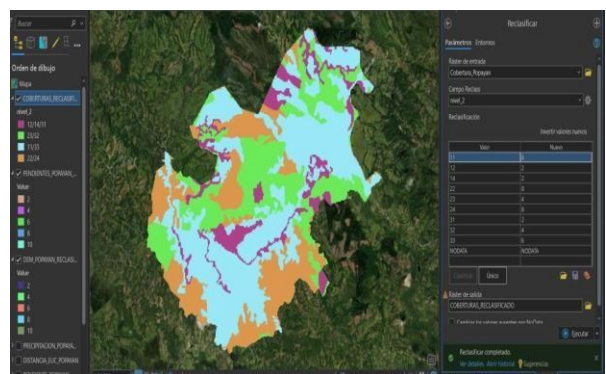


Fuente: Autoría Propia 2024.

- Cobertura de tierra

La cobertura de tierra es importantísima en el momento de observar y analizar los datos cualitativos de nuestra región

Imagen 3. Reclasificación de la cobertura de tierras

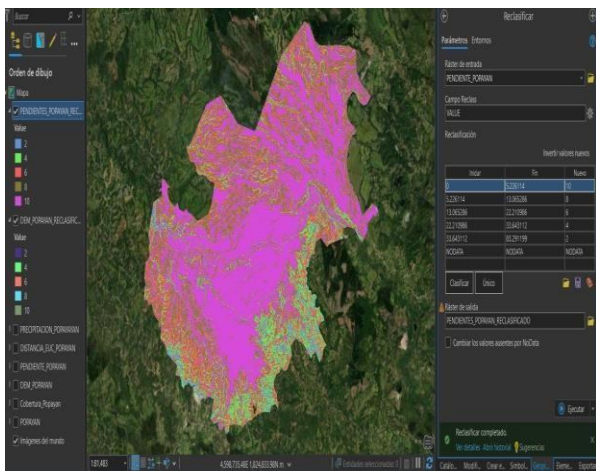


Fuente: Autoría propia 2024

- Pendiente del terreno

La pendiente del terreno es un factor clave para el estudio de inundaciones en vista que esta nos indica la orientación y dirección de las escorrentías permitiendo determinar hacia dónde va nuestro flujo de agua con mayor cantidad y capacidad

Imagen 4. Reclasificación de la pendiente de municipio de Popayán



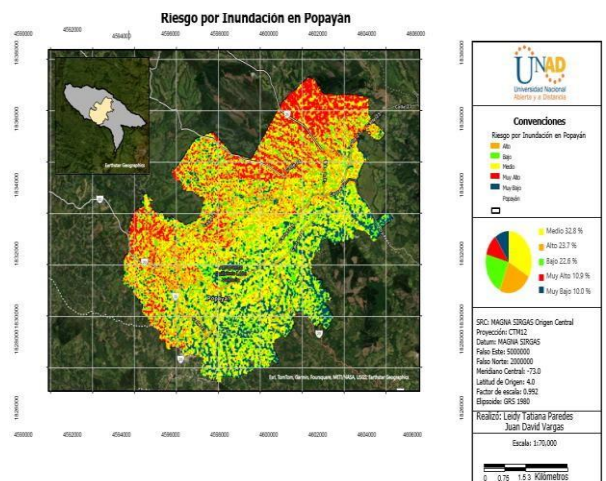
Fuente: Autoría propia, 2024

Modelo de clasificación por categorías con suma ponderada

Es te tipo de reclasificación y sumas ponderadas se ejecutó desde el modelo del DEM hasta el final de nuestro ejercicio, por medio del cual se pudo calcular el índice de riesgo por inundación. Esto contribuye con la determinación de los valores ponderados de cada una de las áreas trabajas y analizadas a detalle

La ejecución del modo de análisis multicriterio nos da la garantía de poder observar e integrar todas las variables especiales y no especiales de nuestra zona de estudio, con el objetivo de tomar las decisiones asertivas a la hora de identificar zonas de alto riesgo por inundación.

Imagen 5. Reclasificaciones dentro de las coberturas del suelo



Fuente: Autoría propia, 2024

Fuentes de datos y herramientas

- **DEM:** Resolución de 1 metro por celda, obtenido del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- **Cobertura del suelo:** Clasificación Corine Land Cover 2018, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

- **Precipitación:** precipitación del mes de marzo obtenía desde la página del IDEAM
- **Software:** ArcGIS Pro con extensiones de Spatial Analyst y herramientas avanzadas de geoprocésamiento.

Procedimiento metodológico

1. Generación de capas base:

- **Pendientes:** Derivadas del DEM mediante la herramienta *Slope*.
- **Dirección y acumulación de flujo:** Calculadas con las herramientas *Flow Direction* y *Flow Accumulation*.
- **Cobertura del suelo:** Reclasificada según susceptibilidad a inundación.

