

Análisis geoespacial multicriterio del riesgo por inundación de las zonas susceptibles a este fenómeno en el municipio de Carepa, Antioquia.

Autores:

Cleris Janeth Serpa Ospina, cjserpao@unadvirtual.edu.co
John Michael Carvajal Vidales, jmcarvajalvi@unadvirtual.edu.co
Howar Estiwar Romero Restrepo, heromeror@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Gina Carolina Posada Correa.

Resumen

Este trabajo muestra la importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la evaluación multicriterio (EMC), para determinar, el área susceptible al desarrollo de inundaciones recurrentes en cuencas fluviales de municipio de Carepa. Tomando como referencia la temporada de lluvias para el mes de abril, Se plantea entonces un análisis del riesgo por inundación en algunas zonas del municipio de Carepa, Antioquia. Considerando diversos factores como topografía, distribución espacial, clima y uso actual de la tierra, empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los resultados identifican las áreas con riesgo muy alto equivalente a un 16,7%, riesgo medio con un 24,7%, riesgo bajo con un 16,8% y riesgo muy bajo con un 8,4%, insumo útil para la planificación y como herramientas de gestión. Favoreciendo la toma de decisiones en los territorios y así reducir los riesgos de desastres naturales. Y mejorando las reacciones ante condiciones adversas de lluvias.

Palabras claves: Evaluación multicriterio (EMC), geoprocementos, inundaciones, mapas, riesgo.

Introducción.

Los datos geográficos son la base en cualquier sistema de información geográfica (SIG) como lo cita Pineda, L., y Suárez, J. (2014).

La planificación del riesgo ambiental del territorio es un componente crucial para el desarrollo territorial adecuado, especialmente en regiones con alta actividad hídrica como el municipio de Carepa, Antioquia; Según Gómez (2024), La lluvia puede desencadenar eventos como avenidas torrenciales, crecientes súbitos de ríos y quebradas, inundaciones, movimientos en masa y deslizamientos. Sin embargo, aunque las altas y frecuentes

precipitaciones son una condición necesaria, no resulta suficiente para que se generen estos escenarios, ya que su probabilidad de ocurrencia involucra características topográficas, hídricas y modos de ocupación del suelo, entre otros aspectos. Es por esto que el monitoreo de la lluvia, el conocimiento del territorio y la evaluación continua de los detonantes son el primer eslabón en la gestión del riesgo de desastres.

En este contexto, Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) según Ochoa F, (2023). Son una herramienta esencial en muchos campos y aplicaciones, y que están en permanente evolución para responder a las

necesidades y desafíos cambiantes de la sociedad. Tienen múltiples campos de aplicación en el análisis y la gestión del riesgo de desastres, desde aspectos del estudio de la peligrosidad, como regionalización de datos de precipitación, obtención de parámetros morfométricos y de la red, desratización de parámetros hidrológicos, delimitación de áreas inundables, cartografías de riesgo integradas; hasta la adopción de medidas de mitigación de carácter predictivo, preventivo o corrector (post-desastre), que comprenden la predicción meteorológica e hidrológica, la ordenación del territorio y los sistemas de aseguramiento, y los planes de protección civil y emergencias. Su empleo supone normalmente un ahorro de tiempo, esfuerzo y una garantía de objetividad y precisión. Por tanto, el uso de los SIG son una herramienta crucial para la planificación, pero que no representa una constante en la forma de elaborar planes ambientales prometedores.

Objetivos

Objetivo General.

Analizar el riesgo de inundaciones en el municipio de Carepa, Antioquia, mediante un modelo conceptual de análisis espacial multicriterio.

Objetivos Específicos.

Identificar las áreas con condiciones adversas y particulares con relación a componentes que influyan en posibles eventos de inundaciones.

Delimitar las zonas de mayor riesgo de inundaciones en el municipio de Carepa.

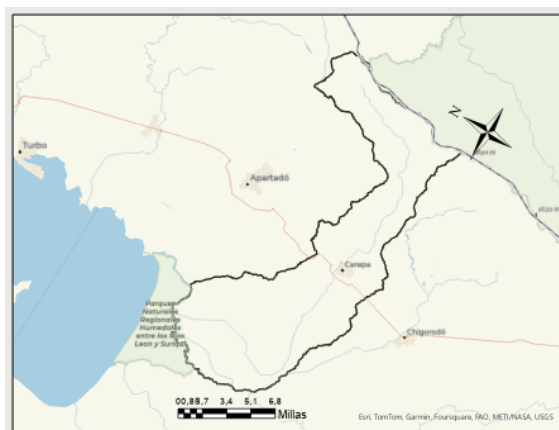
Proponer soluciones técnicas que permitan mitigar la vulnerabilidad ante inundaciones en el municipio de Carepa.