2. Determinación de criterios

ponderados: Se asignaron pesos a cada variable, según su influencia en el riesgo:

- DEM: 10 %.
- Pendientes: 15 %.
- Cobertura del suelo: 10 %.
- Precipitación: 35 %.
- Proximidad a drenajes: 30 %

Resultados

Los resultados obtenidos después de realizar el análisis multicriterio con el

programa de sistemas de información geográfica ArcGIS pro, permite categorizar y obtener datos representativos y eficientes de toda la metodología utilizada y mencionado anteriormente

El análisis espacial de riesgo por inundación en el municipio de Popayán arrojó una distribución heterogénea de los niveles de riesgo, influenciada por la interacción de factores geológicos e hidrológicos y de uso del suelo. Los resultados se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de riesgo por inundación

Riesgo	Área (Ha)
Muy bajo	988.61
Bajo	2224.25
Medio	3232.38
Alto	2330.04
Muy Alto	1075.78

Fuente: Autoría propia, 2024

Riesgo muy bajo: 986.61 hectáreas (10 %).

Estas áreas están localizadas principalmente en sectores montañosos con pendientes pronunciadas, donde las condiciones topográficas favorecen la rápida escorrentía y limitan la acumulación de agua.

Riesgo bajo: 2224.25 hectáreas (22.6 %). Corresponden a zonas de transición con moderadas pendientes y menor proximidad a drenajes principales, generalmente cubiertas por vegetación natural.

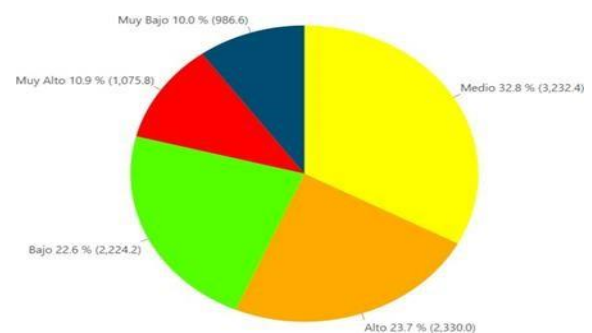
Riesgo medio: 3232.38 hectáreas (32.8 %). Estas áreas se encuentran en zonas periurbanas y agrícolas, donde el uso del suelo y la actividad humana generan una susceptibilidad moderada a eventos de inundación.

Riesgo alto: 2333.04 hectáreas (23.7 %). Ubicadas en zonas urbanizadas y agrícolas cercanas a los drenajes principales, presentan características geográficas y climáticas que las hacen propensas a la acumulación de agua y desbordamientos.

Riesgo muy alto: 1075.78 hectáreas (10.9 %). Estas áreas críticas están concentradas en sectores de baja altitud, con alta densidad de drenajes y escasa infraestructura de drenaje pluvial, lo que favorece eventos recurrentes de inundación.

Los sistemas agropecuarios que podemos observar en el municipio de Popayán en este mes están ubicados en zonas de alto riesgo donde es fundamental considerar dicho comportamiento por la importancia de este sector para la economía de nuestro sector.

Imagen 6. Relación del porcentaje de riesgos de inundación en el Municipio de Popayán



Fuente: Autoría propia, 2024

El modelo confirmó que los factores con mayor peso en la generación de riesgo son la precipitación (35 %), la distancia a drenajes (30 %), seguidos de la pendiente del terreno (15 %). La urbanización no planificada en áreas de alta susceptibilidad amplifica la vulnerabilidad, particularmente en zonas adyacentes a drenajes naturales.

Factores climáticos: Las precipitaciones extremas, particularmente en la zona oriental, son el principal desencadenante de

inundaciones, exacerbadas por el cambio climático y el aumento de eventos extremos.

Factores geomorfológicos: La combinación de pendientes bajas y proximidad a drenajes genera acumulación de flujos, especialmente en sectores planos donde el agua no se infiltra fácilmente.

Usos del suelo: Las áreas agrícolas y urbanas mostraron mayor correlación con altos niveles de riesgo, debido a la impermeabilización del suelo y la falta de infraestructura de drenaje adecuada.

Validación histórica: Los eventos históricos registrados en Popayán coinciden con las áreas clasificadas como de alto riesgo, validando la precisión del modelo.

La distribución espacial del riesgo subraya la necesidad de un enfoque integral en la planificación territorial, considerando tanto la mitigación de impactos inmediatos como la adaptación a condiciones futuras.