Identificación del caso de estudio

Carepa se localiza en el extremo noroccidental del Departamento de Antioquia, Subregión de Urabá entre los Municipios de Chigorodó y Apartadó como se puede apreciar en la figura 1.

Figura 1.

Localización área de estudio Municipio de Carepa, Antioquía.



Fuente. Autoría Propia, 2024.

La hidrología del municipio de Carepa está influenciada a la cuenca del río León, esta tiene un comportamiento generalizado en el que en las partes altas hay pendientes pronunciadas que favorecen las acumulaciones de flujos, mientras que en las partes medias y bajas se presentan desbordamientos e inundaciones CORPOURABA, (2019).

Las condiciones climáticas están gobernadas por la ubicación en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se registran precipitaciones medias anuales que oscilan entre 2300 mm/año y 5000 mm/año, con una estación húmeda entre abril y noviembre, y una seca entre diciembre y marzo. Estas características le confieren una clasificación climática predominantemente templada y cálida, superhúmeda CORPOURABA (2019).

(DEM) Este se utilizó para la obtención cartográfica de Municipio.

Figura 5.

Municipio de Carepa, archivo TIFF precipitaciones mes Abril 2023.



Fuente. Autoría Propia, 2024.

Se realizó la Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa como se ilustra en la, figura 7 y se describe en la tabla 1, reclasificando los factores para que todas las capas tengan una escala común para poder modelar, con el método en Rupturas naturales (Jenks) entendiendo que se representarían un riesgo alto y muy alto, los valores en orden descendente, es decir, 10,8, 6, 4 y 2, y los último representaría las zonas con mayor elevación que sería un riesgo muy bajo.

Tabla 1.

Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa

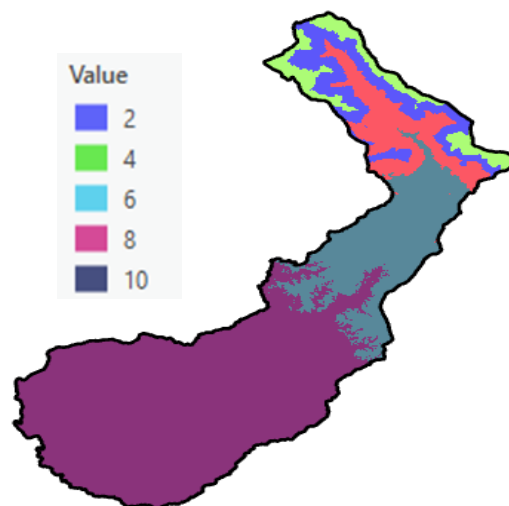
Clasificación Cualitativa	Valores
Riesgo Muy Bajo	2
Riesgo Bajo	4
Riesgo Medio	6
Riesgo Alto	8
Riesgo Muy Alto	10

Nota: clasificación cualitativa y cuantitativa del riesgo donde se incluye valores.

Fuente. Guía de actividades y rúbrica de evaluación Fase 4 Modelación agroambiental del territorio.

Figura 6.

Valores e identificación que se representarían a nivel de riesgo.



Fuente. Autoría propia, 2024.

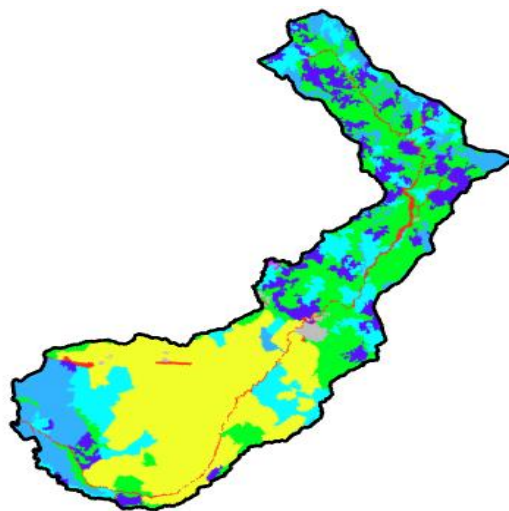
Se efectúa una Estimación de clasificación cualitativa y la relación cuantitativa del riesgo con su valor numérico correspondiente de 1 a 5.

Luego se transformó la capa en una capa vectorial utilizando la herramienta de conversión de ArcGISpro (De ráster a polígono), con el geoprocso de disolver (disolver el gridcode). Se agregó el Área en Km2 y por último, se efecto un cálculo de geometría, identificando áreas críticas, áreas con mayor y menor riesgo de inundación según la clasificación cualitativa del riesgo, además de la interpretación de los datos obtenidos en términos del impacto potencial en las comunidades, infraestructuras, sistemas agropecuarios y/o ecosistemas como se aprecia en la figura 8 en las cobertura de tierras, se reclasifico el DEM Carepa, las Pendientes, precipitaciones y las distancia de drenajes con

el método en Rupturas naturales (Jenks) como se mencionó anteriormente.

Figura 7.

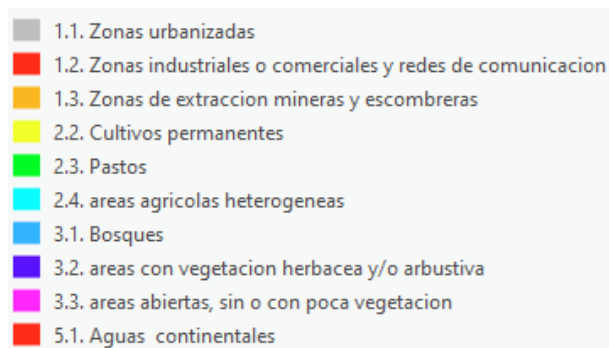
Resultado de Corine Land Cover Nivel 2.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 8.

Reclasificación cobertura de tierras



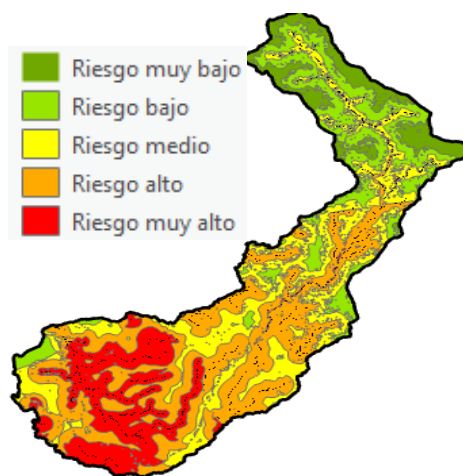
Fuente. Autoría propia, 2024.

Una vez reclasificados todos los factores se generó el mapa de riesgo de inundaciones. Que se parecía en la Figura 9. logrando esto con el método de la suma ponderada que consiste en la combinación de múltiples capas de datos, se procede a realizar

una nueva reclasificación de riesgo por inundación en cinco niveles y usando un código de colores para su identificación como se observa en la Figura 9.

Figura 9.

Mapa resultado de riesgo por inundación clasificación cualitativa del riesgo, mes Abril 2023.



Fuente. Autoría propia, 2024.

Resultados

la representación del siguiente mapa, En la Figura 9 se observa la aplicación combinada de la evaluación multicriterio y el procesamiento rasterizado de los criterios en el SIG. identificando áreas críticas, áreas con mayor y menor riesgo de inundación según la clasificación cualitativa del riesgo. Con diferentes tonalidades.

En la tabla 2, se observa el área en km² representados en las zonas con un riesgo muy bajo versus el área en km² en un riesgo muy alto. Esta diferencia en el área de afectación se debe en mayor parte al tipo de topografía y ubicación de los puntos críticos deduciendo que Carepa presenta unas partes altas con pendientes bastante pronunciadas que favorecen las acumulaciones de flujos, mientras

que en las partes medias y bajas se pueden presentar unos desbordamientos e inundaciones a ser más susceptibles por el tipo de topografía y actividades agrícolas que aquí se ejecutan.

Tabla 2.