Conclusiones

Al realizar el análisis de multicriterio para nuestro municipio pudimos determinar que

todos los resultados de estudios realizados de este sistema de información geográfica son de vital importancia para toda la comunidad teniendo un amplio conocimiento de las zonas características de riesgo alto, medio y bajo, donde podemos tomar decisiones acertadas en el momento de establecer edificaciones, construcciones, siembras, y demás proyectos que tengan que ver con el tema de las inundaciones.

La metodología que realizamos es de vital importancia y muy acertada en el momento de tomar decisiones debido a que este estudio de sistema de información geográfica y con ayuda de nuestro programa de ArcGIS pro, permitió definir todas las cuencas hidrográficas existentes en la región, logrando observar el comportamiento que tuvo cada uno durante el mes de marzo, para determinar un adecuado plan de mitigación

Se corrobora que las comunidades que están ubicadas en las áreas de alta y mediana vulnerabilidad, debemos de tomar una decisión urgente para desarrollar estrategias efectivas de la mitigación de ese riesgo, mejorando las infraestructuras, vías y drenajes, para que en ese mes de marzo que es de alta precipitación, no nos tenga

tanta afectación, al momento de presentarse esos flujos de agua tan grandes durante ese mes.

Es importante realizar campañas de sensibilización y capacitación a todas las personas de la comunidad, acompañados de entes gubernamentales de observación de desastres como lo puede ser la Defensa Civil, los bomberos y la Cruz Roja, donde puedan apoyar en el momento de capacitar y reforzar las capacidades en caso de que podamos presentar una inundación de riesgo alto.

Recomendaciones

Gestión integral del riesgo: este estudio confirma la necesidad de implementar una gestión integral del riesgo de inundaciones en Popayán, considerando no solo los factores ambientales y geográficos, sino también los aspectos demográficos, institucionales y de planificación urbana.

Esto está alineado con las recomendaciones de la literatura reciente sobre gestión del riesgo en Colombia.

Impacto de la cobertura vegetal: la pérdida de cobertura vegetal en áreas críticas contribuye significativamente al riesgo de inundaciones. Por tanto, su

recuperación debe ser un eje central en las estrategias de mitigación, tal como se ha señalado en estudios sobre regiones similares.

Planificación prospectiva: La integración de la zonificación del riesgo en la planificación urbana es crucial para restringir asentamientos en zonas de alto y medio riesgo. Esto requiere fortalecer los procesos de ordenamiento territorial en Popayán, en línea con los principios de desarrollo sostenible y prevención de emergencias.

Deficiencias institucionales: las limitaciones en la gestión de recursos y la falta de capacidad institucional para responder eficazmente a emergencias exacerbaban la vulnerabilidad. Este desafío debe abordarse mediante el fortalecimiento de capacidades y una mayor articulación interinstitucional.

Zonificación y regulación del uso del suelo: implementar la zonificación de riesgo de inundación como una herramienta vinculante en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Popayán. Prohibir nuevos asentamientos en áreas clasificadas como de alto y medio riesgo, y promover la relocalización gradual de comunidades en riesgo crítico.

Restauración y manejo de ecosistemas:

fomentar programas de reforestación en áreas clave para reducir la escorrentía y mejorar la infiltración de agua. Establecer corredores de amortiguación a lo largo de los drenajes principales para proteger los ecosistemas ribereños y mitigar el riesgo de desbordamientos. Mejora de la infraestructura:

Diseñar e implementar sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), como zanjas de infiltración y sistemas de almacenamiento de agua pluvial.

Priorizar la rehabilitación de infraestructuras críticas en áreas urbanas susceptibles, asegurando su resiliencia frente a eventos extremos.

Fortalecimiento institucional: crear o fortalecer comités locales de gestión del riesgo con representación de las comunidades, para mejorar la respuesta a emergencias.

Capacitar al personal técnico y comunitario en el uso de herramientas de SIG para la evaluación y monitoreo continuo del riesgo.

Participación comunitaria: desarrollar campañas educativas sobre la gestión del riesgo de inundaciones, con énfasis en la importancia de preservar la vegetación y evitar la ocupación de zonas de riesgo.

Involucrar a las comunidades en la planificación y ejecución de estrategias de mitigación, asegurando que sus necesidades y conocimientos locales sean integrados.

Articulación con políticas nacionales:

Alinear las acciones locales con el marco de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, garantizando coherencia en los enfoques de prevención y mitigación.

Aprovechar los fondos y programas nacionales e internacionales destinados a la adaptación al cambio climático para financiar intervenciones prioritarias. Estas acciones, en conjunto, permitirán avanzar hacia una gestión integral y sostenible del riesgo de inundaciones en Popayán, promoviendo un desarrollo urbano más resiliente y seguro.