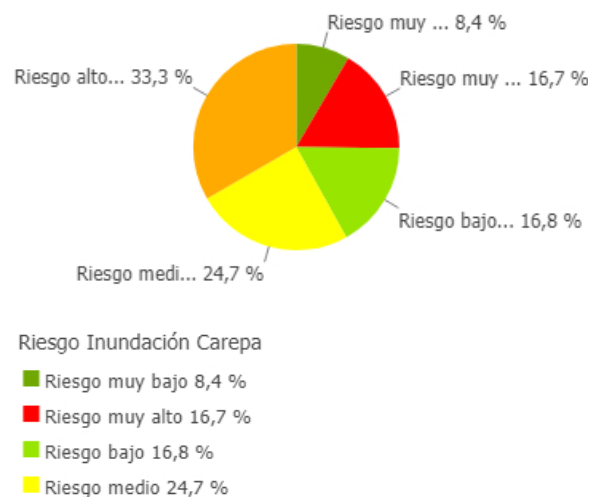
Tabla de clasificación cualitativa y cuantitativa.

Valores	Tipo De Riesgo	Área En Km2
1	Riesgo muy bajo	32,48
2	riesgo bajo	64,53
3	Riesgo medio	95,18
4	Riesgo alto	128,41
5	Riesgo muy alto	64,43

Nota: tabla con las áreas en km2 según el tipo de riesgo. Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 9.

Distribución porcentual de las áreas por categoría de riesgo



Fuente. Autoría propia, 2024.

las áreas con mayor y menor riesgo de inundación según la clasificación cuantitativa del riesgo, presente así riesgo muy bajo con equivalente a 32,48 km2 gracias a su ubicación geográfica, mientras que las áreas bajas duplican el área con 64,43 km2

Tabla 3.

Áreas con mayor y menor riesgo de inundación.

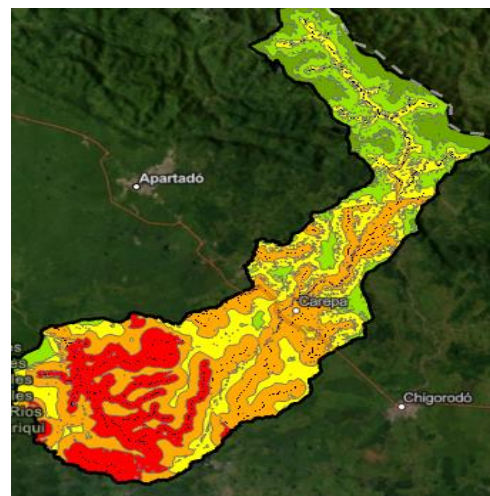
Valores	Tipo De Riesgo	Área km2
1	Riesgo muy bajo	32,48
5	Riesgo muy alto	64,43

Nota: Tabla con las áreas en km2. Fuente: Autoría propia, 2024.

En la figura 9 Se ilustra las zonas con riesgo bajo, predomina el relieve agreste en la parte oriental con influencia directa de la cordillera de Abibe donde nace el principal afluente del municipio, zona de altas precipitaciones y con riesgo de deslizamientos.

Figura 10.

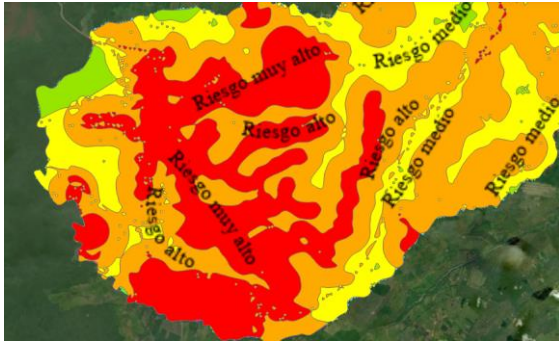
Cartografía con las áreas de Carepa en las partes altas con pendientes pronunciadas



Fuente. Autoría propia, 2024.

Figura 11.

Zonas de Carepa con mayor riesgo de inundación.



Fuente: Autoría propia, 2024.

La figura 12 representa una tendencia hacia una aptitud entre riesgo medio y alto en cuanto lo relacionado con temas de inundaciones, siendo un factor limitante en el desarrollo social, ambiental y productivo agropecuario del municipio como se describe en las figuras anteriores.

Dichas áreas de acuerdo con la categorización se encuentran en una aptitud propicia a sufrir afectaciones por inundaciones, vemos una influencia del orden topográfico y el influjo de los deltas del río Carepa y la ribera baja del río León. Los sitios con más afectación por fenómenos de inundaciones se manifiestan en el occidente del municipio en veredas como; Bocas de Chigorodó, Las Flores, Las Trecientas, Canal 1 y los corregimientos de Zungo y el Silencio. Cabe mencionar que luego de algunas emergencias que dejaron alrededor de 1.200 personas afectadas en todo el municipio. como indica Álvarez, P., (2022) estas veredas ya fueron intervenidas con trabajos de limpieza de caños y reforzamiento de jarillones aquí están veredas como Nueva Esperanza, Mi Lucha, Las Flores y La Unión Quince con el fin de evitar que las comunidades presentaran afectaciones, pero con el tiempo continuo a problemática.

Teniendo en cuenta el análisis de resultados obtenidos podemos llegar a dilucidar técnicas para fundamentar la gestión de los riesgos y una evaluación más concreta de las consecuencias, ante este panorama, Akallouch, et al (2024), nos postula que esta evaluación es fundamental para la creación de mapas de peligro de inundación o la delimitación de zonas de riesgo de inundación. Estas estrategias no solo tratan de comprender los riesgos de inundación, sino que también tienen como objetivo reducir el impacto y la frecuencia de los eventos de inundación.

Conclusiones

Se creó una base de datos que permite verificar una condición de riesgo climático para el mes de abril de 2023 del municipio de Carepa, lo que permite elaborar una estrategia para la gestión del riesgo de desastres identificando las áreas de afectación y proponer planes de tipo ambiental y la zonificación agroecológica de los cultivos agrícolas. En este trabajo se determinó las zonas con mayor riesgo de inundación para el municipio, sin embargo, el SIG queda abierto para la revisión de otros meses del año que puedan presentar mayor o menor precipitación.

Para este caso de estudio en particular encontramos en el ejercicio de mapeación riesgos desde muy bajos hasta el riesgo muy altos; y en datos el porcentaje de mayor presencia es el riesgo medio con un porcentaje del 24,7 % del territorio municipal se ubica en este rubro, lo que nos muestra desde el punto de vista agroambiental que la mayoría de estos suelos tienen la tendencia a humedad, por lo que debemos tener en cuenta esta condición para prácticamente cualquier actividad que implique intervención del suelo tanto superficial como en profundidad. De esta conclusión se derivan asuntos anteriormente mencionados como el establecimiento de proyectos agrícolas, de habitad, zonas de amortización ambiental y proyectos de

exploración minera, los cuales debido a su envergadura deben tener el enfoque que brindan los SIG.

Las aplicaciones de las técnicas de modelación espacial en el ordenamiento territorial han demostrado ser de suma utilidad para la planificación y prevención dentro de escenarios de inundaciones. Estos métodos permiten entregar mapas que combinan variadas lecturas ambientales que pueden definir la realidad de las condiciones hidrométricas o climatológicas; factores cruciales para los estudios de las inundaciones, esta integridad de las capas rasters resulta fundamental para la consideración de aspectos más detallados como precipitaciones, zonas de deslizamiento, deforestación, drenajes, empleo del agua y en conjunto el uso sostenible de los recursos naturales, estos enfoques fueron abordados mediante tablas de análisis para identificar las áreas de afectación, estas asignaciones numéricas y los mapas descriptivos generaron una evaluación precisa y objetiva de las áreas con potencial de inundación, fundamental en la planificación municipal.

Recomendaciones

Bajo la ciencia agronómica es favorable indicar que esta metodología presentada en la revisión de la cartografía de peligrosidad de inundaciones en función de su aplicación plantea que es importante realizar un monitoreo constante para evaluar cuales son las prácticas de manejo que le damos a los suelos y su viabilidad. El municipio de Carepa presenta gran parte de su área en cultivos permanentes, seguido de áreas de pasturas y áreas agrícolas, si se tienen presente este tipo de evaluaciones podemos garantizar el éxito a largo plazo de estas explotaciones bajo un modelo equilibrado y ecológico para el municipio y toda esta subregión.