Referencias Bibliográficas

Alvear-Narváez, N., Ceballos-Sarria, V. & Urbano-Bolaños, M. (2015). Los jóvenes de la ciudad de Popayán frente al cambio climático. Un estudio desde las

representaciones sociales. Revista Ingenierías

Universidad de

Medellín, 14(26), 43-56.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169233242015000100004&lng=en&tlng=es

Buendía, A., Pérez-Albert, M. & Serrano-Giné,

D. (2023). Metodologías participativas y manejo de áreas protegidas. Un Sistema de Información

Cèspedes Romero, M. (2022). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia por eventos hidrometeorológicos e hidro climáticos extremos. Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84268>

Durango Gonzales, Ch. y López Berrio J. (2023). Sistema de alerta temprana frente al fenómeno de inundación y avenida flujo torrencial. Universidad de San Buenaventura.

<https://hdl.handle.net/10819/13000>

Duque, Gonzalo. (2021). LA GRAN CUENCA MAGDALENA-CAUCA.

https://www.researchgate.net/publication/354325561_LA_GRAN_CUENCA_MAGDALENA-CAUCA

5

[4325561 LA GRAN CUENCA MAGDALENA-CAUCA](https://www.researchgate.net/publication/354325561_LA_GRAN_CUENCA_MAGDALENA-CAUCA)

Espinal Patiño, C.; Posada Pérez, N. M. (2024). Enseñanza de los sistemas de información geográfica (SIG) orientados a la comprensión del territorio en contextos universitarios. Ateliê Geográfico, Goiânia, v.

18, (1), p. 304–329, DOI: 10.5216/ag.v18i1.79004.

<https://revistas.ufg.br/ateli/article/view/79004>

Geográfica de Participación Pública (SIGPP) en el parque natural del Delta del Ebro (España). Revista de geografía Norte Grande, (86)

<https://dx.doi.org/10.4067/S071834022023000300113>

Gallegos A. y Delgado, J. (2024). Aplicación de un sistema de información geográfica en el análisis de los patrones de vegetación en función de condiciones ecológicas de distribución en laderas experimentales. revista de ciencias, ISSN 0214-8315, N.º 18,

2016, págs. 67-83.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6093738>

Giraldo- García, Jaime A., Castrillón-Gómez, Omar D., & Ruiz-Herrera, Santiago. (2019). Simulación Discreta y por Agentes de una Cadena de Suministro Simple Incluyendo un Sistema de Información Geográfica (SIG). *Información tecnológica*, 30(6), 123-136. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600123>

Herranz-Pascual, K., Yurrebaso-Macazaga, L., Simón-Moral, A., Padró-Hernández, A., Zorraquino-Salvo, P. y Alonso-López, A. (2023) Propuesta de análisis de vulnerabilidad social a la calidad del aire basado en sistemas de información geográfica (SIG) y su aplicación en Vitoria-Gasteiz. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9570997>

Maddio, R.A., Dufilho, A.C. y Gandini, M.L (2023). Estimación de la recarga potencial de y Cañada Torrecilla, M. (2022). Sistema de Información Geográfica: Aplicaciones en Diagnóstico Territoriales y Decisiones

agua subterránea de un acuífero mediante teledetección y sistemas de información geográfica e006,

<https://doi.org/10.59069/24225703e006>

Marín Buzón, C., Pérez Romero, A. M., León-Bonillo, M., Martínez Álvarez, R. y Manzano Agugliaro, F. (2023). Introducción a los sistemas de información geográfica: análisis de casos prácticos con QGIS. Manual básico. Almería: Editorial Universidad de Almería.

<https://hdl.handle.net/11441/161267>

Mattedi, M. A., Mello B. J., Souza, C. M. M., Vicentainer, D. A., & Kormann, T. C. (2024). Application of a socioenvironmental vulnerability index for disasters through a Geographic Information System (GIS): a case study in Blumenau (SC). *J. Environ. Manag. & Sust.*, 13(1), 1-41, e23423.

<https://doi.org/10.5585/2024.23423>

Moreno Jiménez A., Colsa Pérez, M., Fuensalida Díaz, C., Baxendale, C., Buzai, C. Geos ambientales.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=504451> Recamán, L., Lara-Rivera, D.

E., Liévano-Bonilla, A. F., & Portela-Guarín, H. (2023).

Manejo adaptativo del territorio para la gestión hídrica en fuentes abastecedoras de Popayán, Cauca (Colombia). Revista

Novedades Colombianas, 18(1).

<https://doi.org/10.47374/novcol.2023.v18.23>

[01](#)

Silva G., C., Olivari M., R., & Yany G., G. (1999).

Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información

geográfica. Investigaciones marinas, 27,

93-99.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0717->

[71781999002700010](#)

Enlace del video de sustentación: <https://youtu.be/n9Z90Ynj8qc> video, sobre la evaluación del riesgo de inundación de Popayán Cauca