Las investigaciones geográficas dan la opción de adoptar técnicas con relevancia al momento de la gobernabilidad eficaz del municipio, en asuntos cruciales como la gestión territorial agroambiental teniendo en cuenta las cualidades naturales y la vocación agroeconómica del territorio, permitiendo el análisis de información histórica y actual, la incorporación de capas y la modelación de escenarios ideales o catastróficos; por lo que se confía emplear toda esta información disponible en la gestión administrativa, en la planificación productiva y expansiva

Como mencionamos anteriormente los SIG representan beneficios en la gestión de desastres, pero en el escenario local pueden enfrentar inconvenientes técnicos, un ejemplo de este contexto lo plasma, Leonis, et al (2024), los desafíos que enfrenta el público es el acceso limitado a información detallada, así como la falta de equipo, lo que hace que las agencias responsables de realizar la cartografía de los desastres por inundaciones repentinas no puedan hacerlo adecuadamente. Para superar los desafíos que plantean los SIG en materia de mitigación de inundaciones repentinas se necesita una estrategia multifacética que combine tecnología moderna, gestión precisa de la información y colaboración eficaz entre las partes interesadas.

Referencias bibliográficas

Acción contra el hambre. (2022). La importancia del uso eficiente los recursos naturales lograr un mundo mejor. Acción contra el hambre.
<https://accioncontraelhambre.org/es/actualidad/la-importancia-del-uso-eficiente-los-recursos-naturales-lograr-un-mundo-mejor>

- Akallouch, A., Al mashoudi, A., Ziani, M., Elhani, R. (2024). Aplicación de los SIG en el análisis del riesgo de inundaciones urbanas: Midar como caso de estudio. <https://www.scirp.org/journal/aperinformation?paperid=131418>
- Alcaldía Municipal de Carepa Antioquia Información-del-Municipio (2024). <https://www.carepa-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informaci%C3%B3n-del-Municipio.aspx>
- Álvarez, P. (2022, 29 noviembre). *Estabilizan tres ríos que se desbordaron por las fuertes lluvias en Carepa, Antioquia*. Bluradio. <https://www.bluradio.com/blu360/antioquia/estabilizan-tres-rios-que-se-desbordaron-por-las-fuertes-lluvias-en-carepa-antioquia-rg10>
- CORPOURABA, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá. (2019). Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río León SZH (1201) localizada en el departamento de Antioquia en jurisdicción de CORPOURABA. Fase de diagnóstico. Caracterización básica de la cuenca. POMCA río León. <https://corpouraba.gov.co/wp-content/uploads/Formulaci%C3%B3n-POMCA-r%C3%ADo-Le%C3%B3n.pdf>
- Gobernación de Antioquia, Municipio de Carepa Mapa oficial de entidades territoriales [mapa]. https://www.antioquia.gov.co/images/municipios/carepa_map.jpg
- Gómez, L. M. (2024). El monitoreo de la lluvia, clave en la gestión del riesgo de desastres. Universidad de Antioquia. <https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC 2014, Mapa de Clasificación de las Tierras por su Oferta Ambiental a escala 1:100.000, Periodo 2018 GEOPORTAL, Datos Abiertos Agrología | GEOPORTAL <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>
- IDEAM. (2013). Memorias descriptivas mapas de inundación departamento de Antioquia. IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/documents/670372/31372033/InundacionAntioquia.pdf/43847a86-7986-488b-a841-c394b8cd62b3>
- Leeonis, AN, Ahmed, MF, Mokhtar, MB, Lim, CK y Halder, B. (2024). Desafíos del uso de un sistema de información geográfica (SIG) en la gestión de inundaciones repentinas en Shah Alam, Malasia. Sustainability. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/17/7528>
- Morales, A., Ledesma-A, M., Coronel, C., y Metternicht, G. (2012).

Capítulo 8. La explotación de la información geográfica. En M. Bernabé y C. Lopez, Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales (pp. 117-130). UMP Press Universidad Politécnica de Madrid.
<https://www.ign.es/web/libros-digitales/fundamentos-ide>

Enlace de sustentación:

<https://www.youtube.com/watch?v=FkKd1aKrWfY>

Ochoa, Fernanda. (2023). Campos de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, <https://acolita.com/campos-de-aplicacion-de-los-sistemas-de-informacion-geografica/>

Pineda, L., y Suarez, J. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. Revista Ingeniería Agrícola, Vol. 4(3), pp. 28-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

Teleantioquia Noticias (2024, 22 de abril). *Calamidad pública en Chigorodó y Carepa* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Exyj2-IkSS0>

Weather atlas Carepa, (2024). Clima y previsión meteorológica mensual Carepa Colombia, <https://www.weather-atlas.com/es/colombia/carepa-clima>